REVISTA

TEMPO DO MUNDO

Número 28 | Abr. 2022

FROM SCIENCE AND TECHNOLOGY TO INNOVATION DIPLOMACY: THEIR FUTURE AND THE RELATIONSHIP WITH INTERNATIONAL SECURITY

Fernando M. Araújo-Moreira
Nadja F. G. Serrano
Eduardo X. F. G. Migon

A VINGANÇA DE PROMETEU: CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E A RECONFIGURAÇÃO DO PODER INTERNACIONAL NO SÉCULO XXI

Luis Fernandes
Ana Saggioro Garcia
Samuel Rufino de Carvalho
Lúcia H. T. Viegas

HETEROGENEITY IS THE RULE, NOT THE EXCEPTION? A TENTATIVE TYPOLOGY OF NATIONAL INNOVATION SYSTEMS

Pedro Luiz Costa Cavalcante

COOPERATING IN ASYMMETRIC CONTEXTS: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH TO ST&I NEGOTIATIONS INVOLVING DEVELOPING COUNTRIES

Iara Leite

GLOBAL CHANGES IN PRODUCTION, DISTRIBUTION AND LEGITIMIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE: CONSEQUENCES FOR BRAZIL

Fabrício Neves
Verena Hitner

DIPLOMACY, DEBT, AND CHANGE: THE INTERNATIONAL DEBT ARCHITECTURE AFTER THE COVID-19 PANDEMIC

Osvaldo Quirino de Souza Filho

EXPERIÊNCIAS RECENTES DA UNIÃO EUROPEIA E DOS ESTADOS UNIDOS EM BIOECONOMIA E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

Adriana Mesquita Corrêa Bueno
Danielle Alencar Parente Torres

FOSTERING BOTTOM-UP COLLABORATIVE CONNECTIONS IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION: THE CASE OF BRAZIL-AUSTRALIA COOPERATION

Nanahira de Rabelo e Sant'Anna
Cristina Elsner

THE EFFECTS OF THE HIGHER EDUCATION EXCHANGE PROGRAMS ON THE ELITES' IMAGE OF BRAZIL

Gabriela Gomes Coelho Ferreira
Lucas Damasceno Pereira
Amâncio Jorge de Oliveira
Janina Onuki

O SISTEMA ALEMÃO DE QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL: COMPLEMENTARIDADES INSTITUCIONAIS E DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS

Felipe Vella Pateo
Sandro Pereira Silva

POLÍTICAS INDUSTRIAIS NA CHINA NOS ÚLTIMOS TRINTA ANOS

Marcelo José Braga Nonnenberg
Uallace Moreira
Scarlett Queen Almeida Bispo

SOBERANIA E CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO: UMA VISÃO BRASILEIRA

Flávio Neri Hadmann Jasper
André Figueiredo Nunes

ipea

REVISTA

TEMPO DO MUNDO

Número 28 | Abr. 2022

ipea

Governo Federal

Ministério da Economia
Ministro Paulo Guedes

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente
Erik Alencar de Figueiredo

Diretor de Desenvolvimento Institucional
André Sampaio Zuvanov

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Flavio Lyrio Carneiro

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
Marco Antônio Freitas de Hollanda Cavalcanti

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Nilo Luiz Saccaro Junior

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura
João Maria de Oliveira

Diretora de Estudos e Políticas Sociais
Herton Ellery Araújo

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais
Paulo de Andrade Jacinto

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação (substituto)
João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

REVISTA

TEMPO DO MUNDO

Número 28 | Abr. 2022

ipea

Rio de Janeiro, 2022

TEMPO DO MUNDO

Publicação quadrimestral do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada cujo propósito é apresentar e promover debates sobre temas contemporâneos. Seu campo de atuação é o da economia e política internacionais, com abordagens plurais sobre as dimensões essenciais do desenvolvimento, como questões econômicas, sociais e relativas à sustentabilidade. Tempo do Mundo contém artigos em português, inglês e espanhol e é publicada em abril, agosto e dezembro.

E-mail: tempodomundo@ipea.gov.br

Corpo Editorial

Conselho Acadêmico Consultivo
Aaron Schneider – University of Denver, Estados Unidos; Anahí Amar – Comisión Económica para a América Latina, Argentina; Andrea Maria Calazans Pacheco Pacífico – Universidade Estadual da Paraíba; Archna Negi – Jawaharlal Nehru University, India; Claudio Amitrano – Diest/Ipea; Claudio Puty – Universidade Federal do Pará; Corival Alves do Carmo Sobrinho – Universidade Federal de Sergipe; Cristina Froes de Borja Reis – Universidade Federal do ABC; Cristina Soreanu Pecequilo – Universidade Federal de São Paulo; Daniela Freddo – Universidade de Brasília; Flávia de Holanda Schmidt – Diest/Ipea; Francisco Rodríguez – University of Notre Dame, Estados Unidos; Giorgio Romano Schutte – Universidade Federal do ABC; Graciela De Conti Pagliari – Universidade Federal de Santa Catarina; Gustavo Rojas de Cerqueira Cesar – Unicef, Paraguai; Haroldo Ramanzini – Universidade Federal de Uberlândia; Ivan Tiago Machado Oliveira – Dinte/Ipea; José Antonio Sanahuja – Universidad Complutense de Madrid, Espanha; Karina Lilia Pasquariello Mariano – Universidade Estadual Paulista; Kenneth Ramírez – Consejo Venezolano de Relaciones Internacionales, Venezuela; Krisley Mendes – Universidade de Brasília; Leonardo Granato – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Liu Jia – Universidade de Negócios Internacionais e Economia de Pequim, China; Lorena Oyarzún Serrano – Universidad de Chile, Chile; Luciana Acioly – Dinte/Ipea; Luis Manuel Fernandes – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Luiz Pinto – Brics Overseas, Hong Kong; Magdalena Lizardo Espinal – Instituto Tecnológico de Santo Domingo,; República Dominicana; Marcelo Passini Mariano – Universidade Estadual Paulista; (*In memoriam*) Marcos Ferreira de Costa Lima – Universidade Federal de Pernambuco; Maria Cristina Cacciamali – Universidade de São Paulo; Michel Levi – Universidad Andina Simón Bolívar, Equador; Michelle Hallack – Banco Interamericano de Desenvolvimento, Estados Unidos; Monica Hirst – Universidad Torcuato di Tella, Argentina; Raphael Padula – Universidade Federal do Rio de Janeiro; Renato Baumann – Dinte/Ipea; René Ramirez – Universidad Nacional Autónoma de México, México; Rodrigo Fracalossi de Moraes – Dinte/Ipea; Victoria Panova – Far Eastern Federal University, Rússia; Vinicius Mariano de Carvalho – King's College London, Reino Unido; Viviana Araneda – Ministerio de Relações Exteriores, Chile; Yanran Xu – Renmin University of China

Coordenadores deste número
Guilherme Ary Plonski
Alberto Pfeifer

Editor
Pedro Silva Barros

Coeditor
Walter Antonio Desiderá Neto

Secretaria-Executiva
Luíza Quariguazy da Frota Coelho
Julia de Souza Borba Gonçalves
Sofía Escobar Samurio

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2022

Tempo do mundo / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – v. 1, n, 1, (jan. 2015). – Brasília: IPEA, 2015.

Quadrimestral

Contém artigos em português, inglês e espanhol e é publicada em abril, agosto e dezembro.

Título anterior: Revista Tempo do Mundo.

ISSN 2176-7025

1. Economia. 2. Economia Internacional. 3. Desenvolvimento Econômico e Social. 4. Desenvolvimento Sustentável. 5. Políticas Públicas. 6. Periódicos. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.05

https://doi.org/10.38116/rtm28

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

CARTA DO EDITOR

O TEMPO DO MUNDO DAS POLÍTICAS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO[1]

Pedro Silva Barros[2]

A *Revista Tempo do Mundo* tem como objetivo promover debates contemporâneos sobre economia e política internacionais, com abordagens multidisciplinares sobre as dimensões essenciais do desenvolvimento. O desenvolvimento científico e tecnológico tem sido fator decisivo para definir assimetrias entre as nações, e as políticas de inovação são fundamentais para a análise das relações internacionais.

É difícil encontrar tema mais pertinente para a reflexão sobre a inserção do Brasil no mundo, o nosso tempo histórico e as relações de poder vigentes do que as dimensões internacionais das políticas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), que são debatidas nos artigos reunidos neste número. Esta edição é coordenada por Guilherme Ary Plonski, diretor do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (USP) e Alberto Pfeifer, coordenador-geral do Grupo de Análise em Defesa, Segurança, Inteligência/Ciência, Tecnologia e Inovação e Relações Internacionais, também da USP. Eles são idealizadores e ministrantes, desde 2016, da disciplina *science, technology and innovation: the international dimension*, oferecida no âmbito dos programas de pós-graduação *stricto sensu* da USP.

Em várias edições anteriores foram publicados artigos relacionados diretamente ao tema deste número. Em seu segundo ano, a *Revista Tempo do Mundo* trouxe o *Estudo Comparativo sobre Sistemas Nacionais de Inovação nas Economias BRIC,* de Zheng Bingwen e Zhong Huibo, ambos do Instituto para Estudos Latino-Americanos da Academia Chinesa de Ciências Sociais. O texto apresenta o debate conceitual sobre sistemas nacionais de inovação, compara as políticas desse setor no Brasil, China, Índia e Rússia, identifica gargalos, sintetiza as complementariedades e recomenda cooperação (Bingwen e Huibo, 2010). Dez anos depois, esse assunto foi atualizado por Luis Claudio Kubota, pesquisador do Ipea, em *BRICS Cooperation in Science, Technology and Innovation: progress to be shown*, que inclui um balanço dos avanços da cooperação em CT&I no âmbito

1. DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28notaedit
2. Editor da revista.

do BRICS (acrônimo em inglês para Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), agora incluindo a África do Sul (Kubota, 2020).

Nos três números de 2021 há importantes contribuições que se relacionam com este número inaugural de 2022. A eventual acessão do Brasil à Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) trará consequência diretas e indiretas para as políticas de CT&I e para as relações internacionais do Brasil. O número 25 da revista foi integralmente dedicado ao Brasil na OCDE e as principais expectativas em relação ao tema estão sintetizadas nos artigos de Baumann (2021) e Canuto e Santos (2021). Já o número 26 tratou de políticas públicas comparadas para a retomada pós-covid-19. A introdução da edição apresenta os indicadores e as discrepâncias entre as respostas à crise dos diferentes países (Amitrano, Levoie e Barros, 2021) e outros artigos tratam da politização da ciência e das vacinas (Silva, 2021) e das estratégias para a recuperação pós-pandemia que incluem um novo acordo verde com forte impulso científico e tecnológico (Mathias *et al.,* 2021).

O número 27, por sua vez, abordou os desafios da Amazônia, tendo como um de seus três pontos de partida que a ciência, a tecnologia e a bioeconomia devem ser o centro do planejamento da recuperação verde, cuja gestão só será efetiva com a articulação público-privada e a articulação de atores e governos subnacionais (Arteaga e Barros, 2021). Destacam-se os debates sobre as formas de viabilizar a bioeconomia circular por meio da articulação entre a gestão pública e a responsabilidade ambiental, social e corporativa (Denny, Martins e Burnquist, 2021) e da cooperação regional (Arima Júnior, 2021).

As próximas cinco edições da *Revista Tempo do Mundo* terão como temas financiamento ao desenvolvimento (número 29), *América do Sul, Latina e Caribe: por que e como liderar a integração regional* (número 30), *Cooperação Sul-Sul para o Desenvolvimento Pós-Pandemia: desafios e oportunidades para o Brasil e o mundo* (número 31), *Segurança e Transição Energética* (número 32) e *Avaliação de Política Externa* (número 33). Em todas elas há espaço para o aprofundamento dos debates sobre as dimensões internacionais das políticas de CT&I.

Especialmente para os países periféricos, como é o caso do Brasil, o acesso e a produção de conhecimento têm um duplo desafio. Se, por um lado, tem-se que desenvolver capacidades científicas e tecnológicas que permitam uma melhor inserção nas cadeias de valor, participando do sistema internacional por meio de produtos com maior valor agregado; por outro lado, é fundamental garantir que a ciência e a tecnologia produzidas em nossos países sejam pertinentes, viabilizando processos de inclusão social e redução das desigualdades. Este número da *Revista Tempo do Mundo*, portanto, busca compreender como as dimensões de tempo, espaço e poder balizam a produção de conhecimento no Brasil e no mundo.

O esforço de Luis Fernandes (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio), Ana Saggioro Garcia (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ), Samuel Rufino (PUC-Rio) e Lúcia H. T. Viegas (Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ) no artigo *A Vingança de Prometeu: ciência, tecnologia, inovação e a reconfiguração do poder internacional no século XXI* é o de compreender a reconfiguração do poder internacional desde o fim da Guerra Fria, incorporando dimensões cruciais de CT&I. Os autores reforçam a compreensão de que capacidades nacionais em CT&I se tornaram um vetor central da reconfiguração do poder mundial (Fernandes *et al.*, 2022). Igualmente, Fabrício Monteiro Neves (Universidade de Brasília – UnB) e Verena Hitner (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) em *Global Changes in Production, Distribution and Legitimization of Scientific Knowledge: consequences for Brazil* discutem as mudanças recentes na forma com que a ciência tem produzido, distribuído e legitimado o conhecimento científico. Para a análise, trazem o debate sobre um dos mais importantes gargalos do uso do conhecimento por meio de inovação, ou seja, busca-se demonstrar as dificuldades da transformação do conhecimento científico em inovação em um país da periferia (Neves e Hitner, 2022).

Apesar do reconhecimento internacional da qualidade da ciência brasileira e dos recursos humanos dela decorrente, a intensidade de seus efeitos na economia e sociedade estão aquém dos desafios enfrentados pelo país no sistema internacional contemporâneo. O Brasil tem apresentado dificuldade em transformar o conhecimento científico em pesquisa e desenvolvimento das empresas nele instaladas. No modelo universitário brasileiro, a pesquisa científica está estritamente vinculada ao processo de formação de mão de obra capacitada por meio da pós-graduação.

Dois artigos deste número da *Revista Tempo do Mundo* abordam capacitação e pesquisa. Em *The Effects of the Higher Education Exchange Programs on the Elites' Image of Brazil*, Gabriela Gomes Coelho Ferreira, do Departamento de Ciência Política (DCP) da USP, Lucas Damasceno Pereira, do Instituto de Relações Internacionais (IRI) da USP, Amâncio Jorge de Oliveira (IRI/USP) e Janina Onuki (DCP/USP) discutem as estratégias de diplomacia educacional e científica do Estado brasileiro e a percepção sobre elas, concluindo que os beneficiários dos programas analisados apresentam uma melhor percepção sobre o Brasil se comparada a dos que não participam dos programas (Ferreira *et al.*, 2022).

Prosseguindo a análise a partir da perspectiva do capital humano, Felipe Vella Pateo (UnB) e Sandro Pereira Silva (Ipea) analisam o funcionamento do sistema de qualificação profissional da Alemanha e sua importância para a difusão da inovação. Os autores verificam que há menos empresas participando do programa e pressão por flexibilização e modularização dos regimes de qualificação fora da

capacidade regulatória estatal. Como reação, há uma postura ativa do governo e dos parceiros sociais participantes da gestão do Instituto Federal de Qualificação para garantir vagas. Não é possível afirmar, porém, qual modelo de qualificação profissional prevalecerá na Alemanha nos próximos anos (Pateo e Silva, 2022).

O tema do Sistema Nacional de Inovação é discutido por Pedro Luiz Costa Cavalcante (Ipea) no texto *Heterogeneity is the Rule, Not the Exception? A tentative typology of National Innovation Systems*. O artigo busca demonstrar, por meio de análises inovadoras sobre o Índice Global de Inovação (IGI), como as disparidades entre os Sistemas Nacionais de Inovação fazem com que apenas poucos países continuem a melhorar seu desempenho inovador, ao mesmo tempo que a maioria dos países continua lutando para aumentar a capacidade de inovação e, assim, superar seus problemas de subdesenvolvimento econômico (Cavalcante, 2022).

A crise advinda da pandemia de covid-19 reforçou a importância da geopolítica da ciência. Tanto a grave situação sanitária dos últimos dois anos como o recente conflito na Ucrânia reforçaram tendências de acirramento das disputas internacionais. A China tem-se consolidado como potência global com um processo de desenvolvimento sustentado pelo crescimento industrial articulado com a produção científica e tecnológica. Marcelo Nonnenberg (Ipea), Uallace Moreira (Universidade Federal da Bahia) e Scarlett Queen Almeida Bispo (Ipea) analisam, em *Políticas Industriais na China nos Últimos Trinta Anos*, o crescimento do gigante asiático a partir dessa perspectiva. Argumentam os autores que a China vem construindo uma indústria de alta tecnologia baseada tanto em empresas quanto em tecnologias domésticas, com vistas a transformar a inovação industrial no principal motor do crescimento econômico, garantindo uma relativa independência desses setores de conhecimento (Nonnenberg, Lima e Bispo, 2022).

Percebe-se, portanto, que a função estratégica da ciência e da tecnologia tem ganhado preponderância no debate internacional. Por meio de colaborações com universidades, doadores, parceiros internacionais e empresa multinacionais, os fabricantes de vacinas no BRICS não só fornecem maior capacidade de produção de importantes vacinas subutilizadas, como também desenvolvem novas vacinas para uso específico em países de baixa e média renda. Preocupada em organizar teoricamente esse debate da cooperação em CT&I, no seu texto *Cooperating in Asymmetric Contexts: an interdisciplinary approach to ST&I negotiations involving developing Countries*, Iara Leite (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC) propõe um referencial teórico interdisciplinar para responder questões como: o que impulsiona a implementação da cooperação internacional em CT&I? Por que negociações em algumas áreas evoluem para medidas concretas e outras não? Que fatores explicam as variações na implementação de iniciativas com diferentes países? Em que circunstâncias a implementação pode ser eficaz do ponto de vista

dos países em desenvolvimento? Verifica-se a grande assimetria entre os países tanto na produção como na gestão dos fluxos de conhecimentos em CT&I, sendo que as principais potências definem a agenda de cooperação (Leite, 2022).

Complementarmente, as novas experiências das regiões consolidadas nos últimos dois séculos como as mais desenvolvidas trazem relevante aporte à reflexão sobre as alternativas de desenvolvimento para o Brasil. Adriana Mesquita Corrêa Bueno e Danielle Alencar Parente Torres, ambas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), apresentam em *Experiências Recentes da União Europeia e dos Estados Unidos em Bioeconomia e Oportunidades para o Brasil* os exemplos do desenvolvimento recente da bioeconomia na União Europeia e nos Estados Unidos com o intuito de identificar elementos importantes que possam contribuir para o desenvolvimento da bioeconomia no Brasil. Destacam-se o papel das compras públicas nos Estados Unidos e da articulação público-privada na União Europeia (Bueno e Torres, 2022).

Nanahira de Rabelo e Sant'Anna (Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações) e Cristina Elsner (Departamento de Educação do Governo Australiano), em *Fostering Bottom-Up Collaborative Connections in Science, Technology and Innovation: the case of Brazil-Australia cooperation*, analisam a cooperação de uma perspectiva horizontalizada. Ou seja, diferentemente das abordagens de cooperação com países com os quais há relações históricas e culturais, a cooperação Brasil e Austrália foi construída a partir de vínculos entre pessoas. Parcerias substanciais entre universidades brasileiras e australianas foram fundamentais para essas articulações, promovendo programas de intercâmbio e projetos colaborativos (Sant´Anna e Elsner, 2022).

O conjunto de artigos deste número reforça a ampla gama de abordagens que o debate sobre CT&I permite, pois tudo em relações internacionais de alguma maneira se vincula a elas. Estas, porém, provavelmente encontram nas áreas de segurança internacional e defesa sua maior indissociabilidade. Em *From Science and Technology to Innovation Diplomacy: their future and the relationship with international security,* Fernando Araújo-Moreira, Nadja Serrano e Eduardo Migon, todos do Exército Brasileiro, discutem inteligência artificial, internet das coisas, cibernética e tecnologia quântica, relacionando CT&I, diplomacia e aspectos das tecnologias militares para reforçar a necessidade de planejamento estratégico em defesa nacional (Araújo-Moreira, Serrano e Migon, 2022).

Como estudo de caso de aplicação de ciência, tecnologia e inovação à política pública, Flavio Neri Hadmann Jasper (Universidade da Força Aérea) e André Figueiredo Nunes (Ipea) analisam em *Soberania e Controle do Espaço Aéreo: uma visão brasileira* a criação do Sistema Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (Sisdacta) desde a sua concepção, evolução e situação atual, bem como sua

inserção como fator gerador de cooperação internacional na área de segurança, defesa e controle ambiental. Também abordam o Sistema Integrado de Proteção da Amazônia (Sipam) e o Sistema Integrado de Vigilância da Amazônia (Sivam), que se transformou no Quarto Centro Integrado de Defesa Aeroespacial e Controle de Tráfego Aéreo (Cindacta IV). Entende-se que o Sisdacta tem sido capaz de fornecer as informações necessárias para manter a soberania nacional no espaço aéreo brasileiro, provendo um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo com qualidade internacional e um sistema de defesa aérea que rivaliza com os existentes em países do primeiro mundo, com menor custo de implantação e operação (Jasper e Nunes, 2022).

Por fim, o artigo *Diplomacy, Debt, and Change: the international debt architecture after the covid-19 pandemic* do diplomata Osvaldo Quirino de Souza Filho vincula esta edição da *Revista Tempo do Mundo* ao próximo número sobre financiamento ao desenvolvimento, que será lançado no segundo semestre de 2022. As respostas das principais articulações financeiras internacionais – Grupo dos Vinte (G20) e Clube de Paris – no campo da dívida soberana são consideradas uma inflexão na arquitetura internacional da dívida (Souza Filho, 2022).

O conjunto de doze artigos reunidos neste número, de 27 autores de diferentes universidades e diversas instituições de Estado, cumpre com o objetivo estatutário da *Revista Tempo do Mundo* de apresentar, divulgar e promover o intercâmbio de produções científicas atuais e relevantes sobre temas contemporâneos nas áreas de relações internacionais, economia internacional, desenvolvimento e sustentabilidade, visando à pluralidade tanto nas abordagens como nas metodologias científicas, fomentando o diálogo entre a Academia e formuladores e executores de políticas públicas.

Durante o processo final de edição deste número, recebemos a triste notícia do falecimento de Marcos Ferreira da Costa Lima, professor da Universidade Federal de Pernambuco e membro do Conselho Acadêmico Consultivo da Revista Tempo do Mundo. Costa Lima deixou importante legado na estruturação dos estudos de relações internacionais no Brasil. À memoria do professor Marcos Costa Lima este número é dedicado.

REFERÊNCIAS

AMITRANO, C. R.; LAVOIE, M.; BARROS, P. S. Covid-19 crisis, public policy responses and socioeconomic development: an introduction. **Revista Tempo do Mundo**, n. 26, p. 5-27, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm26presentation>.

ARAÚJO-MOREIRA, F.; SERRANO, N.; MIGON, E. From science and technology to innovation diplomacy: their future and the relationship with

international security. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 29-42, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art1>.

ARIMA JÚNIOR, M. Observações sobre as prioridades da Cooperação Amazônica: um esboço de políticas orientadas à missão no desenvolvimento da bioeconomia regional. **Revista Tempo do Mundo**, n. 27, p. 165-189, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm27art6>.

ARTEAGA, R.; BARROS, P. S. Los desafíos de la Amazonía: una introducción. **Revista Tempo do Mundo**, n. 27, p. 5-11, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm27presentacion>.

BAUMANN, R. O que esperar da membresia na OCDE? **Revista Tempo do Mundo**, n. 25, p. 29-50, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm25art1>.

BINGWEN, Z.; HUIBO, Z. Estudo comparativo sobre Sistemas Nacionais de Inovação nas economias BRIC. **Revista Tempo do Mundo**, v. 2, n. 2, p. 119-147, 2010. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/revistas/index.php/rtm/article/view/121>.

BUENO, A.; TORRES, D. Experiências recentes da União Europeia e dos Estados Unidos em bioeconomia e oportunidades para o Brasil. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 177-208, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art7>.

CANUTO, O.; SANTOS, T. R. What can Brazil expect from joining the OECD? **Revista Tempo do Mundo**, n. 25, p. 51-68, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm25art2>.

CAVALCANTE, P. Heterogeneity is the rule, not the exception? A tentative typology of National Innovation Systems. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 85-110, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art3>.

DENNY, D. M. T.; MARTINS, M. M. V.; BURNQUIST, H. L. From extractivism and illegalities to a circular bioeconomy in the Amazon region. **Revista Tempo do Mundo**, n. 27, p. 127-163, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm27art5>.

FERNANDES, L. M. R. *et al.* A vingança de Prometeu: ciência, tecnologia, inovação e a reconfiguração do poder internacional no século 21. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 43-84, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art2>.

FERREIRA, G. *et al.* The effects of the higher education exchange programs on the elites' image of Brazil. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 245-268, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art9>.

JASPER, F.; NUNES, A. Soberania e controle do espaço aéreo: uma visão brasileira. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 345-366, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art12>.

KUBOTA, L. C. BRICS cooperation in science, technology and innovation: progress to be shown. **Revista Tempo do Mundo**, n. 22, p. 95-110, 2020. DOI: <https://doi.org/10.38116/rtm22art5>.

LEITE, I. Cooperating in asymmetric contexts: an interdisciplinary approach to STI negotiations involving developing countries. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 111-132, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art4>.

MATHIAS, J. F. C. M. et al. *Green New Deal* como estratégia de desenvolvimento pós-pandemia: lições da experiência internacional. **Revista Tempo do Mundo**, n. 26, p. 145- 173, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm26art4>.

NEVES, F.; HITNER, V. Global changes in production, distribution and legitimization of scientific knowledge: consequences for Brazil. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 133-150, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art5>.

NONNENBERG, M.; LIMA, M. U; BISPO, S. Q. A. Políticas Industriais na China nos Últimos Trinta Anos. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 297-344, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art11>.

PATEO, F. V.; SILVA. S. P. o sistema alemão de qualificação profissional: complementariedades institucionais e desafios contemporâneos. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 269-296, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art10>.

SANT'ANNA, N.; ELSNER, C. Fostering bottom-up collaborative connections in science, technology and innovation: the case of Brazil-Australia cooperation. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 209-244, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art8>.

SILVA, E. A. Trump, do negacionismo climático à Operation Warp Speed: crise, mobilizações e a politização da vacina nos Estados Unidos. **Revista Tempo do Mundo**, n. 26, p. 281- 311, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm26art8>.

SOUZA FILHO, O. Q. Diplomacy, debt, and change: the international debt architecture after the covid-19 pandemic. **Revista Tempo do Mundo**, n. 28, p. 151-176, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art6>.

APRESENTAÇÃO

A DIMENSÃO INTERNACIONAL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO: UMA PROPOSITURA[1]

A complexidade da busca contemporânea do conhecimento decorre de um momento civilizatório caracterizado pela confluência, pela integração e pela paulatina fusão entre as dimensões material e imaterial, de um lado, e entre os domínios humano, científico e técnico, de outro. A dimensão material – o âmbito do biológico e do físico – interage com o social – as relações interpessoais, individuais e coletivas – sobre plataformas tecnológicas que combinam a realidade aparente, concreta, e o conteúdo digital, imaterial.

Os saberes que regem tais níveis cognitivos, contudo, seguem pautados por uma abordagem enciclopédica, gestada no iluminismo. De fato, a decomposição dos objetos analíticos em partes apreensíveis definida pela adoção do método cartesiano, no qual a relação de causa e efeito é uma decorrência lógica de um vínculo demonstrável e replicável entre dois ou mais fatos percebidos, restringe a capacidade da apreensão plena de fenômenos com graus relevantes de incerteza, de imprevisibilidade e de indefinição.

Tecnologias correntes, tais como a da inteligência artificial e a física quântica, derivadas da teoria da relatividade, contêm níveis de autodefinição e demandam modelos permeáveis à adição de conhecimento ao longo dos processos, e não apenas como variáveis independentes. A lógica *fuzzy*, a inferência bayesiana e outras metodologias suprem, de modo satisfatório, essas necessidades de alcance da verdade, não pela certeza da rejeição de hipóteses, mas pela via da progressiva máxima verossimilhança probabilística, que se vale da apreensão interdisciplinar da realidade.

O estudo dos sistemas multidimensionais e multicientíficos é, nesse contexto, uma linha de pesquisa ainda no início. Este volume da *Revista Tempo do Mundo* lida com objeto típico de tal abordagem: a quadratura dos ecossistemas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), complexos e polimórficos *per se*, operando no plano internacional, considerado a partir de suas escalas espaciais e políticas das relações internacionais e entre agentes privados. Hoje em dia, é evidente que CT&I configuram muito mais que uma decorrência linear de possíveis etapas

1. DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28apresenta

de acumulação de conhecimento – a ciência como a verdade demonstrável; a tecnologia como a aplicação do saber científico para fins específicos; e a inovação como a transformação valorativa da tecnologia desenvolvida.

CT&I representam um sistema retroalimentável e redundante, no qual operadores podem e devem ocupar as três funções de modo concomitante – especialista científico, desenvolvedor tecnológico e empreendedor inovador. Essa combinação aufere maior dinamismo e velocidade ao fluxo de resultados e produtos, ao mesmo tempo que enriquece a formação de destrezas e aptidões dos sujeitos partícipes, além de ampliar o escopo de possibilidades de resultados e produtos. Em contrapartida, sistemas de CT&I eivam-se de indelével característica globalizada, internacional e transnacional: o desenvolvimento de CT&I se dá por sobre e através das fronteiras de jurisdições nacionais. A sua expansão se beneficia do contato e da escala propiciados pelas interações externas: quanto mais internacionalização, maior e melhor será o avanço de CT&I de um determinado país.

A temática suscitada pelo fértil encontro dos quadrantes de CT&I e das relações internacionais consolida-se porque, na vanguarda de CT&I, reside o âmago das disputas de poder: a dianteira em CT&I acarreta vantagem econômica e militar; assegura a defesa da soberania e possibilita a pretensão dominante – potencialmente hegemônica, quando favoráveis as condições. *Saber é poder; poder é saber fazer e poder fazer.* Daí a relevância deste volume da *Revista Tempo do Mundo*: o exame, crítico e polifacetado, das condições de avanço do sistema nacional e do controle doméstico de instrumentos de CT&I, pelo uso virtuoso das conexões internacionais, saber essencial que provém da mistura caudalosa entre a cooperação internacional em CT&I e a apropriação de CT&I como um alavancador da inserção externa dos Estados nacionais.

O volume se beneficia da abertura com artigo de Luiz Davidovich, professor emérito da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), físico quântico e, até o início deste ano, presidente da Academia Brasileira de Ciências. Davidovich foi o representante brasileiro em encontro realizado em 2009 na Royal Society do Reino Unido, em conjunto com a Associação Americana para o Progresso da Ciência (American Association for the Advancement of Science – AAAS), no qual consolidaram-se, em obra sucinta e objetiva, de 2010, as bases iniciais do tema desta publicação: *New Frontiers in Science Diplomacy*. Estabeleceu-se ali o tripé básico conceitual do limiar entre ciência e diplomacia, formado por três elementos: i) respaldar objetivos de política externa com conteúdo científico (*ciência na diplomacia*); ii) facilitar a cooperação científica internacional (*diplomacia para a ciência*); e iii) usar a cooperação científica de modo a aperfeiçoar as relações entre os países (*ciência para a diplomacia*).

A ideia da diplomacia científica, que pode ser estendida para a diplomacia da tecnologia e da inovação, constitui, contudo, subconjunto do campo maior da inter-relação entre os sistemas de CT&I e de relações internacionais, a fusão entre o ambiente de desenvolvimento de CT&I e o ambiente da relação internacional. A rigor, diplomacia é função estatal de cumprimento de competência legal na interação externa, enquanto as relações internacionais referem-se a todo e qualquer tipo de interação de elementos públicos e privados ligados a uma determinada identidade nacional com os de outra. Nesse sentido, este volume contribui para a consolidação desta expansão epistêmica, tanto pelo lado conceitual e teórico, com relevantes discussões sobre o objeto analítico (artigos iniciais), como pela evidência empírica propiciada pelos estudos de caso.

Trata-se, assim, de um contributo da *Revista Tempo do Mundo* a um saber e a um fazer de interesse dual, tanto às comunidades acadêmico-científicas, mais ligadas à pesquisa e à inovação, como aos operadores governamentais e privados, que, respectivamente, estabelecem, por meio de suas interfaces externas, oportunidades da consecução de sua missão pública e de geração de riqueza.

Esta área de conhecimento se consolida no Brasil, a partir do esforço pioneiro da disciplina de pós-graduação *stricto sensu* chamada *science, technology and innovation: the international dimension*, oferecida desde 2016 na Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (FEA/USP). Ela tem reunido destacado conjunto de autoridades e especialistas palestrantes convidados e atraído qualificado alunado, nacional e estrangeiro, já com uma centena de formados. Obra com artigos gerados na disciplina será publicada pelo Núcleo de Política e Gestão Tecnológica (PGT) da USP, germinador da iniciativa. Beneficia-se ainda essa novel área de conhecimento da São Paulo Innovation and Science Diplomacy School (InnSciD SP), já em sua quarta edição, organizada também na USP por um consórcio de especialistas e servidores públicos.

A partir de uma base autóctone brasileira, solidifica-se um acumulado de conhecimento e de práticas capazes de propiciar aos agentes governamentais – diplomatas e encarregados de assuntos externos de seus órgãos de origem – e à sociedade civil um acervo de aprendizados e de treinamento com aplicabilidade interna e externa. Esse repertório coadjuva o esforço cooperativo de, por meio do avanço organizado e sistêmico de CT&I, apoiado nas relações exteriores do Brasil, cumprir os interesses nacionais de elevação dos níveis de bem-estar, de alcance de patamares mais elevados de segurança e de manutenção da soberania nacional. No cenário global, sobressai-se o papel crescente do Brasil no que tange à responsabilidade compartilhada de oferecer, de modo estável e previsível, bens públicos globais, tais como os da segurança alimentar, da segurança hídrica, da segurança ambiental, da segurança energética e da segurança mineral.

Ao Brasil, nação pacífica por vocação e amiga por demonstração, resta somente o caminho do crescimento e do compartilhamento dos saberes científicos, tecnológicos e de inovação para contribuir, de modo construtivo e propositivo, ao progresso da sociedade humana. A esse propósito dedica-se este volume da *Revista Tempo do Mundo*.

Alberto Pfeifer e Guilherme Ary Plonski
Coordenadores deste número

INTRODUÇÃO

DESAFIOS GLOBAIS PARA A CIÊNCIA, A TECNOLOGIA E A INOVAÇÃO[1]

Luiz Davidovich[2]

A recente eclosão de covid-19, a consciência de que novas pandemias têm grande chance de aparecer e as inequívocas mudanças climáticas fazem parte de uma classe de desafios que exigem, para seu enfrentamento, colaboração global baseada em ciência, tecnologia e inovação. Esses eventos podem ser considerados, no entanto, como a ponta do *iceberg*, ou seja, as consequências mais visíveis de uma série de desafios interconectados que ameaçam a civilização humana.

A lista de problemas globais, que exigem colaboração também global, baseada em ciência e inovação, é extensa. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) abordam os principais desafios a serem enfrentados pela civilização humana. Além das mudanças climáticas e das ameaças à saúde, há ainda os desafios da segurança alimentar, da conservação de recursos hídricos, da substituição de fontes energéticas poluentes e não renováveis, do saneamento básico, da conservação da biodiversidade, da educação de qualidade para todos, da poluição do ar, da governança de grandes concentrações urbanas, com cidades e comunidades sustentáveis, da governança dos oceanos e do espaço, da imensa e crescente desigualdade entre nações e dentro delas. Essa desigualdade manifesta-se tanto no consumo de recursos naturais como na distribuição dos benefícios da ciência e da inovação.

Enquanto a população da República Democrática do Congo usa diariamente 34 l de água por pessoa, o Brasil usa 844 l e os Estados Unidos da América, 3.794 l.[3] Segundo o relatório de 2021 sobre mudanças climáticas do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC),[4] o país mais poluente do mundo, em termos de emissão *per capita*, é o Qatar, que emite 37,05 t de CO_2 *per capita* por ano, seguido de Kuwait, Arábia Saudita, Canadá e Estados Unidos – este último com 15,74 t emitidas por ano, *per capita*.

---

1. DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28intro

2. Professor emérito do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IF/UFRJ); e *distinguished fellow* e *research professor* do Institute for Quantum Science and Engineering da Texas A&M University. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4418-3086>. *E-mail*: <ldavid@abc.org.br>.

3. Disponível em: <https://www.worldometers.info/water/>.

4. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

Considerando a emissão total do país, vem a China em primeiro lugar, seguida pelos Estados Unidos. O Brasil está em 12º lugar (emissão total), com 2,25 t *per capita* por ano.

A desigualdade entre nações manifesta-se dramaticamente no dispêndio em pesquisa e desenvolvimento (P&D) *per capita*. Em 2019, os Estados Unidos investiram US$ 613 bilhões em P&D, um percentual de 3,1% do produto interno bruto (PIB), correspondente a US$ 1.866 *per capita*. Considerando a paridade do poder de compra, a China investiu no mesmo ano US$ 515 bilhões (2,2% do PIB, US$ 368 *per capita*), enquanto o Brasil investiu, em 2017, US$ 38 bilhões (1,3% do PIB, US$ 181 *per capita*).[5]

A disparidade dos investimentos em P&D aumenta a desigualdade entre os países, provocando um *gap* científico e tecnológico que limita drasticamente a distribuição dos benefícios da ciência. Esta é a era de *big data* e da inteligência artificial, da biotecnologia aplicada à agricultura e à saúde humana, das terapias gênicas, da carne de laboratório, dos computadores quânticos; esta é a era da telecomunicação, com o 6G já sendo considerado para substituir o 5G. O conhecimento científico avança com aceleração surpreendente e com o potencial de revolucionar o quotidiano da humanidade. Mas, com a atual configuração mundial, esse avanço poderá não ser para todos.

São complexos os desafios a serem enfrentados. A abordagem tem que ser, necessariamente, multidisciplinar. A covid-19 é um exemplo dessa complexidade, que tem sido destrinchada por um trabalho coletivo de cientistas de vários países. Neste momento, a evidência mais forte é que ocorreu uma transmissão zoonótica: de animais para seres humanos. A lista de zoonoses é imensa: segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), existem mais de duzentos tipos de zoonoses e cerca de 60% das doenças infecciosas humanas têm sua origem em animais.

Entre os fatores que aumentam o risco de surgimento de novas zoonoses estão o desmatamento e incêndios florestais, que afetam a biodiversidade genética da vegetação e forçam o deslocamento de animais silvestres para concentrações urbanas, ao destruir seus *habitats* naturais. A poluição dos recursos hídricos, como aquela do mercúrio despejado pelo garimpo, agrava essa situação. O desmatamento também contribui para acelerar a mudança climática, que por sua vez leva à destruição de ecossistemas e ao aumento de zoonoses. Sofre também a população local, privada de seus meios de subsistência. Em contrapartida, a desigualdade na distribuição de vacinas, com 75% das doses aplicadas em apenas dez países (dados de 2021), não apenas prejudica os países mais pobres como ameaça perpetuar a pandemia, colocando em risco toda a população mundial.

5. Disponível em: <https://bit.ly/3RvSSuh>.

A mitigação desses fatores, já identificados pela ciência, requer, obviamente, colaboração global e processos inovadores para reduzir a poluição e buscar a conservação dos biomas, aproveitando de forma sustentável a imensa riqueza que contêm.

Inovações destinadas a combater as mudanças climáticas estão surgindo em diversos países. Por exemplo, buscam-se alternativas para a pecuária extensiva, que frequentemente invade biomas, contribuindo para o desmatamento. Além disso, a pecuária emite quase 64% do total de emissões de amônia, contribuindo de forma significativa para a chuva ácida e para a acidificação dos ecossistemas. O gado também é uma fonte altamente relevante de emissões de metano, contribuindo com 35% a 40% das emissões de metano em todo o mundo (Dopelt, Randon e Davidovitch, 2019). No Vale do Silício, várias *startups* dedicam-se à carne cultivada, produzida com tecnologia de células-tronco a partir do cultivo de células de animais, sem necessidade de abatê-los.[6] Em 2017, a China investiu US$ 300 milhões em uma parceria com empresas israelenses que desenvolvem essa tecnologia, visando ajudar a reduzir a poluição e o aquecimento global. O investimento em carne cultivada faz parte do plano quinquenal agrícola chinês para o período 2022-2027.

Segundo Lelieveld *et al.* (2019), fontes antropogênicas de poluição do ar causam, anualmente, 5,5 milhões de mortes e, dessas, 3,6 milhões ocorrem por queima de combustíveis fósseis.[7] Números bem superiores aos da covid-19. O desenvolvimento de fontes de energia limpa é, portanto, emergencial. Em contrapartida, não são apenas inovações tecnológicas que resolverão esse problema: o programa de substituição de fogões a lenha na Índia,[8] de longa duração, destinado a reduzir a poluição em ambientes domésticos, tem tido sucesso relativo, devido a questões culturais que requerem a intervenção de cientistas sociais (Khandelwal *et al.*, 2017). Mais uma instância de problema que envolve necessariamente uma abordagem multidisciplinar.

O Brasil distancia-se, no entanto, dos ODS, embora tenha o potencial de ser uma grande potência ambiental (Araújo, 2022). Possui biomas contendo entre 15% e 20% da biodiversidade mundial (ONU, 2019); cerca de 12% do montante mundial de recursos hídricos;[9] uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo; grande disponibilidade de energias solar e eólica; e um enorme sistema de saúde universal que favorece um forte complexo industrial da saúde, associado à bioeconomia. Mas o investimento em P&D, bem como em educação,

6. Disponível em: <https://bit.ly/3uKulYD>.
7. Mais informações disponíveis em: <https://bit.ly/3P5iZXr>.
8. Disponível em: <https://bit.ly/3RuCJVY>.
9. Disponível em: <https://bit.ly/3yFZhdx>.

tem diminuído substancialmente nos últimos anos. Apenas 21% da população entre 25 e 64 anos concluiu o ensino superior (OECD, 2021) e o país tem menos de 900 pesquisadores por 1 milhão de habitantes, enquanto países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) têm, em média, cerca de 4 mil pesquisadores por 1 milhão de habitantes. E a desigualdade social tem aumentado: o Brasil é o nono país mais desigual do mundo,[10] com um índice de Gini de 53,4%.

Cortes abruptos no orçamento de ciência e tecnologia, acrescidos de bloqueio de recursos, têm reduzido o orçamento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, que para 2022 é o menor dos últimos dez anos. As perdas acumuladas desde 2014, incluindo 2022, podem chegar a R$ 100 bilhões, segundo cálculo do Observatório do Conhecimento (Perdas..., 2022). O investimento em educação passou de 19% do orçamento de investimentos da União em 2012 para 8% em 2022. As bolsas de pós-graduação das agências federais – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) – não têm sido reajustadas desde abril de 2013, apesar de a inflação no período ter sido de mais de 60%.

O desmatamento da Amazônia cresceu 29% em 2021, é o maior dos últimos dez anos. De janeiro a dezembro de 2021, a área desmatada corresponde à metade do estado de Sergipe. O garimpo de ouro, avançando sobre território indígena, polui com mercúrio os rios da região, em detrimento da biodiversidade e da saúde e segurança alimentar da população local. O desmatamento do Cerrado aumentou 7,9% entre agosto de 2020 e julho de 2021, alcançando uma área equivalente a sete vezes a cidade do Rio de Janeiro.[11] O Brasil perde, assim, um pilar importante para o desenvolvimento da bioeconomia.

As *commodities* – com o minério de ferro, a soja e o petróleo ocupando lugar de destaque – têm sido responsáveis por mais de 50% do volume de exportações do Brasil, sendo a China o principal mercado comprador.[12] Essa composição das exportações coloca o país em posição arriscada. A China busca garantir mais fornecedores e fechou em 2020 um acordo com a Tanzânia para importar soja. Está aumentando também a produção doméstica. Já o governo Biden investe fortemente na tecnologia de carros elétricos, visando tornar a frota de veículos automotores independente do petróleo. A Arábia Saudita, maior produtor de petróleo do mundo, direcionou boa parte de sua receita para melhorar a educação e a pesquisa.

O mundo se move, mas a atual agenda política e econômica do Brasil não permite que o país acompanhe esse movimento. Uma nova agenda é necessária,

10. Disponível em: <https://bit.ly/3RyVPKE>.
11. Disponível em: <https://bit.ly/3uJRaeQ>.
12. Disponível em: <https://portalibre.fgv.br/icomex>.

enfatizando, como política de Estado, a ciência, a inovação e a educação de qualidade como eixos estruturantes do desenvolvimento, ao lado de uma ação coordenada, nos âmbitos social e econômico, para construir um país que ofereça igualdade de oportunidades para suas crianças, independentemente do berço em que nasceram. Não é razoável que, apesar do sucesso da agropecuária brasileira, 33 milhões de brasileiros passem fome, neste ano de 2022. A reformatação da agenda brasileira de desenvolvimento, como apontado, é condição indispensável para que o país possa aproveitar plenamente suas vantagens comparativas e caminhar na direção de maior protagonismo internacional e bem-estar social.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. (Org.). **Brasil 2045**: construindo uma potência ambiental – propostas para a política ambiental brasileira em 2023-2024. [s.l.]: OC, 2022. v. 1. Disponível em: <https://bit.ly/3IDAdbG>.

DOPELT, K.; RADON, P.; DAVIDOVITCH, N. Environmental effects of the livestock industry: the relationship between knowledge, attitudes, and behavior among students in Israel. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 8, p. 1359, 2019.

IMAZON – INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA. Desmatamento na Amazônia cresce 29% em 2021 e é o maior dos últimos 10 anos. **Imazon**, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3c5IxF3>.

KHANDELWAL, M *et al*. Why have improved cook-stove initiatives in India failed? **World Development**, v. 92, p. 13-27, 2017.

LELIEVELD, J. *et al*. Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 15, p. 7192-7197, 2019.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Education at a glance 2021**: OECD indicators. Paris: OECD iLibrary, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3O3rrVQ>.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Pnuma: Brasil possui entre 15% e 20% da diversidade biológica mundial. **ONU News**: Perspectiva Global Reportagens Humanas, 2 mar. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3uLqXwt>.

PERDAS no orçamento do conhecimento podem chegar a R$ 100 bilhões, em 2022. **Observatório do Conhecimento**, 16 maio 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3RyWtYA>.

SUMÁRIO

DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA À DIPLOMACIA DA INOVAÇÃO: SEU FUTURO E A RELAÇÃO COM A SEGURANÇA INTERNACIONAL..... 29
Fernando M. Araújo-Moreira
Nadja F. G. Serrano
Eduardo X. F. G. Migon

A VINGANÇA DE PROMETEU: CIÊNCIA, TECNOLOGIA,INOVAÇÃO E A RECONFIGURAÇÃO DO PODER INTERNACIONAL NO SÉCULO XXI..... 43
Luis Fernandes
Ana Saggioro Garcia
Samuel Rufino de Carvalho
Lúcia H. T. Viegas

A HETEROGENEIDADE É A REGRA, NÃO A EXCEÇÃO? UMA PROPOSTA DE TIPOLOGIA PARA OS SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO 85
Pedro Luiz Costa Cavalcante

COOPERANDO EM CONTEXTOS ASSIMÉTRICOS: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR ÀS NEGOCIAÇÕES EM CT&I ENVOLVENDO PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO..... 111
Iara Leite

MUDANÇAS GLOBAIS NA FORMA DE PRODUÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E LEGITIMAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: CONSEQUÊNCIAS PARA O BRASIL 133
Fabrício Neves
Verena Hitner

DIPLOMACIA, DÍVIDA E MUDANÇA: A ARQUITETURA INTERNACIONAL DA DÍVIDA APÓS A PANDEMIA DE COVID-19 151
Osvaldo Quirino de Souza Filho

EXPERIÊNCIAS RECENTES DA UNIÃO EUROPEIA E DOS ESTADOS UNIDOS EM BIOECONOMIA E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL..... 177
Adriana Mesquita Corrêa Bueno
Danielle Alencar Parente Torres

PROMOVENDO CONEXÕES COLABORATIVAS *BOTTOM-UP* EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO: O CASO DA COOPERAÇÃO BRASIL-AUSTRÁLIA 209
Nanahira de Rabelo e Sant'Anna
Cristina Elsner

OS EFEITOS DOS PROGRAMAS DE INTERCÂMBIO NA EDUCAÇÃO SUPERIOR NA PERCEPÇÃO DAS ELITES SOBRE O BRASIL.....245
Gabriela Gomes Coelho Ferreira
Lucas Damasceno Pereira
Amâncio Jorge de Oliveira
Janina Onuki

O SISTEMA ALEMÃO DE QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL: COMPLEMENTARIDADES INSTITUCIONAIS E DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS 269
Felipe Vella Pateo
Sandro Pereira Silva

POLÍTICAS INDUSTRIAIS NA CHINA NOS ÚLTIMOS TRINTA ANOS 297
Marcelo José Braga Nonnenberg
Uallace Moreira
Scarlett Queen Almeida Bispo

SOBERANIA E CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO: UMA VISÃO BRASILEIRA.....345
Flávio Neri Hadmann Jasper
André Figueiredo Nunes

CONTENTS

FROM SCIENCE AND TECHNOLOGY TO INNOVATION DIPLOMACY: THEIR FUTURE AND THE RELATIONSHIP WITH INTERNATIONAL SECURITY 29
Fernando M. Araújo-Moreira
Nadja F. G. Serrano
Eduardo X. F. G. Migon

THE REVENGE OF PROMETHEUS: SCIENCE, TECHNOLOGY, INNOVATION AND THE RECONFIGURATION OF INTERNATIONAL POWER IN THE 21ST CENTURY 43
Luis Fernandes
Ana Saggioro Garcia
Samuel Rufino de Carvalho
Lúcia H. T. Viegas

HETEROGENEITY IS THE RULE, NOT THE EXCEPTION? A TENTATIVE TYPOLOGY OF NATIONAL INNOVATION SYSTEMS 85
Pedro Luiz Costa Cavalcante

COOPERATING IN ASYMMETRIC CONTEXTS: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH TO ST&I NEGOTIATIONS INVOLVING DEVELOPING COUNTRIES 111
Iara Leite

GLOBAL CHANGES IN PRODUCTION, DISTRIBUTION AND LEGITIMIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE: CONSEQUENCES FOR BRAZIL 133
Fabrício Neves
Verena Hitner

DIPLOMACY, DEBT, AND CHANGE: THE INTERNATIONAL DEBT ARCHITECTURE AFTER THE COVID-19 PANDEMIC 151
Osvaldo Quirino de Souza Filho

RECENT EXPERIENCES OF THE EUROPEAN UNION AND THE UNITED STATES IN BIOECONOMY AND OPPORTUNITIES FOR BRAZIL 177
Adriana Mesquita Corrêa Bueno
Danielle Alencar Parente Torres

FOSTERING BOTTOM-UP COLLABORATIVE CONNECTIONS IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION: THE CASE OF BRAZIL-AUSTRALIA COOPERATION.....209
Nanahira de Rabelo e Sant'Anna
Cristina Elsner

THE EFFECTS OF THE HIGHER EDUCATION EXCHANGE PROGRAMS ON THE ELITES' IMAGE OF BRAZIL.....245
Gabriela Gomes Coelho Ferreira
Lucas Damasceno Pereira
Amâncio Jorge de Oliveira
Janina Onuki

THE GERMAN VOCATIONAL EDUCATION SYSTEM: INSTITUTIONAL COMPLEMENTARITIES AND CONTEMPORARY CHALLENGES.....269
Felipe Vella Pateo
Sandro Pereira Silva

INDUSTRIAL POLICIES IN CHINA IN THE LAST THIRTY YEARS.....297
Marcelo José Braga Nonnenberg
Uallace Moreira
Scarlett Queen Almeida Bispo

AIR SPACE CONTROL AND SOVEREIGNTY: THE BRAZILIAN MODEL.....345
Flávio Neri Hadmann Jasper
André Figueiredo Nunes

ÍNDICE

DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA A LA DIPLOMACIA DE LA INNOVACIÓN: SU FUTURO Y LA RELACIÓN CON LA SEGURIDAD INTERNACIONAL 29
Fernando M. Araújo-Moreira
Nadja F. G. Serrano
Eduardo X. F. G. Migon

LA VENGANZA DE PROMETEO: CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y LA RECONFIGURACIÓN DEL PODER INTERNACIONAL EN EL SIGLO XXI 43
Luis Fernandes
Ana Saggioro Garcia
Samuel Rufino de Carvalho
Lúcia H. T. Viegas

¿ES LA HETEROGENEIDAD LA REGLA, NO LA EXCEPCIÓN? UNA PROPUESTA DE TIPOLOGÍA PARA LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN 85
Pedro Luiz Costa Cavalcante

COOPERANDO EN CONTEXTOS ASIMETRICOS: UN ABORDAJE INTERDISCIPLINARIO A LAS NEGOCIACIONES EN CTI INVOLUCRANDO PAÍSES EN DESAROLLO 111
Iara Leite

CAMBIOS GLOBALES EN LA FORMA DE PRODUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y LEGITIMACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: LAS CONSECUENCIAS PARA BRASIL 133
Fabrício Neves
Verena Hitner

DIPLOMACIA, DEUDA Y CAMBIO: LA ARQUITECTURA INTERNACIONAL DE LA DEUDA TRAS LA PANDEMIA DE COVID-19 151
Osvaldo Quirino de Souza Filho

EXPERIENCIAS RECIENTES DE LA UNIÓN EUROPEA Y LOS ESTADOS UNIDOS EN MATERIA DE BIOECONOMÍA Y OPORTUNIDADES PARA BRASIL 177
Adriana Mesquita Corrêa Bueno
Danielle Alencar Parente Torres

FOMENTANDO CONEXIONES COLABORATIVAS *BOTTOM-UP* EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN: EL CASO DE LA COOPERACIÓN BRASIL-AUSTRALIA 209
Nanahira de Rabelo e Sant'Anna
Cristina Elsner

LOS EFECTOS DE LOS PROGRAMAS DE INTERCAMBIO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA PERCEPCION DE LAS ELITES SOBRE BRASIL.....245
Gabriela Gomes Coelho Ferreira
Lucas Damasceno Pereira
Amâncio Jorge de Oliveira
Janina Onuki

EL SISTEMA ALEMÁN DE EDUCACIÓN PROFESIONAL: COMPLEMENTARIEDADES INSTITUCIONALES Y RETOS ACTUALES 269
Felipe Vella Pateo
Sandro Pereira Silva

POLÍTICAS INDUSTRIALES EN CHINA EN LOS ÚLTIMOS TREINTA AÑOS.....297
Marcelo José Braga Nonnenberg
Uallace Moreira
Scarlett Queen Almeida Bispo

SOBERANÍA Y CONTROL DEL ESPACIO AÉREO: UNA VISIÓN BRASILEÑA.....345
Flávio Neri Hadmann Jasper
André Figueiredo Nunes

FROM SCIENCE AND TECHNOLOGY TO INNOVATION DIPLOMACY: THEIR FUTURE AND THE RELATIONSHIP WITH INTERNATIONAL SECURITY

Fernando M. Araújo-Moreira[1]
Nadja F. G. Serrano[2]
Eduardo X. F. G. Migon[3]

This article consists of a theoretical essay, essentially supported by bibliographical research strongly complemented with our own experience in most subjects and it has a qualitative and exploratory bias. It consists of an introduction to the research object where we make a broad approach in a world undergoing constant changes specially related to scientific and technical aspects of science, technology, and innovation diplomacy (ST&I) during the last two decades. Among many others, to address the issue we have chosen some relevant areas like artificial intelligence (AI), internet of things (IoT), cyber diplomacy, and quantum technology. We also make the linkages between the ST&I aspects and diplomacy, and its relationship with some aspects of military technologies. In this aspect we reinforce the relevance – a point of concern – of the proliferation of military technologies by scientific collaboration, commercial trade, or other mechanisms. Despite the traditional scientific collaborations between thousands of groups all around the world, we show the importance of considering that both enemies and potential enemies, should be avoided of having access to certain critical and sensitive technologies. In this way, we show its relevance and importance as a strategic planning in national defense essential for the sovereignty of any country and international security.

Keywords: science, technology and innovation; disruptive technologies; cyber diplomacy; scientific collaboration.

DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA À DIPLOMACIA DA INOVAÇÃO: SEU FUTURO E A RELAÇÃO COM A SEGURANÇA INTERNACIONAL

Este artigo consiste em um ensaio teórico, essencialmente apoiado por pesquisas bibliográficas fortemente complementadas com nossa própria experiência na maioria dos assuntos, e tem um viés qualitativo e exploratório. Consiste em uma introdução ao objeto de pesquisa em que fazemos uma abordagem ampla em um mundo que passa por constantes mudanças especialmente relacionadas a aspectos científicos e técnicos da ciência, tecnologia e inovação (CT&I) nas últimas duas décadas. Entre muitos outros, para abordar o assunto, escolhemos algumas áreas relevantes como inteligência artificial (IA), internet das coisas (*internet of things* – IoT), diplomacia cibernética e tecnologia quântica. Também fazemos as ligações entre CT&I e a diplomacia, e sua relação com alguns aspectos das tecnologias militares. Nesse aspecto, reforçamos a relevância – um ponto de preocupação – da proliferação de tecnologias militares por colaboração científica, intercâmbio comercial ou outros mecanismos. Apesar das colaborações científicas tradicionais entre milhares

1. Brazilian Army; Science and Technology Department; Military Institute of Engineering (IME); Nuclear Engineering Section/SE7. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5423-0405>. E-mail: <fernando.manuel@ime.eb.br>.

2. Brazilian Army; Army Command and General Staff School; Meira Mattos Institute – Graduation Program in Military Science. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8838-7937>. E-mail: <nadjaserrano@gmail.com>.

3. Brazilian Army; Army Command and General Staff School; Meira Mattos Institute – Graduation Program in Military Science; Command of the 11th Light Infantry Brigade. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8762-1701>. E-mail: <eduardomigon@gmail.com>.

de grupos em todo o mundo, mostramos a importância de considerar que tanto inimigos quanto potenciais inimigos devem ser evitados de ter acesso a certas tecnologias críticas e sensíveis. Dessa forma, mostramos sua relevância e importância como um planejamento estratégico em defesa nacional essencial para a soberania de qualquer país e a segurança internacional.

Palavras-chave: ciência, tecnologia e inovação; tecnologias disruptivas; diplomacia cibernética; colaboração científica.

DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA A LA DIPLOMACIA DE LA INNOVACIÓN: SU FUTURO Y LA RELACIÓN CON LA SEGURIDAD INTERNACIONAL

Este artículo consiste en un ensayo teórico, esencialmente apoyado por la investigación bibliográfica fuertemente complementada con nuestra propia experiencia en la mayoría de los temas y tiene un sesgo cualitativo y exploratorio. Consiste en una introducción al objeto de investigación donde hacemos un acercamiento amplio en un mundo sometido a constantes cambios especialmente relacionados con aspectos científicos y técnicos de la ciencia, tecnología e innovación (CT&I) durante las últimas dos décadas. Entre muchas otras, para abordar el tema hemos elegido algunas áreas relevantes como inteligencia artificial (IA), internet de las cosas (*internet of things* – IoT), diplomacia cibernética y tecnología cuántica. También establecemos los vínculos entre los aspectos de CT&I y la diplomacia, y su relación con algunos aspectos de las tecnologías militares. En este sentido reforzamos la relevancia – un punto de preocupación – de la proliferación de tecnologías militares a través de colaboración científica, intercambio comercial u otros mecanismos. A pesar de las colaboraciones científicas tradicionales entre miles de grupos en todo el mundo, mostramos la importancia de considerar que tanto los enemigos como los enemigos potenciales, deben ser evitados de tener acceso a ciertas tecnologías críticas y sensibles. De esta manera, mostramos su relevancia e importancia como una planificación estratégica en defensa nacional esencial para la soberanía de cualquier país y la seguridad internacional.

Palabras clave: ciencia, tecnología e innovación; tecnologías disruptivas; diplomacia cibernética; colaboración científica.

JEL: 019; 032; 033; 038; H56.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art1

Data de envio do artigo: 10/2/2022. Data de aceite: 30/3/2022.

1 INTRODUCTION

Nina V. Fedoroff,[4] former Science and Technology Adviser for the American government in 2009, defined *science diplomacy* as the use of scientific collaborations among nations to address the common problems facing 21st century humanity and to build constructive international partnerships. From this, we can directly extend this definition to the most complete concept of *science, technology, and innovation diplomacy* (ST&I).

4. Science and Technology adviser to the Secretary of State and to the administrator of the U.S. Agency for International Development (USAID) at the United States Department of State, during 2009.

In all forms of ST&I diplomacy, it is important to be clear when science, technology and innovations end, and politics begins. At the Royal Society (AAAS) meeting in 2010, Professor John Beddington (United Kingdom's Chief Scientific Adviser) said that scientific collaboration could provide a sort of a blueprint for international diplomacy but warned of possible dangers for those scientists who wish to engage in the diplomatic game.[5] Off course that means that science ends up being used for political ends. On the other hand, Chris Whitty (United Kingdom's chief scientific adviser at the Department for International Development), authorized scientific collaboration with developing countries if the goal is to transform the lives of the poor people, only. Moreover, some governments have strict guidelines for how scientific advice is used in national policymaking, which can also be applied to the international field.

It is a must to mention here about the practical barriers to ST&I exchange. The constraints to ST&I diplomacy include regulatory barriers, such as visa restrictions and security controls especially after September 11th, 2001. United States and United Kingdom have been limiting the opportunities for visiting scientists and scholars, particularly from Islamic countries. Such understandable policies shut out talented scientists and hinder opportunities to build scientific relations between countries. However, those policies could also be avoiding new terrorist attacks. Security controls can also prevent collaboration on certain scientific subjects, such as nuclear physics and microbiology. That is one of the prices of some particular forms of terrorism. Although these policies are based on legitimate concerns over the dual use potential of some scientific knowledge, they should also take into consideration the diplomatic value of scientific partnerships in sensitive areas to help rebuild trust between nations what is not going to be an easy task.

In the middle of 2017, Leijten published an excellent explorative article intitled *Exploring the Future of Innovation Diplomacy* (Leijten, 2017). He considers that science diplomacy links the two policy domains of foreign affairs and science policy. According to him, competitive thinking, and the ways in which this affects global challenges are now putting the globalization trends in ST&I under pressure. On the other side, new populist governments go in the opposite direction favoring the growth of politics of de-globalization and thus, leading to introduce strong changes in the roles diplomats play. In the last decades, the focus of diplomats has already shifted from relatively neutral scientific collaborations to the technology and innovation interests of their home-countries. In this article the author explores the future roles and development of innovation diplomacy

5. Three immediate areas of opportunity for ST&I diplomacy were highlighted at the Royal Society/AAAS meeting: i) new scientific partnerships with the Middle East and wider Islamic world; ii) confidence building and nuclear disarmament; and iii) governance of international spaces like Antarctica, the high seas, the deep sea, outer space etc.

as the outcome of interactions between the evolving characteristics of ST&I providing a framework through which potential futures of innovation diplomacy can be explored.[6]

2 THE LEARNED LESSONS TO ST&I DIPLOMACY FROM THE COVID-19 PANDEMICS

A report[7] released in 2020 (in the middle of covid-19 pandemic) by the World Economic Forum, shows that we have the option of rebuilding the institutions of the past or reimagining a new multilateral system focused on science, technology, health, and the environment. It says that what we need is a new generation of leaders to build bridges between ST&I and diplomacy to address global challenges. In this case what role do ST&I and health play in diplomacy? The universal language of science more recently together with technology and innovation, has been used throughout history to build bridges and relax political tensions between nations. Looking just at the scientific evidence, scientists establish collaborations with their colleagues in any country in the world, even when their governments are not getting along.[8]

The coronavirus pandemic has highlighted the key role of science and health in understanding and addressing cross-border challenges. But for most countries, global health is not a priority. The actual crisis has exposed the lack of global leadership. Previous outbreaks[9] of *severe acute respiratory syndrome* (Sars), *swine flu* (H1N1), *Middle East respiratory syndrome* (Mers) also known as *camel flu*, and Ebola were contained through rapid multilateral action. But, as the coronavirus spreads, political divisions are only deepening. The United Nations Security Council and the Group of Seven (G7) fail to agree on joint

6. In 2019, Leijten also published *Science, Technology, and Innovation Diplomacy: a way forward for Europe. Institute for European Studies Policy*. According to the author, the second half of the 20th century was a period of steadily growing globalization of firms and growing interconnections between national economies. With the increase availability of new and cheap means of communication and changes in transportation/containers since 1980 it became increasingly easy to coordinate the global activities in production and in trade. Europe benefited from this globalization by amassing a large trade and globalization was generally seen as beneficial for everybody. They show that optimization of industrial production at a global scale created huge growth opportunities in South-East Asia, China, and South Korea and the flow of cheaper products to Europe and to the United States contributed to increasing living standards in these regions. Without any doubt, ST&I are the most transformative tools of the past fifty years. Technological developments have driven the costs of communication and processing of information down while at the same time improving on speed and processing capacity. ST&I have becoming ubiquitous, entering all sectors of society and almost all aspects of personal life. The author considers that ST&I is also playing a key role in other fields of technology, like nano-, bio- or environmental technologies, determining their speed of development and the characteristics of their applications. They mentioned that there are two developments with both having firm anchors in the basic technologies, while the first is networking of almost all aspects of life and the second is availability of data.

7. Available at: <https://bit.ly/3GxJgKt>. Accessed on: Aug. 2021.

8. These international networks can help address cross-border challenges and restore trust and win-win relationships when diplomatic relations become strained. For example, after World War II, the European Laboratory for Nuclear Research (CERN – Conseil Européenne pour la Recherche Nucléaire) facilitated the first post-war contacts between German and Israeli physicists. CERN, housing the famous Large Hadron Collider (LHC) is an excellent example of ST&I diplomacy.

9. For details about these agents, see Rahimi et al. (2020).

statements. Only after covid-19 cases rose to more than half a million in almost two hundred countries and territories, the Group of Twenty (G20) pledged to strengthen the World Health Organization (WHO). The scientific journal *Nature* has urged governments and their scientific advisers to advocate for a collective and transparent approach in the fight against covid-19. However, most of those countries lack scientific advice systems. These structures can take various forms depending on the country and the government system, but they are key to anticipating risks and ensuring that scientific evidence informs public policies. However, fortunately more and more countries are recognizing the need to integrate ST&I into their foreign policy agendas.[10]

Certainly, one of the most effective ways to advance ST&I diplomacy is giving training to the next generation of leaders to meet the challenges and opportunities of the fourth industrial revolution to maximize benefits for all and minimize common threats. These types of initiatives generate the networks of experts and the trust necessary to quickly activate international collaborations when a crisis strikes. We are deeply inside in the largest scientific communication experiment in human history. Scientists are more visible and highly valued by politicians and the public than ever. Molecular biology terms such as DNA (*deoxyribonucleic acid*), RNA (*ribonucleic acid*) or PCR (*polymerase chain reaction*) have become extremely popular, mathematical concepts of linear, exponential, and logarithmic growth are explained on primetime television, and public health and epidemiology concepts such as *#FlattenTheCurve*, *#SocialDistance*, or *#WashYourHands* have become "trending topics".

Turchetti and Lalli published in 2020 at *Nature* magazine the article *Envisioning a Science Diplomacy 2.0: on data, global challenges, and multi-layered networks*.[11] There, the term science diplomacy identifies the interactions between scientific and foreign policy communities connected to the promotion of international scientific exchanges and the provision of scientific advice on issues of relevance to more than one nation. The authors sketch the contours of a data-driven science diplomacy 2.0 that could be seen as more directly tackling these challenges in two important ways: i) a multilayered approach that integrates data and meta-data from various disciplines in order to promote greater awareness about what kind of research should actually be prioritized in science

10. The Swiss Foreign Ministry recently launched a public-private foundation to anticipate and mediate conflicts through scientific cooperation. France and Denmark have appointed ambassadors to tech industry enclaves like Silicon Valley, ushering in a new era for digital diplomacy. Chile and South Africa take advantage of their strategic position in astronomy to strengthen their global position through space cooperation. There are many more initiatives currently under development seeking to improve the science-policy interface at the national, regional, municipal, and multilateral levels.

11. Available at: <https://go.nature.com/3t9j2IF>. Accessed on: Sept. 2021.

diplomacy actions; and ii) the creation of responsible innovation observatories for operationalizing such a methodology at both national and global levels.[12]

In the beginning of 2021, Renan Silva, Gabriela Ferreira, Janina Onuki and Amâncio de Oliveira published the article[13] *The Institutional Building of Science and Innovation Diplomacy in Latin America: toward a comprehensive analytical typology*. In this work, the authors shows that ST&I diplomacy has emerged in recent years as a relevant scholarly movement and interdisciplinary research agenda internationally. This field is promoting a significant impact on the understanding of the cultural and political dynamics of Science, Technology, and Innovation implementing initiatives from local to global level. However, ST&I is growing asymmetrically around the world, setting up over a particular configuration in the so-called Global South societies.[14]

3 ST&I DIPLOMACY AND THE NEW SCIENTIFIC FRONTIERS

In 2021, Brian Burke[15] said that "The unprecedented socioeconomic challenges of 2020 demand the organizational plasticity to transform and compose the future". Nothing truer than that. Besides the examples about ST&I diplomacy given all along the text, like Human Genome Project, ozone layer recovering, CERN and the LHC, and the fighting against coronavirus pandemic, there are some others that deserve to be mentioned here. We also make the linkages between the ST&I aspects and diplomacy and its relationship with military technologies. Despite the traditional scientific collaborations between thousands of groups all around the world, we must take into account the importance of considering that both enemies and potential enemies, should be avoided of having access to certain critical and sensitive technologies. We would like to make an approach here of excellent examples of ST&I diplomacy like synchrotron radiation technologies; nuclear technology (both fusion and fission); spintronic; superconductivity; biotechnology; synthetic biology; nanobiotechnology and bionanotechnology, among many others. Because of their enormous relevance and novelty, and for an obvious question

12. Also, in 2020, Gluckman and Turekian published at *Nature* magazine the article *Rebooting Science Diplomacy in the Context of Covid-19* starting with the phrase: Science can be a common language and an important mechanism for calming geostrategic tensions. There, the authors consider that the covid-19 pandemic is amplifying preexisting tensions between the United States and China across all possible domains, including ST&I. This is happening even as global ST&I cooperation has become a central feature of public health and the development of vaccines and treatments. Does this new dynamic between the two powers accurately reflect a changed world, and could it presage greater tension to come?

13. In Frontiers in Research Metrics and Analytics, Apr. 27, 2021, available at: <https://bit.ly/3N7jiQu>. Also available at: <https://bit.ly/3N7jiQu>. Accessed on: Aug. 2021.

14. In Latin America, although ST&I is a recent, unequal, and intra-nationally fragmented process, there are important achievements that have been able to create a favorable mix of approaches, agendas, and practices in this field. In this work, authors aim to present a comprehensive analytical typology to the study of the emerging experiences of ST&I in Latin America, catching the diversity of this research agenda.

15. Editor and research vice president of the Gartner Group.

of having a limited space for the actual chapter, we will focus just in the newest and more remarkable areas: cyber diplomacy, artificial intelligence (AI), internet of things (IoT) and quantum technologies. Every one of them relative to ST&I diplomacy surely could give an independent chapter for this book. As a matter of fact, these are sensitive areas that should be more restricted when considering ST&I diplomacy. Already finding their way into modern weapons' systems, controlling the proliferation of these technologies and their misuse is a sleeper issue that will soon demand an entirely new set of diplomatic initiatives, like those developed to monitoring and control of nuclear weapons.

3.1 Cyber diplomacy

Digital world has brutally changed in the last decades where cyber espionage, cyber-attacks, hacktivism, internet censorship are now making the headlines on a regular basis. Cyberspace has become a political space battlefield, shaped by diverging interests of all kinds. If cyberspace was once a domain for technical discussions among information technology (IT) specialists only, that time is definitively over. Cyberspace has become a major locus and focus of international relations where, because of its politicization, diplomats have entered the game. In 2017, Barrinha and Renard propose to explore in their article[16] *Cyber-diplomacy: the making of an international society in the digital age* the concept of cyber diplomacy, by analyzing its evolution and linking it to the broader discussions of diplomacy as a fundamental institution of international society, as defined by the English School of International Relations. The authors argue that cyber diplomacy is an emerging international practice that is attempting to construct a cyber-international society, bridging the national interests of states with world society dynamics – the predominant realm in which cyberspace has evolved in the last four decades.[17]

Rashica from South East European University, Macedonia, published in 2018 the article intitled *The Benefits and Risks of Digital Diplomacy* (Rashica, 2021). She considers that, as a product of both globalization new public diplomacy, digital diplomacy is one of the most important tendencies of the new millennium. It is undeniable and unquestionable the strong influence on the internet and the social media of the extraordinary advances in information and communications

16. Available at: <https://bit.ly/3z7iXZO>. Accessed on: Sept. 2021.

17. These same authors, Barrinha and Renard, published another interesting article intitled *The Emergence of Cyber Diplomacy in an Increasingly Post-Liberal Cyberspace*, where essentially, they make an approach to the power relations, values, and institutions that governed cyberspace since its initial development in the 1960s. Today, conflicting visions for the future of the global internet are taking to an inevitable collision, therefore cyber diplomats must negotiate these difficult choices. According to the authors, a Huawei led-group that included China Mobile, China Unicom, and the Chinese Ministry of Industry and Information Technology proposed a significant deep revision of the internet proposing a new top-down internet protocol they called *New IP*. Faraway of these technical considerations, some people interpreted this proposal as another wider political move, which China heading that with the goal: cyberspace can no longer be dominated by the West and needs to reflect the new balance of power in the international system.

technology (ICT) which is an extensional term for IT. This new term stresses the role of unified forms of communications as well as the integration of different forms of telecommunications and computer. ICT also includes, the necessary commercial software, middleware, storage and audiovisual, that allow users to access, store, transmit, understand, and manipulate all available information. Because of the enormous advances in ICT on the internet and social media, the way of realization and presentation of diplomacy has been radically changed and is radically different from what it used to be as the traditional one.[18]

However, this irreversible process of digitization has, consequently, the arising of a new area, the *cyber diplomacy*, which is the use of diplomatic tools to address issues originated *in* and *through cyberspace*. Those issues cover a plethora of different aspects like security, economic and human rights topics, including international cybersecurity standards, internet access, privacy, internet freedom, intellectual property, cybercrime, ethical use of digital technologies, among many others.

Emily O. Goldman, in her work *Cyber Diplomacy for Strategic Competition*,[19] published very recently in June 2021 at *The Foreign Service Journal* from the America Foreign Service Association, she shows that over the past decade, adversaries have been bypassing territorial boundaries by operating *in* and *through* cyberspace to gain strategic advantage. It is undeniable that cyberspace is one of the strongest factors holding both the prosperity and security of most rich and countries not only the Unites States but also its allies. Moreover, their future depends on cyberspace in ways impossible to understand – or even to imagine – just some decades ago. Everything in every area that is important and strategic for every country uses the cyberspace and that is why cyberspace – and the whole digital environment – has probably become the most important arena for every strategic competition. It is straightforward for the governments and corporations accept at once that new

18. According to Rashica, the digital diplomacy is based on the usage of ICT, the internet, and social media, which at the same time represent its base, for the strengthening of the diplomatic relations. She proposes that knowledge about the role and importance of digital diplomacy is indispensable and through this article she intends to provide sufficient arguments to show that benefits and risks of digital diplomacy is not harmful, rather it is quite helpful. She understands that states or international organizations of all kinds, if they hesitate to approve digital diplomacy is only because of the lack of preparedness and capacity to combat its risks. Therefore, digital diplomacy, as a product of the soft power of this new century should be combined with smart power, which means maximum utilization of the benefits of digitization and empowering protection policies against various threats arising from ICT, the internet, and social media. Moreover, she concludes that there is no escape from digitization which is, undeniable and unquestionable, a path with no return.

19. Available at: <https://bit.ly/38Vgzea>. Accessed on: Sept. 2021.

thinking on cyber diplomacy is a must.[20] For Goldman, that competition deals with two opposite models of world order – democracy and authoritarianism – and two opposite and competing visions of the digital space: information freedom and information control. She concludes that competition to shape the strategic environment gaining relative advantage must be continuous, persistent, and dynamic and it should be calibrated to remain below the level of armed conflict. Therefore, cyber diplomacy for strategic competition is essential to be improved.

For all the above, it is straightforward the crucial importance to include in this ST&I diplomacy discussion two essential subjects directly associated to cyber diplomacy: IoT and AI.

3.2 IoT and AI

According to Brian Burke (editor of Top Strategic Technology Trends for 2021), the trends for 2021 belong to three axes: i) *people centricity*: regardless of the pandemic changing how the people work and interact with organizations, they are still at the center of all business, therefore they need digitalized processes to function in the new environment.; ii) *location independence*: the pandemic from Sars-Cov-2 has changed where everyone (employees, customers, suppliers, organizations) physically exist; it is straightforward that this requires the availability of different technologies to give to the people ways to have activities independent of location to support this new version of business; and iii) *resilient delivery*: volatility always exists in the world independently of pandemics, recessions etc. and we have to be all the time ready to face that.

In the first axis, the main related innovations are internet of behaviors (IoB), total experience strategy and privacy-enhancing computing; in the second axis we find distributed clouds, anywhere operations and cybersecurity mesh; and in third axis we have intelligent composable business, AI engineering and hyperautomation.

All these innovations and their associated ST&I diplomacy are extremely important for the pos pandemic world. However, among them all, we will only

20. It is obvious that the time has come to up the diplomatic game for cyber competition however it cannot occur unless and until substantial assumptions about the evolution of norms, rules, and the applicability of a strategy of dissuasion to competition in cyberspace are set aside. According to Goldman, the competition is not only just about power but also about values. Autocratic regimes feared that digital-age capabilities would empower civil society and undermine their hold on power. For example, the so-called Arab Spring confirmed these fears and demonstrated the existential threat represented by information freedom. Of course, regimes in China and Russia oppose an open internet and protections against state interference with individual liberties. However, meanwhile, both Russia and China exploit open networks and platforms to erode democratic institutions in the West. Goldman considers that all these challenges will only grow as emerging digital technologies (for example sensors, technologies for information and communication, AI tools, quantum tools etc.) when they become new focal points for strategic competition. The more anticipatory we can get, the more we can inoculate our systems and prevent adversary aggression before it compromises the United States and other allied countries and partner networks.

approach IoT and AI, where IoT belongs to the second axis and AI belongs to the third axis.

Inside distributed cloud (second axis) there is IoT edge cloud which consists in the distribution of services that interact directly with edge devices. In general, distributed cloud provides public cloud options to different physical locations. In few words, a public cloud company maintains, operates, and evolves the services, and physically executes at the point of need.

On the other side, inside third axis AI engineering, projects often fail due to issues with maintainability, scalability, and governance. However, a robust AI engineering strategy will facilitate the performance, scalability, interpretability, and reliability of AI models while delivering the full value of AI investments. Without AI engineering, most organizations will fail to move AI projects beyond proofs of concept and prototypes to full-scale production. AI engineering stands on three core pillars: DataOps, ModelOps and DevOps. DevOps deals mainly with high-speed code changes, but AI projects experience dynamic changes in code, models, and data, and all must be improved. Organizations must apply DevOps principles across the data pipeline for DataOps and the machine learning model pipeline for MLOps to reap the benefits of AI engineering.

3.3 Quantum technology

On December 10th, 1945, just a simple switch was turned-on in Philadelphia, and from that on the age of modern computers began. That switch powered up for the first time the Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC). ENIAC, in just a second, shifted the world from mechanical calculations to digital ones starting the age of the world's first electronic, digital, reprogrammable computer. It is the ancestral of every laptop, server, and smartphone used today. Immediately after that singular moment in human history, the arrival of such a powerful machine, the first screaming question was what to do with it and how it could change their lives. There appeared innumerous predictions but almost all of them have failed not because people were not smart or knowledgeable – it is just that predicting the future is hard. After all, while we may have missed out on moon bases and regular submarine trips, who could have predicted the internet or next-day delivery of just about anything? Often the most hyped predictions of the future are incorrect, only to be overtaken by initially more day-to-day, but ultimately radically transformative uses. Today, the world is experiencing a similar moment of information processing, however this time it is not from mechanical to digital, but from digital to quantum technologies. This is a *real* revolution, and it is a revolution in *quantum information science* where its basis is the quantum

mechanics (or quantum physics) theory.[21] As a consequence of this remarkable theory, in the last years were developed several equipment and procedures based on quantum phenomena like quantum computing, quantum sensors, quantum cryptography, quantum simulation, quantum metrology, quantum imaging etc. All of them use properties of quantum mechanics like quantum entanglement, quantum superposition and quantum tunnelling.[22] This represents the so-called Second Quantum Revolution.

By the end of 2017, Randolph Mank – a fellow of the *Canadian Global Affairs Institute* – published an article intitled *Quantum Diplomacy for a New Technological Age*.[23] In this article, the author suggests establishing parameters for developing quantum diplomacy to meet the challenges of this new era. Essentially, he proposes the eventual need for an international treaty to control both weaponization and proliferation of these new, powerful, and outstanding technologies.[24]

These new quantum information technologies will almost certainly have significant impacts on national security on every country reaching everything, from extremely secure communications to faster code breaking, for example to

21. Quantum mechanics is a subarea of the Physical Science developed in the early decades of the 20th century. Quantum technology is a new field of both physics and engineering, which relies on the principles of quantum mechanics. This is a fundamental theory that provides a description of the physical properties of nature at atomic or subatomic levels. On the contrary, *Classical Physics* describes many aspects of nature at macroscopic scale. However, it is not sufficient for describing most phenomena at atomic and subatomic scales. Quantum mechanics was arising gradually starting from theories explaining observations which could not be reconciled with classical physics, such as Compton effect, black-body radiation and the photoelectric effect. In 1900, Max Planck gave a solution to those open questions proposing the correspondence between both *energy* and *frequency* through the simple but famous equation $E = \hbar \times f$. It is amazing how a simple equation can change our vision of the Universe; that is the only reason we show it here in an article related to Human Sciences. These early attempts to understand microscopic phenomena, now known as the *old quantum theory or first quantum revolution*, led to the full development of quantum mechanics in the mid-1920s by scientist like Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Max Born, among many other *holy monsters*. The modern theory is formulated in various particular and sophisticated mathematical formalisms. One of the key points of this theory is the existence of a wave function that provides information in the form of probability amplitudes and the way to measure the *observable* properties like particle's energy, momentum, among other physical properties

22. See, for example: Eisberg and Resnick (1985); Feynman, Leighton and Sands (1965); Merzbacher (1998).

23. Available at: <https://bit.ly/3m15xXr>. Accessed on: Sept. 2021.

24. Our dependence on IT systems is complete and absolute in all areas. In national defense this is certainly an extremely important factor. In that sense, what is the current state of the art in terms of high-performance computing? In June 2018, the International Business Machines Corporation (IBM) introduced the Summit, the world's fastest supercomputer built with AI and machine learning capabilities but without quantum computing capabilities or superconducting materials. This machine – considered to be the most powerful scientific tool ever created – was designed and built for the United States Department of Energy. It can perform 200 quadrillion mathematical operations (200 000 000 000 000 000 = $2x10^{17}$) per second and should assist in different types of research, ranging from medicine to advanced energies. Can the reader imagine what could be done with quantum computing? In the near future, when this technology will also incorporate room temperature superconducting materials into its architecture and processing? It's just unimaginable even for those in the business. We will achieve this in a matter of short time.

better detection of aircraft and submarines.[25] Moreover, it is also clear that today we are unlikely to be able to predict exactly what those impacts will be. However, for government leaders in national security who face significant stakes for getting things wrong, doing nothing is not an option. The question is: how can government leaders prepare for something they do not know about this quantum future? About this answer, Scott Buchholz and collaborators have published in 2020 a very interesting article (*The Realist's Guide to Quantum Technology and National Security*) that we strongly recommend to those outsiders of the Physics field of knowledge. There they say that "Pragmatic leaders can put in place the infrastructure to allow their organization to capitalize on whatever developments quantum may bring. However, to get more specific about what government leaders can do today to be ready for tomorrow's quantum world requires understanding what 'quantum' itself is" (Buchholz et al., 2020). Nothing truer than that.

4 SUMMARY AND CONCLUSIONS

All the remarkable areas we have briefly described here (AI, IoT, cyber diplomacy, and quantum technologies) represent the state-of-the-art in science and technology, and the correlated products, the state-of-the-art in innovation. Somebody in the past, said that *what does not challenge you,* does not transform you. Therefore, studying, understanding and working with quantum physics (or, more appropriately, quantum mechanics) is one of the greatest challenges in science. The resulting transformation in whoever achieves

25. Along with the undeniable and indisputable technological benefits of quantum mechanics, it also led – as an example – to the development of nuclear weapons a few decades later, which has had until present days a deep effect on global security and, of course, *diplomacy*. Given this repeated "from *promise* to *peril*" pattern it is surprising how little serious discussion has occurred around the diplomatic and security consequences of the latest wave of all new technologies and, among them, those derived from quantum mechanics. That is exactly the case of the new *quantum radar* developed very recently by China, most probably by Chines students from the best American universities and institutes of research who, coming back to China, work for their government as top scientist in a plethora of sensitive areas. These students, now top scientist in China, are product of the very well know ST&I Diplomacy American program. During President Trump's administration, the foreign policy changed, and the government started to restrict visas for Chinese students in strategic areas like science, technology, engineering, and mathematics for students coming from various Chinese universities. Maybe it is too late in many areas, but definitely it is too late for the United States Air Force and its Northrop Grumman B-2 Spirit bomber (among other models of invisible aircrafts). With its *flying wing* design that makes it almost *invisible* to radar, this war machine is truly a standout among military planes - and the world's most expensive, at over two billion American dollars per aircraft. When it was first introduced by the American Air Force, stealth technology represented a major shift in the conduct of military operations. Low radar observability – a more appropriate term for *stealth* – allowed American aircraft to safely penetrate heavily defended areas without being detected by enemy sensors. This optimum operational performance was demonstrated for the first time during the 1991 Gulf War. Today it is no longer a United States monopoly, since other countries like Russia and China have also deployed hardware with purported low-observability features. This technology remains to be an exclusive domain of advanced forces and provides a significant operational advantage. New experimental technologies, however, hold the potential to change the status quo. This is because the Northrop Grumman B-2 Spirit bombers will be no longer invisible. At least for Chinese military forces. A new kind of sensor tot in China, called *quantum radar*, holds the promise of detecting stealth platforms at a distance of at least 100 km. While this technology is still in its early stages and currently presents notable technical limitations, if successful it could play an important role in the next chapter in the everlasting dialectic between defense and offense in warfare. All this thanks to new quantum technologies and, maybe, thank to American universities for giving huge knowledge and intense training to Chinese students through different ST&I diplomacy programs.

this real intellectual feat is simply extraordinary and so the derived products. A complete new and amazing world. However, for the good or for the bad all these remarkable areas have both civilian and military applications. Particularly about AI, if the predictions of Raymond Kurzweil[26] are correct – and he has been remarkably precise so far – in the next 10-25 years, we will be approaching what he calls a technological *singularity* consisting of the merging of human and machine-based intelligence (Kurzweil, 1990). Out of any doubt, we are already traveling down this path where AI is found into more and more products every day. That is clearly a double-edged sword. In an interview with the British Broadcasting Corporation (BBC) in December 2014, and citing work done by the Future of Humanity Institute, Stephen Hawking warned that dismissing the dangers of advanced AI could be the "worst mistake in history". In that opportunity, he gave his first statement about AI technology saying that "if you try to create a thinking machine, then it will pose a threat to our existence". He also said that the result of an intelligence explosion could "outsmart financial markets, out-manipulate human leaders, and develop weapons we cannot even understand".[27]

On the other side, and while Stephen Hawking was warning against the existential dangers of fusing both AI and biology, Elon Musk has founded Neuralink,[28] a new startup aimed at achieving just this.[29] Can one be imaging the result of applying AI associated to quantum technologies? In several areas, including National Defense, not knowing or ignoring the technological applications of these possibilities is of a unique strategic gravity. We consider that the broad and correct politics of ST&I diplomacy are, maybe, the best way to guarantee the correct application of all these remarkable areas and their relationship with military technologies to keep the future mankind enough safe.

---

26. Raymond Kurzweil is considered the father of the concept of exponential growing in all parameters of our civilization. He is an American futurist and inventor who has been involved in fields such as optical character recognition (OCR), text-to-speech synthesis, speech recognition technology, and electronic keyboard instruments. As a successful writer, he has written books on health, AI, transhumanism, the technological singularity, and futurism. He advocate for the futurist and transhumanist movements and gives public talks to share his optimistic outlook on life extension technologies and the future of nanotechnology, robotics, and biotechnology. Kurzweil received the 1999 National Medal of Technology and Innovation, the United States' highest honor in technology, from President Clinton in a White House ceremony. Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_Kurzweil>.

27. Available at: <https://bbc.in/3np3yx2>.

28. Available at: <https://neuralink.com>. Accessed on: Sept., 2021.

29. This startup will strive to develop a neural lace connecting the human brain and A.I. Musk's reasoning is that humans need to find a way to keep up with and control AI-capable machines. In Canada, the University of Toronto recently announced its advanced research and development in AI through the Vector Institute. Also, the Perimeter Institute as well as the Institute for Quantum Computing at the University of Waterloo are doing the same. The list of others around the world involved in the race to develop this technology is growing fast. Large corporations like Amazon, Google, Microsoft and IBM are already rapidly amassing most of recorded human knowledge in massive cloud data storage centers and moving ahead on AI as well. These repositories of what is known as Big Data, using the vehicle of the internet, will become the neural centers of the interconnected national and global systems, whose secure functioning will become vital to our future. They could also become our biggest problem, as Stephen Hawking said. In other words, our Achilles' heel.

REFERENCES

BUCHHOLZ, S. et al. **The realist's guide to quantum technology and national security**: what nontechnical government leaders can do today to be ready for tomorrow's quantum world. New York: Deloitte Development LLC, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3PSewbi>.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei, and particles**. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 1985.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman lectures on physics**. Reading: Addison-Wesley, 1965. v. 1-3.

KURZWEIL, R. **The age of intelligent machines**. Cambridge, United States: MIT Press, 1990.

LEIJTEN, J. Exploring the future of innovation diplomacy. **European Journal of Futures Research**, v. 5, n. 20, 2017. Retrieved Sept. 2021, from: <https://bit.ly/3z4Ok7n>.

MERZBACHER, E. **Quantum mechanics**. New York: Wiley, John and Sons, 1998.

RAHIMI, F. S. et al. Viral outbreaks of SARS-CoV1, SARS-CoV2, MERS-CoV, Influenza H1N1, and Ebola in 21st century: a comparative review of the pathogenesis and clinical characteristics. **School of Medicine Students' Journal**, v. 2, n. 3, p. 1-8, 2020. Retrieved from: <10.22037/smsj.v2i3.30455>.

RASHICA, V. The benefits and risks of digital diplomacy. **SEEU Review**, v. 13, n. 1, 2019. Retrieved Sept. 2021, from: <https://bit.ly/3amm4CK>.

ACKNOWLEDGEMENTS

Nadja F. G. Serrano acknowledges financial support from Brazilian agency Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

A VINGANÇA DE PROMETEU: CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E A RECONFIGURAÇÃO DO PODER INTERNACIONAL NO SÉCULO XXI

Luis Fernandes[1]
Ana Saggioro Garcia[2]
Samuel Rufino de Carvalho[3]
Lúcia H. T. Viegas[4]

Este artigo examina a reconfiguração do poder internacional desde o fim da Guerra Fria, incorporando dimensões cruciais de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Acompanhamos a evolução das posições relativas ocupadas por Estados Unidos, União Europeia (UE), China, Japão, Índia, Rússia, Brasil e Coreia do Sul na economia global entre 1990 e 2020 em três dimensões: dinamismo produtivo – medido por participação relativa no produto interno bruto (PIB) mundial calculado por paridade de poder de compra (PPC); dinamismo científico e tecnológico – medido por participação relativa na autoria de artigos publicados em revistas internacionais indexadas; e dinamismo de inovação – medido por participação relativa no registro de patentes no mundo. Para medir e avaliar as mudanças estruturais em curso, adaptamos os índices de Rae e Taylor e de Laakso e Taagepera, comumente usados para aferir graus de fragmentação em sistemas políticos, elaborar índices de concentração/dispersão de poder relativo em cada dimensão e indicar o número e a composição de "potências relativas" no seu âmbito. Os resultados evidenciam a erosão do poder relativo das "potências tradicionais" (Estados Unidos, Europa e Japão), a ascensão acelerada da China e a emergência de novas "potências relevantes" (com destaque para a Índia e a Coreia do Sul), mas com graus diferenciados de difusão/concentração conforme a dimensão considerada. Reforçam a compreensão de que capacidades nacionais em CT&I se tornaram um vetor central da reconfiguração do poder mundial.

Palavras-chave: ciência, tecnologia e inovação; desenvolvimento desigual; poder internacional; patentes.

THE REVENGE OF PROMETHEUS: SCIENCE, TECHNOLOGY, INNOVATION AND THE RECONFIGURATION OF INTERNATIONAL POWER IN THE 21ST CENTURY

This article analyzes the reconfiguration of international power since the end of the Cold War by incorporating crucial dimensions of science, technology and innovation (ST&I). We track the evolution of relative positions occupied by the United States, the European Union, China, Japan, India, Russia, Brazil, and South Korea in the global economy between 1990 and 2020 in three dimensions: production dynamism (measured by relative share in world GDP calculated by Purchasing Power Parity), scientific and technological dynamism (measured by relative share

1. Professor e atual diretor do Instituto de Relações Internacionais (IRI) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio); e professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

2. Professora adjunta do IRI/Puc-Rio. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4106-5989>. *E-mail*: <anasaggioro@puc-rio.br>.

3. Doutorando em relações internacionais pela PUC-Rio. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0146-9658>. *E-mail*: <samuelrc15@gmail.com>.

4. Doutora em ciências em gestão e inovação tecnológica pela Escola de Química (EQ) da UFRJ. Orcid: <0000-0002-5037-6191>. *E-mail*: <lhviegas25@gmail.com>.

in authorship of articles published in indexed international journals), and innovation dynamism (measured by relative share in world patent registration). To measure and evaluate the structural changes in progress, we adapted the Rae and Taylor as well as the Laakso and Taagepera indexes, commonly used to assess fragmentation degrees in political systems, to elaborate relative power concentration/dispersion indexes in each dimension and indicate the number and composition of "relative powers" within them. The results show the erosion of relative power of the "traditional powers" (United States, Europe and Japan), the accelerated Chinese ascension and the emergence of new "relevant powers" (especially India and South Korea), but with different diffusion/concentration degrees according to the dimension considered. They reinforce the understanding that national capacities in ST&I have become a central vector in the reconfiguration of world power.

Keywords: science, technology and innovation; uneven development; international power; patents.

LA VENGANZA DE PROMETEO: CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y LA RECONFIGURACIÓN DEL PODER INTERNACIONAL EN EL SIGLO XXI

Este artículo examina la reconfiguración del poder internacional desde el final de la Guerra Fría incorporando dimensiones cruciales de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI). Seguimos la evolución de las posiciones relativas que ocupan Estados Unidos, la Unión Europea, China, Japón, India, Rusia, Brasil y Corea del Sur en la economía mundial entre 1990 y 2020 en tres dimensiones: el dinamismo productivo (medido por la cuota relativa en el PIB mundial calculada por la Paridad de Poder Adquisitivo), el dinamismo científico y tecnológico (medido por la cuota relativa en la autoría de artículos publicados en revistas internacionales indexadas) y el dinamismo de la innovación (medido por la cuota relativa en el registro mundial de patentes). Para medir y evaluar los cambios estructurales en curso, adaptamos los índices de Rae y Taylor y de Laakso y Taagepera, comúnmente utilizados para evaluar los grados de fragmentación de los sistemas políticos, para elaborar índices de concentración/dispersión del poder relativo en cada dimensión e indicar el número y la composición de los "poderes relativos" dentro de ellos. Los resultados muestran la erosión del poder relativo de las "potencias tradicionales" (Estados Unidos, Europa y Japón), el ascenso acelerado de China y la aparición de nuevas "potencias relevantes" (especialmente India y Corea del Sur), pero con diferentes grados de difusión/concentración según la dimensión considerada. Refuerzan la idea de que las capacidades nacionales en CTI se han convertido en un vector central en la reconfiguración del poder mundial.

Palabras clave: ciencia, tecnología e innovación; desarrollo desigual; poder internacional; patentes.

JEL: O1; O3; F5; F6.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art2

Data de envio do artigo: 26/1/2022. Data de aceite: 10/3/2022.

1 INTRODUÇÃO

Desde o fim da Guerra Fria, com a dissolução do antigo "bloco soviético" e o próprio desmantelamento da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) há três décadas, o mundo vive um profundo e acelerado processo de reconfiguração das relações de poder no sistema internacional. Contrariando os prognósticos dominantes nos anos 1990 (Fukuyama, 1992; Negri e Hardt, 2001; Wohlforth, 1999), as mudanças deflagradas não consolidaram uma Nova Ordem Mundial unipolar sob liderança inconteste dos Estados Unidos.[5] Pelo contrário, tornou-se quase senso comum, na última década, a compreensão de que as mudanças estruturais em curso na economia mundial se caracterizam, precisamente, pelo declínio relativo de poder das potências capitalistas "tradicionais" que ocupavam posições de amplo predomínio sistêmico no século XX (Estados Unidos, Europa Ocidental e Japão) e pela ascensão da China como novo centro de dinamismo produtivo global.

Este artigo examina as mudanças estruturais em curso a partir da evolução das posições relativas ocupadas por países e/ou regiões ao longo das três últimas décadas em três dimensões cruciais da economia política internacional (EPI): a do dinamismo produtivo – medido por participação relativa no produto interno bruto (PIB) mundial calculado por paridade de poder de compra (PPC); a do dinamismo científico e tecnológico – medido por participação relativa na autoria de artigos publicados em revistas internacionais indexadas; e a do dinamismo de inovação – medido por participação relativa na geração de patentes no mundo. A escolha dessas dimensões justifica-se pelo papel cada vez mais central desempenhado pelo conhecimento científico e tecnológico nos processos de geração de riqueza e agregação de valor na economia global a partir da Revolução Científico-Tecnológica (Richta, 1972) operada na segunda metade do século XX e os seus desdobramentos nos novos paradigmas produtivos e tecnológicos do século XXI. Os indicadores usados são "brutos" e limitados para uma compreensão mais detalhada, abrangente e profunda das transformações em curso. Mas utilizados de forma comparada e diacrônica, eles nos fornecem bases empíricas para identificar as tendências predominantes de mudança na correlação de forças no sistema internacional.

Para isso, selecionamos os seguintes países e região para a análise: Estados Unidos, Europa, China, Japão, Índia, Rússia, Brasil e Coreia do Sul. A escolha desses países deu-se pelo grau de importância na economia global, sendo os Estados Unidos, a Europa e o Japão representantes do que chamamos de "potências tradicionais"; e a China, a Índia, a Rússia, a Coreia do Sul e o Brasil, países em

5. Joseph Nye incorporou a liderança tecnológica das empresas dos Estados Unidos ao seu conceito de *soft power* para polemizar com os estudiosos que apontavam a perspectiva de declínio relativo do poder dos Estados Unidos no sistema internacional na virada do século (Nye, 2004).

desenvolvimento com economias emergentes ou de renda média.[6] Optamos por agrupar os países europeus membros da União Europeia (UE) em uma única unidade de análise, dado o seu grau de integração econômica e o peso de políticas e instituições econômicas comunitárias (transnacionais) no interior do bloco.[7] Nossa análise abrange as últimas três décadas com recortes anuais em 1990, 2000, 2010 e 2020, englobando, assim, o período de transição do imediato pós-Guerra Fria até os dias atuais.

Para medir a concentração/dispersão relativa de poder em cada dimensão, adaptamos os índices de Rae e Taylor (1970) e de Laakso e Taagepera (1973), comumente usados para medir graus de fragmentação em sistemas partidários e o número de "partidos efetivos" em sistemas de representação multipartidários. Com base neles, elaboramos um índice de concentração/dispersão em cada umas das três dimensões de EPI analisadas e acompanhamos a sua evolução ao longo do período, bem como o número e a composição das "potências relevantes" (análoga à de "partidos efetivos" nos sistemas partidários). Os resultados desses levantamentos evidenciam uma significativa e profunda reconfiguração dos pesos relativos dos países nas três dimensões destacadas, mas com graus diferenciados de difusão/concentração conforme a dimensão. Na conclusão, discutimos as implicações dos dados levantados para a formatação de políticas públicas promotoras de desenvolvimento científico e tecnológico e estruturadoras de sistemas nacionais de inovação em países de renda média como o Brasil.

O título deste artigo faz referência ao mito clássico de Prometeu, punido de forma cruel por Zeus por ter rompido o monopólio divino sobre o conhecimento do fogo. Ao repassar esse conhecimento para "simples mortais", Prometeu conferiu à humanidade a capacidade de conhecer e transformar o mundo. A "vingança de Prometeu", no caso, faz referência à capacidade revelada pelos novos polos em ascensão na economia global para enfrentar e superar assimetrias estruturais no domínio do conhecimento do "fogo" (industrial-tecnológico), reconfigurando de forma abrangente e profunda as relações de poder no mundo.

---

6. A classificação de países por níveis de riqueza e desenvolvimento é feita por organizações internacionais com base em diferentes critérios, em particular a renda *per capita* (classificação encontrada em relatórios do Banco Mundial e do Fundo Monetário Internacional – FMI) e o índice de desenvolvimento humano (usado pela Organização das Nações Unidas – ONU). As categorias de "potências tradicionais" ou "emergentes", que utilizamos neste trabalho, baseiam-se nestas classificações, bem como na relevância política dos países aqui selecionados nos espaços de decisão internacional. Agregamos a elas a categoria de "potências relevantes", em analogia à de "partidos efetivos", conforme explicaremos ao longo do trabalho. Nas tabelas 1, 2, 3 e 4 encontram-se indicados os países tratados como "potências relevantes" nas três dimensões examinadas entre 1990 e 2020, bem como as "potências tradicionais" (Estados Unidos, Europa e Japão).

7. Agrupamos na classificação "Europa" os 28 países integrantes da UE antes do Brexit, ainda que a União só tenha sido formada oficialmente em 1993 e alguns países-membros só tenham aderido posteriormente.

2 OS FUNDAMENTOS DO DESENVOLVIMENTO DESIGUAL

Historicamente, as transformações tecnológicas tiveram impacto significativo na política mundial, induzindo estratégias militares (como a nuclear) e transformando cadeias produtivas de comércio e investimentos (Mazzucato, 2014). No entanto, a atenção dada a ciência e tecnologia na disciplina de relações internacionais permaneceu relativamente restrita (Mayer, Carpes e Knoblich, 2014). Comungamos da compreensão formulada pelo historiador da ciência, Melvin Kranzberg (*apud* Fritsch, 2014), de que tecnologias não são, a princípio, nem boas, nem ruins, mas também não são neutras: elas dependem de valores, preferências e interesses. Essa compreensão, por sinal, esteve presente nos debates latino-americanos sobre dependência e desenvolvimento na segunda metade do século passado (Santos, 1983; Furtado, 2009), que serviram de inspiração para a criação da área de EPI no estudo acadêmico das relações internacionais nos países anglo-saxões.

Para uma pioneira e expoente desses estudos de EPI, Susan Strange, as tecnologias integram o que chama de "poder estrutural", composto pela capacidade dos países de produção, detenção e distribuição de conhecimento, ao lado da capacidade industrial, militar e financeira (Strange, 1994). Para a autora, o poder estrutural molda e determina as estruturas da EPI, dentro das quais outros Estados, suas instituições políticas, suas empresas e seus cientistas operam. Assim, quem for capaz de desenvolver, adquirir ou negar acesso a um tipo de conhecimento procurado por outros, e quem puder controlar os canais pelos quais o conhecimento é comunicado, exerce um tipo muito especial de poder estrutural.

As análises de Dreifuss (1998) mostram "corporações estratégicas" com os "tecnobergs"[8] subjacentes e os Estados nacionais como protagonistas principais das dinâmicas tecnológica, econômica, social e política contemporâneas. Corporações estratégicas são empresas que se estruturam para manter a capacidade de inovação, capazes de embutir os seus trunfos – as facilidades intangíveis de produção para geração de riqueza material, bem como as suas descobertas, invenções e inovações, nos processos produtivos e nos produtos finais de um grande número de sistemas controlados por outros agentes. Tais corporações podem não dispor de matéria-prima, mas sabem o que fazer com ela; podem não ter as instalações produtivas, mas sabem fazê-las funcionar melhor. "Tecnobergs"

8. Acrônimo de "*T*eleinfocomputrônica satelital" – tecnologias de comunicação e informação, incluindo a "articulação de saberes e potenciais de pesquisa e análise, como aqueles contidos na elaboração de um *grid*" (p. 37); "*E*ngenharia de novas concepções" – engloba sínteses de biomateriais, materiais inteligentes, combinações de processos orgânicos e inorgânicos, entre outros; "*C*ognição" – "incluindo o conjunto gnosetecnológico de apreensão e de um manejo da realidade real e virtual, (...), aplicado ao aprendizado, planejamento, desenho, desenvolvimento e adestramento para a produção, aos assuntos militares e de gestão societária, dentro e fora dos limites nacionais, e à criação de ambientes perceptivos e experimentais com texto e animação" (p. 38-39); "*N*anotecnologia" – para a busca e armazenamento de informações sobre o corpo humano e seu contexto e de dados pessoais; "*O*ptoeletrônica" – incluindo os *neurochips*; "*B*iotecnologia" – incluindo bioinformática, biorrobótica, conexões com novos materiais, medicamentos inteligentes, próteses; "*E*nergias alternativas e novas"; "*R*obótica"; "*G*enômica"; e "*S*erviços inteligentes" (Dreifuss, 2004).

(termo cunhado por René Dreifuss) ou "montanhas tecnológicas" referem-se ao conjunto entrelaçado de conhecimento e tecnologias inovadoras que sustenta e é sustentado pelas corporações estratégicas.

Ao controlar os canais pelos quais o conhecimento é gerado e comunicado, a atuação das corporações estratégicas destacadas por Dreifuss (1998) materializa o "poder estrutural" no sistema internacional teorizado por Susan Strange, sobretudo no que concerne ao papel das tecnologias na estrutura do conhecimento global. É importante observar, porém, que a atuação global dessas corporações para conquistar e preservar mercados se dá de forma absolutamente entrelaçada com seus Estados de origem. No contexto da Revolução Científico-Tecnológica, Santos (1983) destacou que os Estados passaram a financiar direta e pesadamente os investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) das corporações estratégicas (via crédito ou subvenção econômica) nos países centrais, a fim de alavancar a sua produtividade e competitividade global. Já Mazzucato (2014) revela como investimentos do governo dos Estados Unidos (a maior parte na forma de subvenção econômica fornecida pelo Departamento de Defesa, via a agência especializada Defense Advanced Research Projects Agency – Darpa) estiveram na origem de todas as rupturas tecnológicas que conformaram a atual "economia do conhecimento", sobretudo na área de tecnologia da informação e comunicação (TIC).

Ao longo da era moderna, as potências tradicionais fizeram uso de diferentes políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) de modo a alavancar seus processos de industrialização e alcançar níveis cada vez mais altos de desenvolvimento industrial e tecnológico (Chang, 2002; Gilpin, 1987; Haley e Haley, 2013; Malik, 2012). Isso resultou em uma configuração assimétrica da economia mundial: países que tomaram a dianteira na geração de novas tecnologias buscam monopolizar as atividades geradoras de maior valor agregado e evitar ou retardar sua difusão para outros, criando barreiras para impedir outras nações de fazer uso das mesmas políticas públicas de promoção industrial e tecnológica para se reposicionar na divisão internacional do trabalho constituída. Isso ocorre tanto mediante o estabelecimento aberto de barreiras à transferência tecnológica (como a proibição da aquisição de tecnologias "sensíveis" por seu potencial uso dual e risco à segurança nacional ou internacional) quanto a imposição, via poder estrutural, de normas de propriedade intelectual que prolongam os direitos de monopólio das empresas desenvolvedoras das novas tecnologias.

3 DESENVOLVIMENTO DESIGUAL E PODER NO SISTEMA INTERNACIONAL

Na atual fase do capitalismo global, a economia política do conhecimento fornece chaves cruciais para compreender as dinâmicas de concentração e difusão de

poder no sistema internacional.[9] Em chave dialética, os mecanismos desenvolvidos para consolidar e preservar as assimetrias estruturais da economia mundial acabam minando-as, abrindo caminho para movimentos que reconfiguram as relações de poder no sistema. Segundo Gilpin (1987), a erosão do dinamismo econômico das economias centrais e a ascensão de polos de crescimento em áreas da chamada "periferia" impulsionam, de forma recorrente, mudanças estruturais na economia política global.

Para compreender esse tipo de transição na economia política global, Gilpin (1987) recupera um conceito-chave formulado no âmbito do debate marxista sobre a economia política do imperialismo no início do século XX: o "desenvolvimento desigual" (Hilferding, 1985; Lenin, 2005). Na visão desses autores, a intensificação dos processos de concentração e centralização do capital teria levado à formação de um novo tipo de capital monopolista altamente concentrado: o capital financeiro. Dada a formação de um capital "excedente" em função do elevado grau de oligopolização das economias capitalistas centrais, isto teria gerado um novo impulso à internacionalização de investimentos para conquistar e preservar novos territórios econômicos de acumulação, via empréstimos bancários e investimentos diretos, ou uma combinação de ambos. Esta teria sido a base da "retomada" da expansão colonial das potências europeias no final do século XIX. Mas isto tornava a dinâmica de acumulação nas economias capitalistas centrais cada vez mais "rentista", isto é, ancorada em excedentes extraídos de processos produtivos localizados fora de suas fronteiras, em zonas periféricas ou semiperiféricas. No processo de expansão do capitalismo por todo o globo, as regiões receptoras desses investimentos ganhavam dinamismo econômico e produtivo, enquanto as economias monopolistas centrais tendiam a uma estagnação relativa.

Essa dinâmica desigual teria se intensificado com a crescente financeirização dos circuitos de acumulação na economia global a partir dos seguidos movimentos de desregulação financeira operados após o desmantelamento, há meio século, do sistema monetário internacional conformado nos acordos de Bretton Woods (Chesnais, 1996; Chesnais e Sauviat, 2005). O surgimento deste regime global de acumulação dominada pelo capital financeiro coincidiu com a

9. O conceito de "economia do conhecimento" teve origem nos estudos do economista austríaco Fritz Machlup, especificamente em um estudo publicado em 1962, que mensurava a produção e a distribuição de todos os tipos de conhecimento nos Estados Unidos. Ele se relaciona com os estudos que apontavam, desde os anos 1950, o advento de uma nova Revolução Científico-Tecnológica nas economias capitalistas centrais, e a crescente centralidade do conhecimento científico e tecnológico nos processos de agregação de valor (Richta, 1972). O conceito de economia do conhecimento adquiriu notoriedade com a publicação, em 2004, do livro *The Economics of Knowledge*, por Dominique Foray, consultor da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O livro trata do conhecimento (tácito e explícito) como um bem econômico, portanto objeto de trocas monetárias, passível de propriedade privada, regulado por critérios de lucratividade, entre outros atributos. Adicionalmente, o livro propunha a fundação de uma subárea de conhecimento ou de uma subdisciplina – a economia do conhecimento. O conceito de "economia política do conhecimento" destaca o forte entrelaçamento entre economia (mercado) e política (Estado) no processo, na chave teórica desenvolvida por Susan Strange e Robert Gilpin, entre outros.

consolidação dos padrões produtivos e tecnológicos associados à nova sociedade do conhecimento, estabelecendo uma estrutura inconsistente de incentivos contrapostos: uma orientada para a premiação de ações especulativas e rentistas em mercados financeiros desregulados e buscando proteção (*hedge*) em mercados de títulos públicos; e outra promovendo a inovação produtiva como base da acumulação. Neste contexto, como observa Serfati (2008), a apropriação de valor pelas grandes empresas transnacionais (as corporações estratégicas apontadas por René Dreifuss) se desloca cada vez mais para possibilidades de acumulação geradas pela especulação nos novos mercados financeiros, em detrimento de atividades produtivas diretas e do investimento em P&D para promover rupturas tecnológicas mais profundas. Em outras palavras, a intensificação dos processos de financeirização constrange e tolhe a dinâmica da inovação.

Embora recupere o conceito de desenvolvimento desigual formulado por autores marxistas, Gilpin (1987) fornece uma explicação distinta (embora não necessariamente antagônica) para o fenômeno. Na sua visão, toda economia é uma estrutura hierárquica composta por um centro (ou alguns centros) dominante e uma periferia dependente. O desenvolvimento desigual é fruto de dois processos opostos: de um lado, há o efeito de polarização do capital, da indústria e das atividades econômicas no centro; de outro, há a tendência para a difusão dessas atividades e da riqueza do centro para a periferia, gerando novos pontos nodais no sistema. Na esfera internacional, esses processos de concentração e difusão têm implicações políticas profundas.

A vantagem inicial do centro sobre a periferia é sua superioridade técnica e organizacional. A inovação e a capacidade da indústria geram mais eficiência, maior lucro e acumulação de capital, levando a um rápido crescimento do centro. Entretanto, ao longo do tempo, a taxa de crescimento do centro tende a desacelerar, e a alocação de atividades econômicas tende a ser difundida para novos polos de crescimento na periferia, reconfigurando econômica e socialmente alguns países. Nesse processo de difusão, a periferia goza do que Gerschenkron (1962) chamou de "vantagens do atraso": alguns países iniciam sua industrialização utilizando as técnicas mais atuais e eficientes, assim como as lições aprendidas pelas economias avançadas. Consequentemente, novos centros industriais se formam na periferia.

Notoriamente, a difusão e o processo de crescimento da periferia não se dão de forma fluida e igual para todos. É necessário um esforço *político* para desenvolver indústrias viáveis, e um Estado forte que possa se equiparar e compensar as forças de mercado que tendem a concentrar riqueza, atividades econômicas e poder no centro (Gilpin, 1987, p. 96). Assim, a difusão desigual acaba gerando novas divisões dentro da periferia. Essas áreas ou países se diferenciam dos demais, tornando-se novos polos de crescimento com capacidades próprias, podendo transformar-se em um centro para um novo ciclo de difusão de crescimento econômico, gerando um novo efeito de polarização.

Nesse sentido, a produção e a retenção de conhecimento e tecnologia são impulsores de assimetrias entre centro e periferia, e dentro da própria periferia. Quando o efeito de polarização começa a dar lugar ao de difusão, gerando maior pressão competitiva nos países centrais, estes tendem a fazer uso de medidas protecionistas para desacelerar ou mesmo deter a ascensão de novos polos de riqueza. Nesta fase, o liberalismo seletivo dos países centrais cede lugar ao nacionalismo e ao protecionismo no sistema internacional.

Chang (2002) demonstra que, em seus períodos iniciais de industrialização, os países hoje avançados usaram ativamente políticas industriais, comerciais e tecnológicas para promover a indústria nascente. Ao alcançarem certo nível de desenvolvimento econômico, esses mesmos países cobram políticas e procuram impor medidas econômicas sobre os menos desenvolvidos que eles mesmos não adotaram quando se encontravam em estágio histórico equivalente. Referenciado nas reflexões de Friedrich List no século XIX, Chang (2002) afirma que aqueles que usaram amplamente medidas restritivas e protecionistas em seu desenvolvimento histórico hoje defendem o livre-comércio ante os países menos desenvolvidos e acabam "chutando a escada" (List, 1985, p. 249) pela qual subiram.

O padrão histórico mostra, desde a Inglaterra do século XIX até a Coreia do Sul no final do século XX, que o desenvolvimento econômico bem-sucedido é viabilizado por meio de políticas públicas de fomento e proteção das indústrias nascentes. Os instrumentos políticos vão além da proteção tarifária, e envolvem subsídios à exportação, redução das tarifas de insumos usados para a exportação, concessão do direito de monopólio, acordos para a cartelização, créditos diretos, planejamento de investimentos, planejamento de recursos humanos, apoio a P&D e promoção de instituições que viabilizassem parcerias público-privadas (Chang, 2002).

Nesse contexto, Strange (1994) considera que a competição entre os Estados se tornou, cada vez mais, uma competição pela liderança na estrutura do conhecimento, gerando uma crescente assimetria entre os países como autoridades políticas na aquisição do conhecimento e no acesso a ele. Embora cada um dos principais avanços técnicos do século XIX – as tecnologias de telégrafo, ferrovia e rádio – tenha sido inicialmente desenvolvido para atender aos interesses dos negócios e das finanças, sua consequência cumulativa foi o aumento de poder do Estado. Assim, novas tecnologias serviram para expandir tanto o mercado quanto o poder das nações (Strange, 1994, p. 125-126). Em consequência, às categorias clássicas de poder – como a capacidade militar – estão sendo agregadas novas categorias para medir o poder dos Estados na "sociedade do conhecimento" – padrões produtivos e tecnológicos, produção científica, patentes, dimensão e capacidade das redes de comunicação e níveis de interconectividade, entre outras (Fritsch, 2014).

4 CT&I COMO DETERMINANTE DA RECONFIGURAÇÃO DAS RELAÇÕES DE PODER NO MUNDO

Na segunda metade do século XX, a superioridade tecnológica dos Estados Unidos era incontestável (embora ameaçada, temporariamente, pela URSS em algumas áreas da indústria aeroespacial com forte conexão militar). O país praticava um recrutamento de cientistas em todo o mundo com o intuito de trabalhar para sua segurança. Ainda, as mudanças tecnológicas na estrutura do conhecimento tiveram impacto sobre a estrutura de produção, centrando o poder nas grandes corporações transnacionais. Essas empresas estavam predominantemente sediadas nos Estados Unidos, mas a importância de vender em um mercado global significou que mesmo aquelas com sede em outros lugares – Europa, Japão, Coreia do Sul – não conseguissem prescindir de vender no mercado estadunidense. Como observou Susan Strange à época, "as mudanças tecnológicas levaram a uma maior concentração de poder em *um* Estado"[10] (Strange, 1994, p. 133, grifo nosso).

Ao longo das três últimas décadas, alguns países em desenvolvimento conseguiram romper parcialmente esse monopólio relativo de poder dos Estados Unidos e de outras potências centrais na economia global. Coreia do Sul, Índia e, mais notadamente, China absorveram a difusão de atividades industriais e tecnológicas com capacidade política e econômica diferenciada em relação aos demais países em desenvolvimento. Esse processo de difusão gera maior pressão competitiva nas economias centrais, que buscam deter ou diminuir o ritmo da difusão por meio de políticas protecionistas. São exemplos disso a intensificação de normas restritivas no regime internacional de propriedade intelectual, no âmbito da Organização Mundial do Comércio (OMC), bem como a imposição de sanções e barreiras a empresas concorrentes em áreas da fronteira tecnológica por alegadas razões de segurança ou por acusações unilaterais de envolvimento em práticas de corrupção, além do recrudescimento do protecionismo comercial aberto. Essas medidas representam constrangimentos estruturais à difusão de atividades agregadoras de valor na economia global, aos quais os países em desenvolvimento mais dinâmicos respondem com a formulação e implantação de políticas industriais, comerciais e tecnológicas ativas e o incremento de investimentos nos seus respectivos sistemas nacionais de inovação.

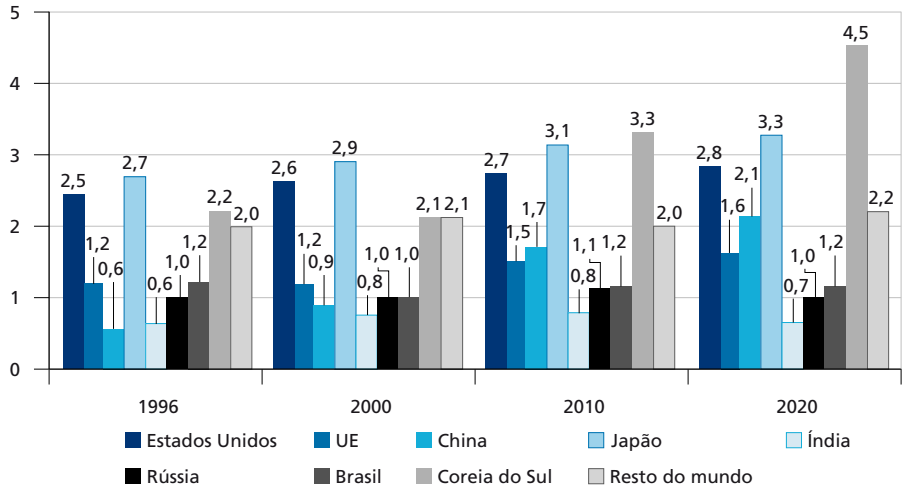
Esse esforço se materializa na elevação substantiva dos investimentos em P&D em países como a China e a Coreia do Sul ao longo das últimas décadas. O gráfico 1 mostra, de forma comparada, a evolução destes investimentos em relação ao PIB do conjunto selecionado de países, de 1996 até 2020.[11] De modo geral, esses países apresentaram uma média de gastos com P&D estável ao longo do

10. "*In short, the technological changes have led to a greater concentration of power in one state*".

11. O recorte temporal inicia-se em 1996 porque o Banco Mundial não fornece dados para anos anteriores. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.

período: Japão (3,1%), Estados Unidos (2,6%), UE (1,4%), Brasil (1,2%), Rússia (1,0%) e Índia (0,7%). Os destaques são, em primeiro lugar, a Coreia do Sul, que ultrapassou 3,5% em todos os anos, chegando a 4,5% do PIB investido em P&D em 2020; além da China, que mais do que triplicou os investimentos em P&D em relação ao seu PIB, passando de 0,6% em 1996 para 2,1% em 2020.

GRÁFICO 1
Investimentos em P&D
(Em % do PIB)



Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.
Elaboração dos autores.

No período em questão, a China tem buscado viabilizar o desenvolvimento de setores considerados estratégicos, objetivando mudar sua posição relativa na divisão internacional do trabalho por meio da promoção da inovação nacional. No âmbito da trajetória, a China estruturou um robusto sistema nacional de inovação para acelerar a disseminação do progresso técnico na sua economia, com base em algumas características e proposições fundamentais:

- o grosso das atividades de P&D foi deslocado das instituições de pesquisa científica para as empresas;
- a inovação endógena passou a ser predominante, reduzindo o grau de dependência da sua economia em relação a inovações importadas;
- as atividades de inovação foram expandidas para um conjunto ampliado de empresas públicas e privadas, para além das empresas estatais; e
- as decisões de investimento passaram a ser regidas pelo objetivo da promoção da inovação, em vez de vantagens de custo imediatas (Ping, 2013).

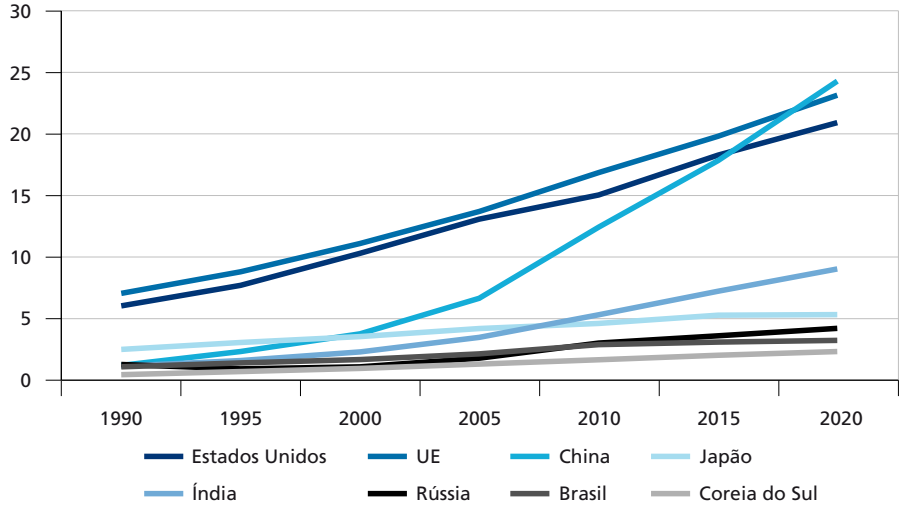
Haley e Haley (2013) ressaltam que o governo chinês concebeu e implementou um abrangente e complexo plano nacional de iniciativas, ações e regulamentações, orientado para a "inovação endógena", visando fomentar a produção de alta tecnologia no país. Esse sistema estava fortemente ligado ao plano de compras governamentais no âmbito dos dezesseis megaprojetos do Plano Nacional de Médio e Longo Prazo para o Desenvolvimento de Ciência e Tecnologia 2006-2020. Ao assimilar e absorver tecnologias avançadas importadas, tais projetos tinham como objetivo "desenvolver [na própria China] um conjunto de equipamentos principais e produtos-chave com direitos de propriedade intelectual" (Haley e Haley, 2013, p. 173). Em 2020, o plano foi sucedido por outro ainda mais abrangente, estruturado em 22 megaprojetos, visando garantir e consolidar a liderança científica e tecnológica global da China nas três próximas décadas. Observe-se ainda que, no âmbito desse planejamento, governos locais também subvencionam o pagamento dos custos de patenteamento de inovações desenvolvidas pelas empresas estatais chinesas.

5 O DESENVOLVIMENTO DESIGUAL DO DINAMISMO PRODUTIVO GLOBAL

Passemos, agora, a examinar os impactos das mudanças em curso sobre as posições relativas dos países nas três dimensões da EPI indicadas na introdução deste artigo, começando pela evolução da sua participação no PIB mundial medido por PPC.[12] Baseamo-nos nos dados disponibilizados pelo Banco Mundial para analisar em que medida a evolução da participação relativa dos países indicados na produção de riqueza mundial foi acompanhada da produção e retenção de conhecimento científico e tecnológico global. O gráfico 2 ilustra a evolução do PIB/PPC do conjunto de países selecionados entre 1990 e 2020 em valores absolutos.

12. A métrica da PPC – originalmente concebida pelo economista sueco Gustav Castel (*apud* Kadochnikov, 2013) e valorizada por Keynes (1992) no seu tratado sobre a reforma do sistema monetário de 1923 – procura "neutralizar" os impactos de flutuações cambiais para proporcionar uma comparação mais precisa da produtividade, crescimento e riqueza produzida em distintas economias nacionais. A mensuração do PIB por PPC não é o indicador mais apropriado para a tomada de decisões sobre comércio e investimento, mas é o indicador mais adequado para os objetivos deste trabalho: mensurar e comparar a evolução da produção de riqueza (a "dinâmica produtiva") nos distintos países no período em questão.

GRÁFICO 2
Evolução do PIB/PPC, por país
(Em US$ trilhões)



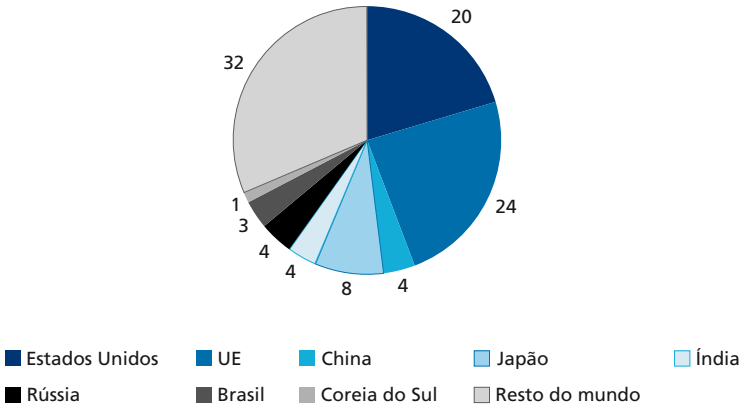
Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.
Elaboração dos autores.

O gráfico 2 revela a impressionante curva ascendente da China, que aumentou o seu PIB/PPC mais de dezoito vezes no período, passando de US$ 1,3 trilhão em 1990 para US$ 24,3 trilhões em 2020, ultrapassando a UE e os Estados Unidos. Destaca-se, também, o dinamismo das economias da Índia e da Coreia do Sul no período, que aumentaram os seus respectivos PIBs em mais de sete vezes e cinco vezes, respectivamente. Entre as potências tradicionais, com PIB já bastante elevado, os Estados Unidos e a UE aumentaram o tamanho das suas economias em cerca de três vezes e meia, taxa ligeiramente superior às das economias da Rússia e do Brasil, que enfrentaram fortes recessões no período (para além dos impactos da crise financeira global deflagrada em 2008). O Japão foi o país com o menor índice de crescimento, tendo pouco mais que dobrado o tamanho da sua economia medido por PPC entre 1990 e 2020.

A sequência dos gráficos 3, 4, 5 e 6 ilustra essa evolução por outro ângulo, mostrando a participação relativa desses países no PIB mundial medido por PPC em gráficos de pizza referentes a 1990, 2000, 2010 e 2020.

GRÁFICO 3

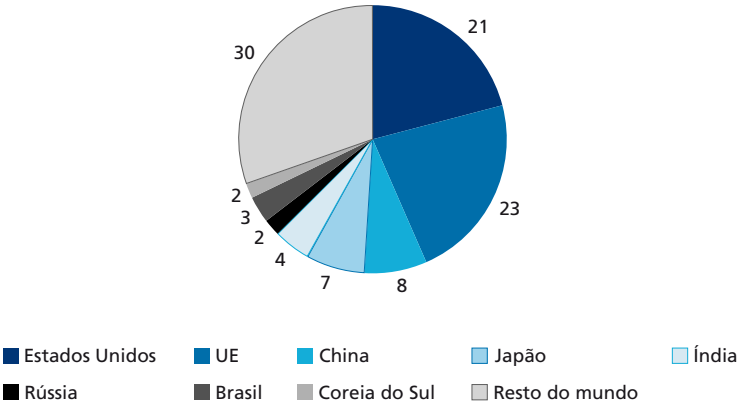
Participação no PIB mundial (PPC), por país e UE (1990)
(Em %)



Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.
Elaboração dos autores.

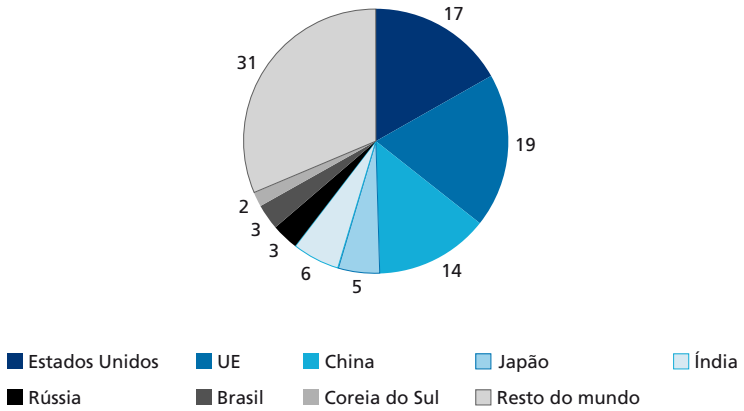
GRÁFICO 4

Participação no PIB mundial (PPC), por país e UE (2000)
(Em %)



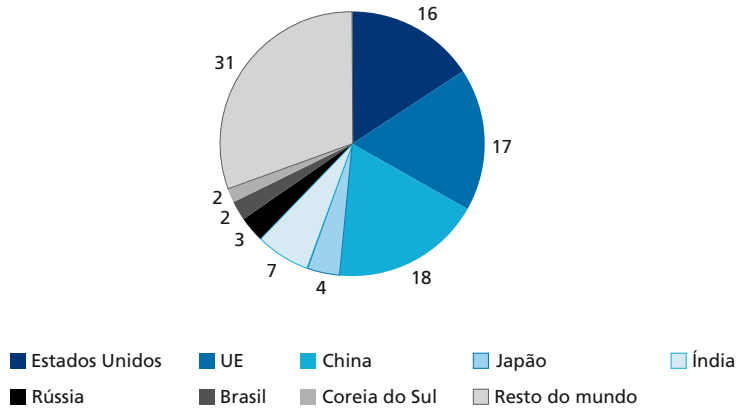
Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 5
Participação no PIB mundial (PPC), por país e UE (2010)
(Em %)



Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.
Elaboração dos autores.

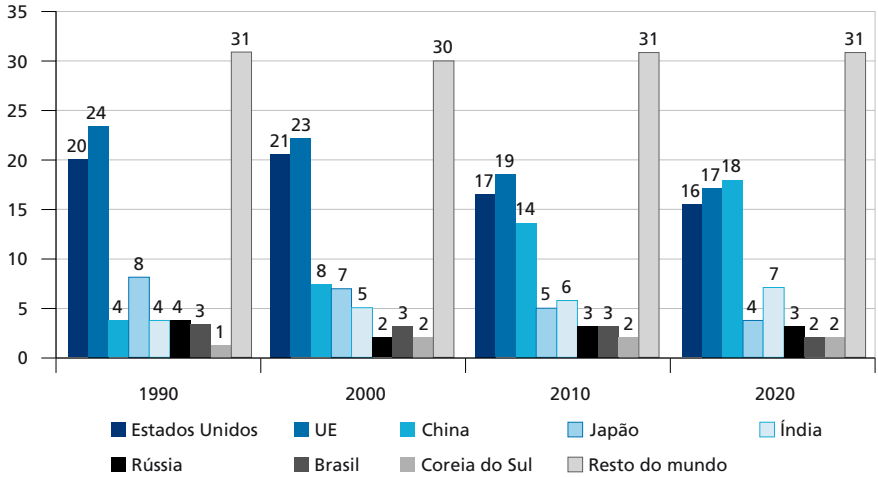
GRÁFICO 6
Participação no PIB mundial (PPC), por país e UE (2020)
(Em %)



Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.
Elaboração dos autores

Para facilitar a comparação visual, o gráfico 7 condensa a evolução da participação relativa dos países indicados no PIB/PPC mundial ao longo dos últimos trinta anos. Destaca-se a acelerada perda de peso relativo das potências tradicionais (Estados Unidos, Europa e Japão) no período, que, em conjunto, refluíram de uma participação de 52% no PIB/PPC mundial em 1990 para 37% em 2020. O Japão viu sua participação mundial cair pela metade: de 8% para 4%. A participação dos Estados Unidos caiu de 20% para 16%, e a da UE de 24% para 17%. A China "absorveu" a maior parte do peso relativo perdido pelas potências tradicionais no período, passando de uma participação de 4% no PIB/PPC mundial em 1990 para 18% em 2020, bem como a Índia, que passou de 4% em 1990 para 7% em 2020. Com uma economia e população de menor porte, a Coreia do Sul dobrou a sua participação no PIB global no período, passando de 1% para 2%. Já Rússia e Brasil refluíram 1%, passando de 4% e 3% do PIB/PPC mundial em 1990, respectivamente, para 3% e 2% em 2020.

GRÁFICO 7
Evolução da participação no PIB mundial (PPC) de 1990 a 2020, por país e UE
(Em %)



Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.
Elaboração dos autores.

Como essas transformações afetam a concentração e a composição territorial de atividades produtivas na economia global? Para dimensionar esse grau de concentração/dispersão adaptamos o indicador de "fragmentação" desenvolvido por Rae e Taylor (1970) para avaliar a concentração/dispersão do peso de partidos em sistemas eleitorais e de representação parlamentar ("índice de fragmentação partidária"). Ao selecionar um determinado número de parlamentares, o indicador é utilizado como uma forma de ilustrar a probabilidade de eles

pertencerem a partidos diferentes. O índice varia entre zero e um, em que, quanto mais próximo de um, maior a fragmentação, isto é, a probabilidade de haver políticos de partidos distintos.

Neste trabalho, o índice de Rae e Taylor foi adaptado para mensurar o grau de concentração/dispersão da distribuição de cada indicador examinado no sistema internacional. Quanto mais próximo de zero, mais concentrado estará o indicador para determinado número de países. A fórmula é a seguinte:

$$F = 1 - \left[\sum \left(\frac{x_i}{\Sigma x}\right)^2\right]$$

Em que F é o índice de concentração/dispersão ("fragmentação"); x_i é o valor do indicador para cada país (PIB, publicações e patentes); e $\sum x$ é o somatório total do indicador para a dimensão analisada.

A literatura sobre estudos partidários destaca que o índice de fragmentação não é suficiente para captar o peso relativo dos partidos. Para tanto, os estudos apoiam-se, igualmente, no indicador de "partidos efetivos" desenvolvido por Laakso e Taagepera (1973). O número de partidos efetivos mensura o peso relativo de cada partido nas eleições ou no Legislativo, destacando os que têm maior capacidade efetiva de influenciar o resultado eleitoral ou a agenda legislativa em função do tamanho relativo das suas bancadas (Nicolau, 2004). Adaptamos esse indicador para mensurar o número e a composição das "potências relevantes" em cada dimensão de EPI examinada. A fórmula correspondente é a seguinte:

$$NPR = \frac{1}{(1 - F)}$$

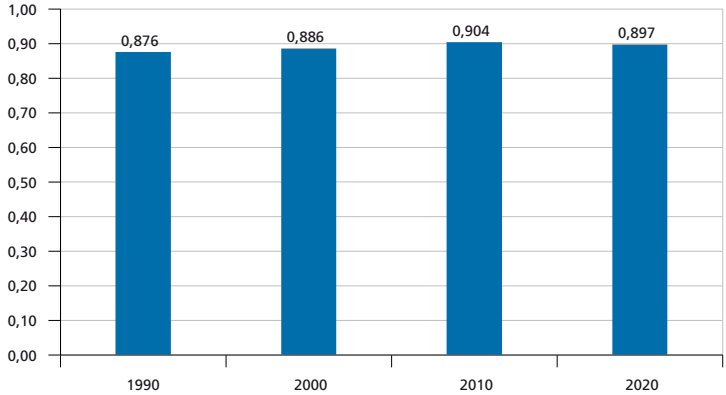
Em que *NPR* é o número de potências relevantes (partidos efetivos); e *F* é o índice de concentração/dispersão (fragmentação).

Evidentemente, quanto maior/menor for o índice de dispersão (fragmentação), maior/menor será o número de "potências relevantes" na dimensão em questão.[13] Como pode ser visto no gráfico 8, apesar das significativas mudanças operadas na participação relativa dos países no PIB/PPC mundial ao longo das últimas três décadas, houve pouca variação no índice de concentração/dispersão geral desse indicador durante o período: ele passou de 0,876 em 1990 para 0,897 em 2020. Esse índice expressa um grau de fragmentação maior do que é habitual no estudo de sistemas partidários. Isto está dentro do esperado, pois, como aponta

13. Embora convencional na literatura de ciência política, o indicador de partidos efetivos tem sido alvo de críticas metodológicas que apontam limitações na sua precisão e aplicabilidade para o exame do funcionamento de sistemas partidários "reais" (Santos, 2004). Para os propósitos deste artigo, sua adaptação serve como indicador básico para captar o rumo geral das mudanças em curso na economia global e as tendências da reconfiguração do peso relativo dos países destacados nas três dimensões examinadas.

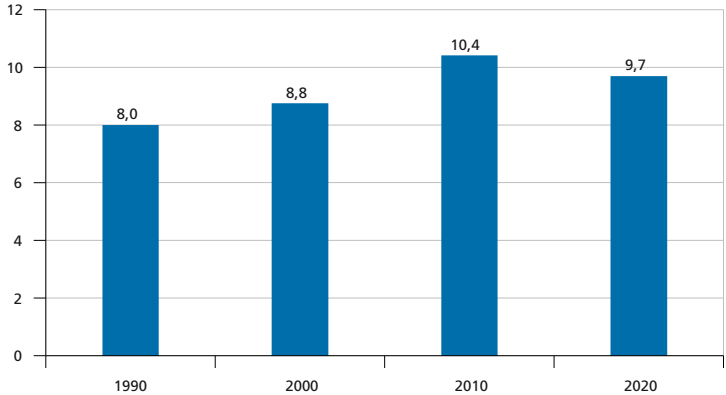
Santos (2004), o índice de fragmentação é fortemente afetado pelo número de partidos participantes do sistema de representação (no nosso caso, de países que compõem o sistema internacional). No caso da nossa análise da distribuição do PIB/PPC mundial, o sistema é composto por 188 países ("partidos") diferentes.[14]

GRÁFICO 8
Índice de concentração/dispersão do PIB mundial (PPC), por ano



Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.

GRÁFICO 9
Número de potências relevantes no PIB mundial (PPC), por ano



Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.

O caso muda de figura ao analisarmos a evolução da composição das potências relevantes identificadas na tabela 1. Seu número se altera pouco, passando de oito para dez (com a aproximação matemática dos resultados para números inteiros),

14. A UE abarca 28 países-membros (pré-Brexit), mas entra no cálculo como uma única unidade.

mas há uma alteração significativa nas posições relativas dos países. A China saiu do quinto lugar em 1990 para primeiro em 2020, ultrapassando a UE e os Estados Unidos (nessa ordem). A Índia passou da sexta posição para a quarta no período. Por sua vez, o Japão e a Rússia perderam duas posições cada (de terceiro para quinto, e de quarto para sexto, respectivamente). O Brasil e o México perderam uma posição cada (de sétimo para oitavo, e de oitavo para nono, respectivamente). A Indonésia e a Turquia entram na lista das dez potências relevantes em 2020 (em sétimo e décimo lugar). A Coreia do Sul "bate na trave" e fica em décimo primeiro, deixando de integrar a lista das dez potências relevantes desse ano.

TABELA 1
Potências relevantes no PIB mundial (PPC) (1990 e 2020)
(Em % do PIB)

NPR = 8,0	*NPR* = 9,7
1990	2020
UE (24)	China (18)
Estados Unidos (20)	UE (17)
Japão (8)	Estados Unidos (16)
Rússia (4)	Índia (7)
China (4)	Japão (4)
Índia (4)	Rússia (3)
Brasil (3)	Indonésia (2)
México (2)	Brasil (2)
	México (2)
	Turquia (2)

Fonte: World Bank. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>.

Os dados apresentados revelam que a distribuição geral das atividades produtivas na economia global manteve, no fundamental, o mesmo grau de concentração desde o fim da Guerra Fria, mas com um profundo e acelerado deslocamento territorial/nacional do lócus do dinamismo produtivo no mundo, e com a formação de novos polos de crescimento em regiões que integravam a antiga periferia do sistema. Evidenciam a articulação dialética entre processos de concentração e difusão de poder e de capacidades técnicas que caracterizam a dinâmica do desenvolvimento desigual, como discutido anteriormente. Vejamos, agora, se os indicadores de desenvolvimento científico e tecnológico acompanham e/ou reforçam essa mesma tendência, tal como exposto.

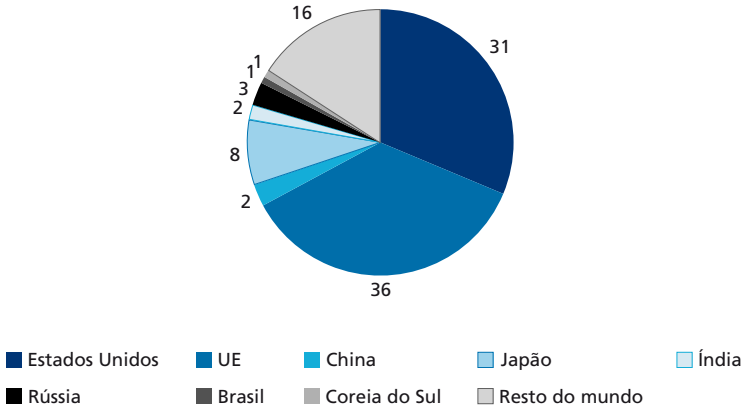
6 O DESENVOLVIMENTO DESIGUAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

O indicador comumente utilizado para medir a quantidade e a qualidade da produção científica e tecnológica é o da publicação em periódicos indexados internacionais. O número de citações localizado serve de referência para a aferição indireta tanto da validade e qualidade do conhecimento gerado pelos pesquisadores quanto dos periódicos que publicam os seus artigos. Como os demais, não se trata de indicador incontroverso.[15] Para avaliar a evolução da participação relativa dos países na produção científica e tecnológica global nos baseamos nos dados e indicadores disponibilizados pelo Scimago Journal and Country Rank (SJR), iniciativa de uma rede de instituições da Espanha a partir da base indexadora do Scopus.

Como já observado, nosso objetivo neste artigo não é apresentar uma visão detalhada e abrangente da produção científica e tecnológica global, e sim identificar as principais tendências que marcam a sua (re)distribuição nacional/territorial ao longo das três últimas décadas. Para tal é fundamental utilizar o mesmo indicador para comparar a evolução entre os anos destacados, ainda que seja um indicador bruto e aproximado. Se o cálculo do indicador parte de uma base indexadora que tende a "sobrerrepresentar" a produção científica e tecnológica das potências tradicionais (Estados Unidos, Europa e Japão), tão mais significativa se torna a identificação de uma tendência geral de dispersão dessa produção em detrimento dessas mesmas potências. E é isso, precisamente, que indica a sequência dos gráficos 10, 11, 12 e 13, que mostram a participação relativa dos países (por origem nacional de autoria) na produção mundial de artigos em periódicos indexados pelo SJR em gráficos de pizza referentes a 1996, 2000, 2010 e 2020.

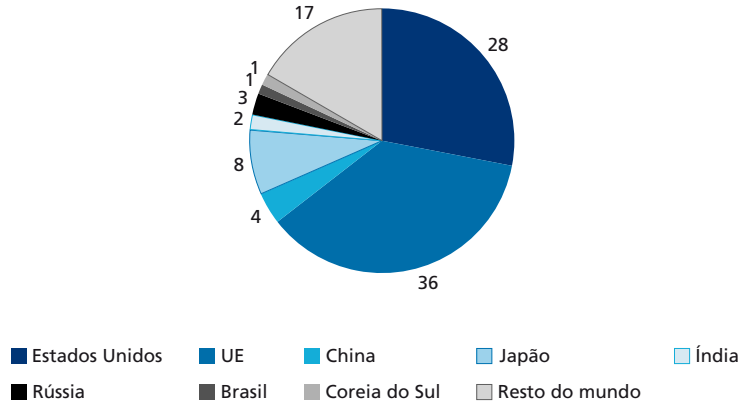
15. O "mercado" global do reconhecimento da produção científica e tecnológica é dominado por duas bases internacionais de indexação: o Scopus e o Web of Science (esta última gera os conhecidos "fatores de impacto" de revistas e artigos). As referidas bases indexadoras são mantidas por grupos econômicos que também publicam periódicos científicos que eles mesmos avaliam e ranqueiam: o grupo Elsevier, sediado na Holanda, no caso do Scopus; e o grupo Clarivate, sediado nos Estados Unidos, no caso do Web of Science (após a incorporação do grupo canadense Thompson Reuters em 2016). Isto gera inúmeros questionamentos quanto à operação de "vieses estruturantes" na montagem das referidas bases indexadoras, resultando em distorções na representação e avaliação da produção científica e tecnológica global, sobretudo em função da origem nacional/territorial dos autores e periódicos, bem como da área de conhecimento envolvida (Ramsden, 2009; Amin e Mabe, 2007; Mueller, 2006; Leta e Cruz, 2003).

GRÁFICO 10
Participação no total de publicações internacionais indexadas (SJR), por país (1996)
(Em %)



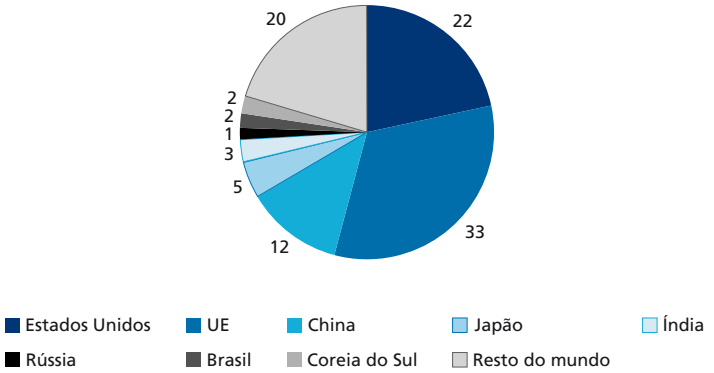
Fonte: SJR. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 11
Participação no total de publicações internacionais indexadas (SJR), por país (2000)
(Em %)



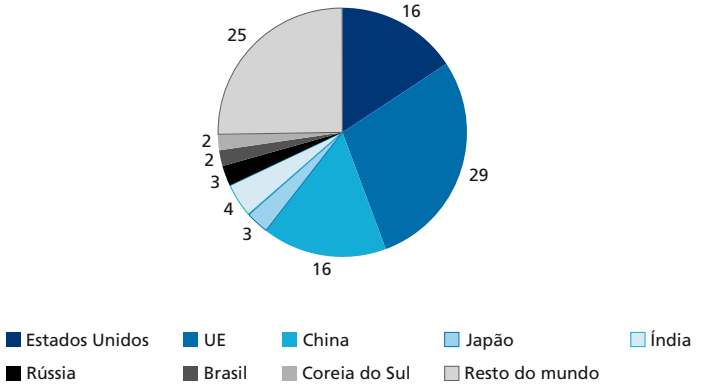
Fonte: SJR. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 12
Participação no total de publicações internacionais indexadas (SJR), por país (2010)
(Em %)



Fonte: SJR. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 13
Participação no total de publicações internacionais indexadas (SJR), por país (2020)
(Em %)

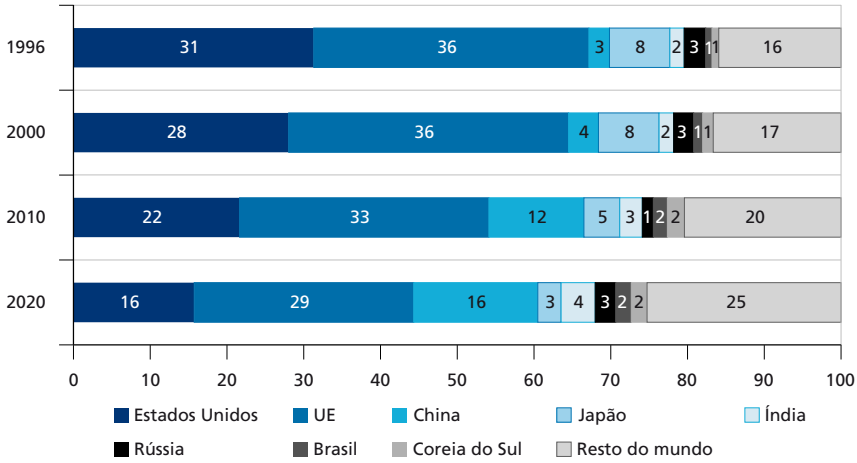


Fonte: SJR. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.
Elaboração dos autores.

Uma vez mais, para facilitar a comparação visual, os dados dos gráficos de pizza apresentados foram consolidados em um único gráfico de barras. O gráfico 14 condensa a evolução da participação relativa dos países indicados na produção científica e tecnológica mundial indexada pelo SJR entre 1996 e 2020. Assim como foi visto nos dados sobre a evolução da participação no PIB/PPC mundial, destaca-se a perda de peso relativo das potências tradicionais (Estados Unidos, Europa e Japão) no período, que, em conjunto, refluíram de uma participação de 75% na autoria dos artigos publicados em 1996 para 48% em 2020 (quase a metade).

A maior queda relativa em termos absolutos foi dos Estados Unidos, que passaram de 31% para 16% da produção científica e tecnológica global medida pelo indicador (uma queda de 15%). Mas, proporcionalmente, a maior queda foi do Japão, que passou de 8% para 3%. A UE, agrupada, manteve a maior participação no total de publicações indexadas, mas seu peso relativo refluiu de 36% para 29% no período. A China, novamente, "absorveu" parcela significativa do peso relativo perdido pelas potências tradicionais, aumentando em oito vezes a sua participação no total de publicações indexadas (passando de 3% em 1996 para 16% em 2020). A China ultrapassou os Estados Unidos e passou a ocupar a segunda posição na produção científica e tecnológica global medida pelo indicador em 2020.[16] Tomando por referência os indicadores aproximados, a Índia, o Brasil e a Coreia do Sul dobraram a sua participação relativa no total de publicações indexadas pelo SJR ao longo do período (passando de 2% para 4% no caso da Índia, e de 1% para 2% nos casos do Brasil e Coreia do Sul). Já a Rússia manteve o mesmo patamar de participação: 3%. Também é significativo o aumento da participação dos demais países (classificados como "resto do mundo" nos gráficos), que passaram de 16% das publicações indexadas pelo SJR em 1996 para 25% em 2020, um sinal de crescente desconcentração e difusão da produção científica e tecnológica global.

GRÁFICO 14
Participação no total de publicações internacionais indexadas (SJR), por país (1996, 2000, 2010 e 2020)
(Em %)



Fonte: SJR. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.
Elaboração dos autores.

16. Embora, por aproximação, ambos tenham registrado uma participação de 16% na produção científica e tecnológica global indexada pelo SJR em 2020, os autores chineses foram responsáveis por 788 mil publicações nesse ano e os estadunidenses por 766 mil.

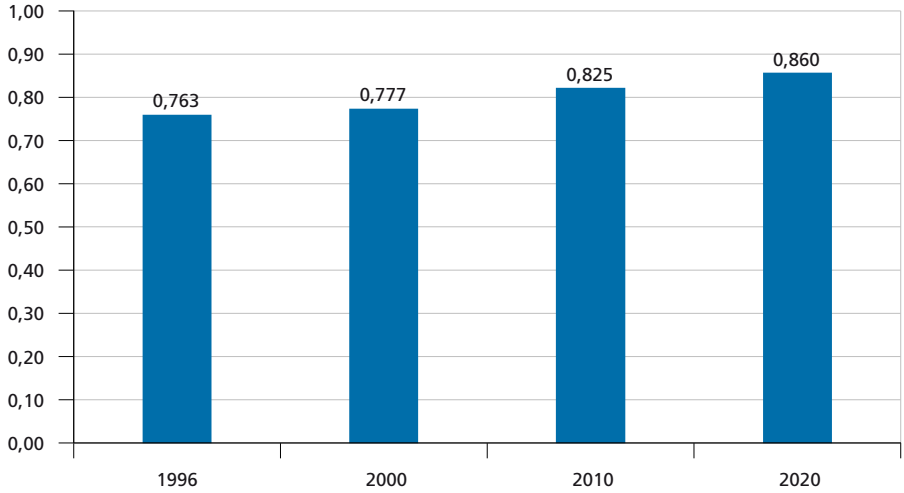
Com base nos dados SJR agregados, não é possível dimensionar em que medida a evolução apontada expressa um efetivo aumento do dinamismo dos países em desenvolvimento na produção científica e tecnológica, ou a ampliação da base de dados que ancora a elaboração do indicador. Para tal, seria necessário decompor a evolução da lista de periódicos da base de dados do SJR e examinar o seu perfil. Mas as tendências apontadas nos gráficos são consistentes com as tendências identificadas nas demais bases indexadoras internacionais, nomeadamente na Web of Science, mesmo sem terem passado pela mesma evolução na composição das suas respectivas bases (Archambault, 2010). Isto indicaria tratar-se, de fato, de uma mudança estrutural consistente em curso no mundo, e não de uma distorção estatística decorrente de eventual alteração na composição da base indexadora do SJR.

Pode ser argumentado, igualmente, que o número de publicações registrado por pesquisadores de cada país nas bases indexadoras internacionais não é um critério adequado porque não leva em consideração o aspecto qualitativo do impacto diferenciado dessas publicações, no qual as potências tradicionais manteriam um peso mais relevante. Os dados dessas mesmas bases, contudo, revelam que, com um natural lapso temporal, a distribuição relativa das citações acompanha o processo de difusão identificado nas publicações (tanto na mensuração dos fatores de impacto da Web of Science quanto das citações do SJR). Em 2016, por exemplo, a China já ultrapassava os Estados Unidos no número de publicações indexadas, bem como em citações registradas pelo SJR na área das engenharias.[17]

Vejamos, então, como evoluíram os índices de concentração/dispersão e o número de potências relevantes na produção científica e tecnológica global, já apresentados anteriormente nesta seção. Os gráficos 15 e 16 exibem a evolução dos índices de concentração/dispersão e o número de potências relevantes na dimensão examinada, de 1996 a 2020.

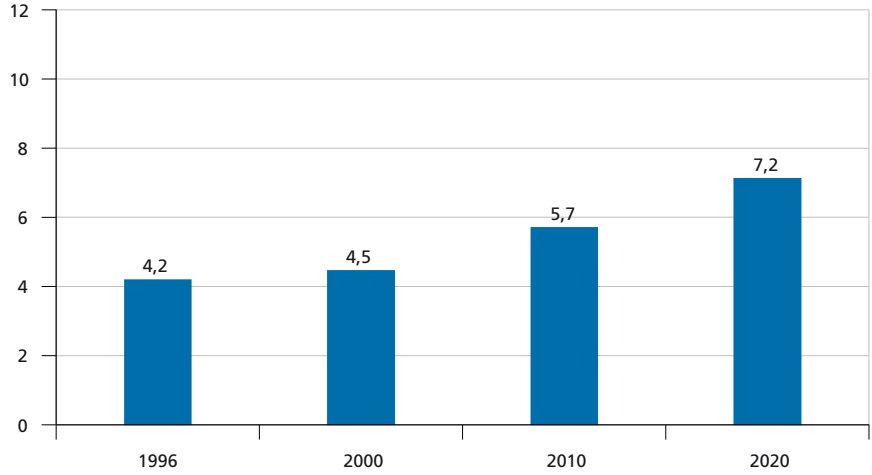
17. Os números respectivos eram de 148 mil e 85 mil no caso das publicações, e de 108 mil e 71 mil no caso das citações.

GRÁFICO 15
Índice de concentração/dispersão de publicações internacionais indexadas (SJR), por ano



Fonte: SJR. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.

GRÁFICO 16
Número de potências relevantes na produção científica e tecnológica mundial, por ano



Fonte: SJR. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.

O índice de concentração/dispersão na produção científica e tecnológica global baseado no SJR manteve um perfil mais concentrado do que registramos na participação do PIB/PPC mundial na seção anterior. Em 1996, esse índice era

de 0,763 em comparação com 0,876 para o PIB/PPC em 1990. Em parte, isto pode refletir o fato de que o número de países com publicações na base indexadora do SJR é menor que o número de países existentes no mundo. Mas o fato é que, diferentemente do PIB/PCC, a produção científica e tecnológica global sofreu um processo significativo de desconcentração entre 1996 e 2020, com o índice de dispersão (fragmentação) passando de 0,763 em 1996 para 0,860 em 2020. Este é um índice de concentração/dispersão já bem mais próximo do que foi aferido no PIB/PPC mundial no mesmo ano (0,897).

Acompanha esse processo de desconcentração o aumento do número de potências classificadas como "relevantes" na dimensão examinada, que passa de quatro para sete (com as devidas aproximações matemáticas). No caso da produção científica e tecnológica global medida pelo indicador SJR, verifica-se tanto uma ampliação significativa do número de potências relevantes quanto uma alteração nas posições relativas dos países, como pode ser visto na tabela 2.

TABELA 2
Potências relevantes na produção científica e tecnológica mundial (1996 e 2020)
(Em % das publicações)

NPR = 4,2	*NPR* = 7,2
1996	2020
UE (36)	UE (29)
Estados Unidos (31)	China (16)
Japão (8)	Estados Unidos (16)
Canadá (4)	Índia (4)
	Japão (3)
	Canadá (3)
	Rússia (3)

Fonte: SJR. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.

Quatro potências tradicionais (Estados Unidos, UE, Japão e Canadá) mantiveram-se na lista das potências relevantes em produção científica e tecnológica em 1996 e 2020. Porém, o peso dessas quatro potências refluiu de 79% das publicações indexadas pelo SJR em 1996 (quando eram as únicas potências relevantes listadas) para 51% em 2020. A China, que não constava da lista em 1990, não só entra em 2020 como ultrapassa os Estados Unidos e passa a representar 16% das publicações indexadas pelo JCR. Os dois países que ingressam na lista de potências científicas e tecnológicas globais relevantes nesse ano são a Índia (com 4% do total de publicações) e a Rússia (com 3%).

Os dados e índices apresentados revelam que, ao longo de duas décadas e meia, houve não apenas uma significativa desconcentração da produção

científica e tecnológica global, mas também um acelerado reposicionamento territorial/nacional dessa produção no mundo, com a formação de novos polos dinâmicos em regiões que integravam a antiga periferia do sistema, com destaque para a China e a Índia, e a reemergência da Rússia como potência científica relevante. Trata-se de uma evolução que aprofunda o processo de reconfiguração das relações de poder no sistema internacional no século em curso e intensifica a dinâmica de desenvolvimento desigual na economia global. Vejamos, agora, como isso se expressa nas dinâmicas de inovação no mundo.

7 O DESENVOLVIMENTO DESIGUAL DA INOVAÇÃO

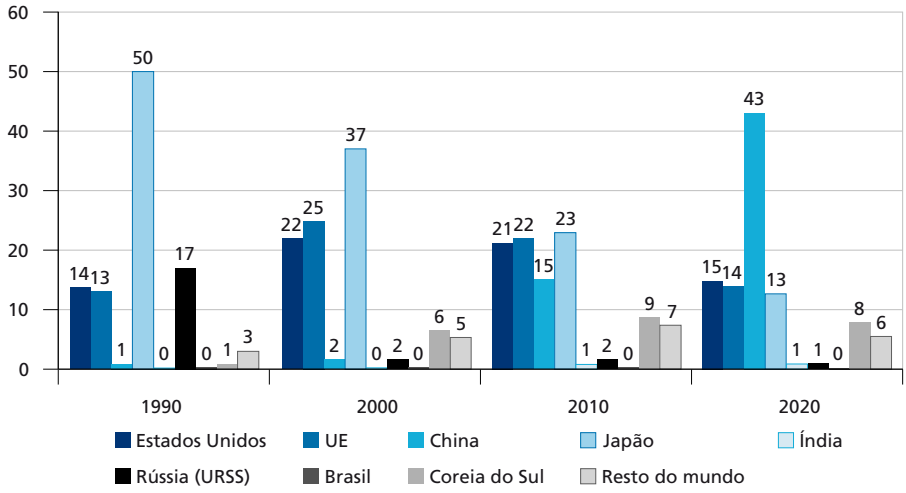
Das três dimensões de EPI examinadas neste trabalho, a da inovação é a que enseja maiores desafios para gerar um indicador que, embora bruto e/ou aproximado, permita uma comparação consistente do desempenho dos países destacados. Apesar de controverso, o indicador mais convencional usado para medir inovação é o pedido e registro de patentes.[18] A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI; em inglês, World Intellectual Property Organization – Wipo) reúne informações sobre os pedidos de patentes depositados nos escritórios nacionais, regionais e no exterior, além do total de registros concedidos a residentes e estrangeiros por esses mesmos escritórios. Para os objetivos deste trabalho, os pedidos e registros de patentes são considerados de acordo com a origem dos requerentes, de modo a indicar o desempenho inovativo de seus respectivos países. A capacidade dos diferentes escritórios nacionais e regionais para oferecer efetiva "proteção" às patentes registradas na economia global é muito diferenciada. Poucos escritórios possuem efetivo "poder estrutural" para tal, entre os quais se destaca o United States Patent and Trademark Office (USPTO) dos Estados Unidos. Por isso, embora centremos nossa análise nos dados sobre patentes consolidados pela OMPI, também examinamos os dados do USPTO a fim de avaliar se as mesmas tendências de evolução dos pesos relativos dos países nos dados compilados pela OMPI se reproduzem nos dados compilados pelo USPTO (apesar da esperada prevalência de patentes dos Estados Unidos nestes).

Ao utilizarmos o patenteamento como indicador de inovação, é necessário distinguir entre: i) um *pedido* de patente que é depositado por um requerente em um determinado escritório nacional ou regional; e ii) um *registro* de patente que

18. Diversos autores (Archibugi, 1992; Dalmarco *et al*., 2011; Dosi, Marengo e Pasquali, 2007; Gittelman, 2008; Kleinknecht e Reinders, 2012; Pavitt, 1985) questionam o uso de dados sobre patentes como indicador de inovação em sentido estrito. Argumentam que nem todas as invenções são patenteadas e/ou patenteáveis, e destacam a heterogeneidade do conteúdo e das atividades inventivas reivindicadas nas patentes. Além disso, ponderam que a maioria das patentes não é utilizada (ou seja, que podem ter baixa aplicabilidade no mercado ou expressar interesses monopolistas puramente defensivos), e que não há relação direta entre patenteamento e desenvolvimento econômico e social. Mesmo cientes dessas limitações e restrições, optamos por adotar os pedidos e registros de patentes como indicador bruto e aproximado de inovação, tanto pela disponibilidade e facilidade de acesso a esses dados quanto pela possibilidade de comparar o desempenho dos países destacados em séries temporais mais longas.

é concedido pelo escritório a um requerente, seja ele *estrangeiro* ou *residente* no mesmo país do escritório. Embora os *registros* de patentes sejam indicadores mais precisos – uma vez que nos permitem mensurar a quantidade de invenções que, em última instância, foram consideradas inovativas no contexto de um determinado território –, os *pedidos* de patentes também devem ser levados em consideração, visto que ajudam a mensurar os esforços empreendidos no sentido de inovar em cada país, a cada ano. O requerimento de patentes aumentou significativamente no mundo todo, passando de 800 mil pedidos nos anos 1980 para 3,3 milhões em 2020.[19] O gráfico 17 retrata a evolução dos pedidos de patentes nos escritórios nacionais dos países em perspectiva comparada, de 1990 a 2020.

GRÁFICO 17
Pedidos de patentes nos escritórios nacionais, por origem do requerente
(Em %)



Fonte: Wipo. Disponível em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>.
Elaboração dos autores.

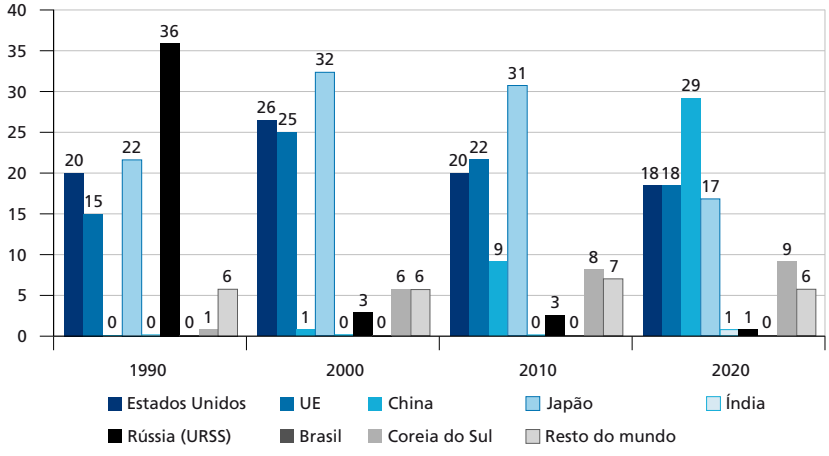
Os dados da OMPI não diferenciam a Rússia do restante da URSS nos dados sobre patentes requeridas em 1990, por isso os dados incluídos no gráfico 17 para esse ano fazem referência à URSS e não à Federação Russa (minando a comparabilidade com os dados da Rússia nos anos seguintes). Os dados sobre pedidos de patentes na URSS evidenciam, por sinal, a questão da heterogeneidade dos escritórios nacionais apontada anteriormente. Em 1990, a economia da Rússia/URSS ainda não estava plenamente integrada à economia capitalista mundial e, obviamente, a sua autoridade de licenciamento era incapaz de prover proteção às patentes registradas no mercado global.

19. Disponível em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>.

Por sua vez, o número bastante elevado de patentes requeridas com origem no Japão e na URSS em 1990 (50% e 17% do total registrado pela OMPI, respectivamente) e na China em 2020 (43% do total) revela como esse indicador é sensível a iniciativas de política pública estimuladoras de pedidos de registro de patentes, que podem não se consolidar em registros efetivos em uma análise diacrônica mais longa. Em consequência, o indicador de pedidos de patentes registrou oscilações bruscas ao longo dos últimos trinta anos, tornando difícil distinguir fatores conjunturais de tendências estruturais mais consistentes e profundas nos dados compilados. Assim, a participação do Japão no total de patentes requeridas despencou de 50% em 1990 para 13% em 2020. A URSS, literalmente, sumiu do mapa, e não foi substituída pela Rússia, que foi responsável por apenas 1% do total de patentes requeridas em 2020. A China ultrapassou, de longe, o desempenho das potências tradicionais (Estados Unidos, Europa e Japão) no indicador, passando de 1% do total de patentes requeridas em 1990 para 43% em 2020. A Coreia do Sul passou de 1% para 8% no período, enquanto a Índia e o Brasil mantiveram-se em patamares bastante restritos (1% e traço, respectivamente).

O gráfico 18, por seu turno, apresenta a evolução da participação relativa dos países no total de *registros* de patentes computados pela OMPI ao longo das três últimas décadas. Com variações e flutuações menores, esses dados revelam as mesmas tendências de evolução já apontadas no levantamento dos *pedidos* de patentes, indicando haver, de fato, transformações estruturais mais consistentes e profundas em curso.

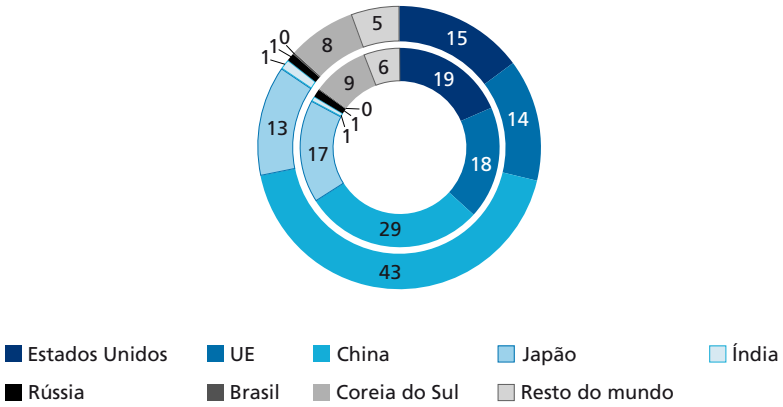
GRÁFICO 18
Registros de patentes nos escritórios nacionais, por origem do requerente
(Em %)



Fonte: Wipo. Disponível em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>.
Elaboração dos autores.

Percebe-se uma forte atuação do Japão nas três primeiras décadas, liderando o número de registros em 1990, 2000 e 2010 (com 22%, 32% e 31% do total, respectivamente). No entanto, o país perdeu relevância significativa na última década, com uma participação de 17%. Os Estados Unidos e a UE apresentaram uma *performance* com pouca variação ao longo do período, mas sua participação no total de registros recuou de 26% e 25%, respectivamente, em 2000, para 18% (ambos) em 2020. Entre 2000 e 2020, a participação combinada de Estados Unidos, Europa e Japão refluiu de 83% das patentes registradas no mundo para 53%. A China, uma vez mais, absorveu a maior parte dessa queda relativa, passando de uma ausência completa de registros no início do período para assumir o primeiro lugar em 2020, com 29% do total de patentes registradas no mundo. A URSS foi responsável por 36% das patentes registradas pela OMPI em 1990, mas, como no caso dos pedidos, seu desempenho não foi reproduzido pela Rússia nos anos seguintes, que refluiu de 3% para 1% do total de patentes registradas entre 2000 e 2020. O gráfico 19 faz uma comparação entre a participação relativa dos países no total de pedidos e registros de patentes em 2020.

GRÁFICO 19
Pedidos e registros de patentes nos escritórios nacionais, por origem do requerente (2020)
(Em %)

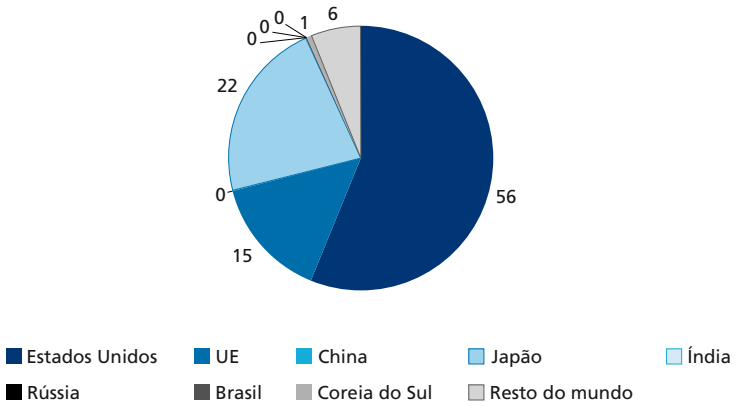


Fonte: Wipo. Disponível em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>.
Elaboração dos autores.

Vejamos como isso se compara com os registros de patentes do escritório norte-americano USPTO, que, conforme apontamos, é considerado o principal garantidor de propriedade intelectual no mundo. O registro de uma patente no USPTO por requerentes de fora dos Estados Unidos revela a capacidade econômica, o grau de internacionalização das empresas e instituições de pesquisa de um país. Além disso, o registro é uma atividade onerosa, lenta e de difícil

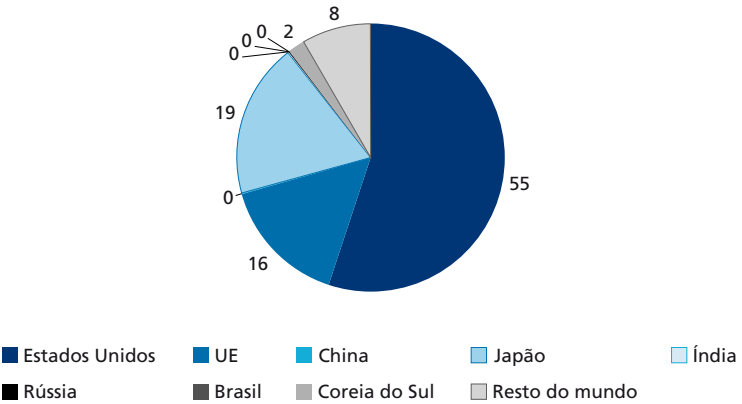
acesso, revelando as assimetrias estruturais entre os países. Os gráficos 20, 21, 22 e 23 apontam a evolução da participação relativa dos países destacados no total de patentes registradas no USPTO de 1992 a 2020.

GRÁFICO 20
Registros de patentes no USPTO, por origem do requerente (1992)
(Em %)



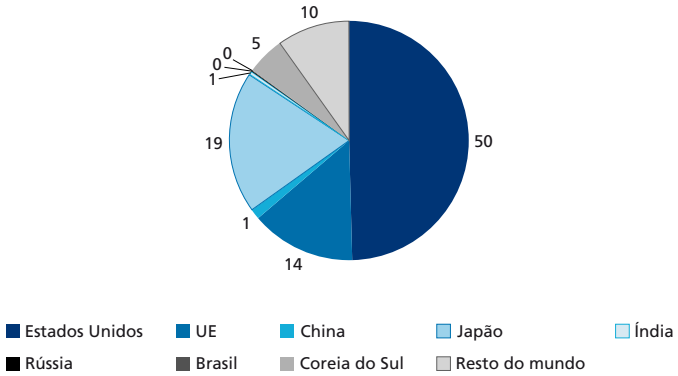
Fonte: USPTO. Disponível em: <https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports_stco.htm>.
Elaboração dos autores.
Obs.: Os valores da Rússia para 1992 equivalem ao montante da URSS.

GRÁFICO 21
Registros de patentes no USPTO, por origem do requerente (2000)
(Em %)



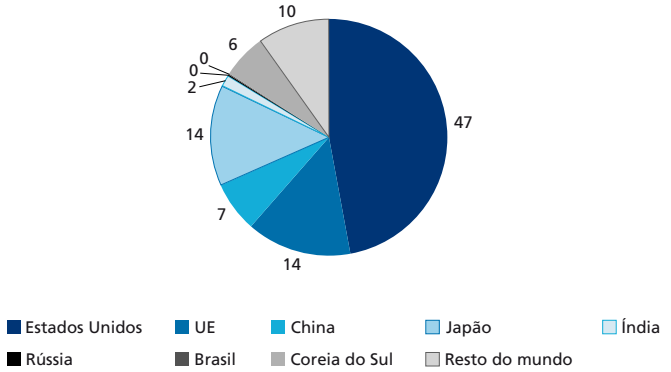
Fonte: USPTO. Disponível em: <https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports_stco.htm>.
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 22
Registros de patentes no USPTO, por origem do requerente (2010)
(Em %)



Fonte: USPTO. Disponível em: <https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports_stco.htm>.
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 23
Registros de patentes no USPTO, por origem do requerente (2020)
(Em %)



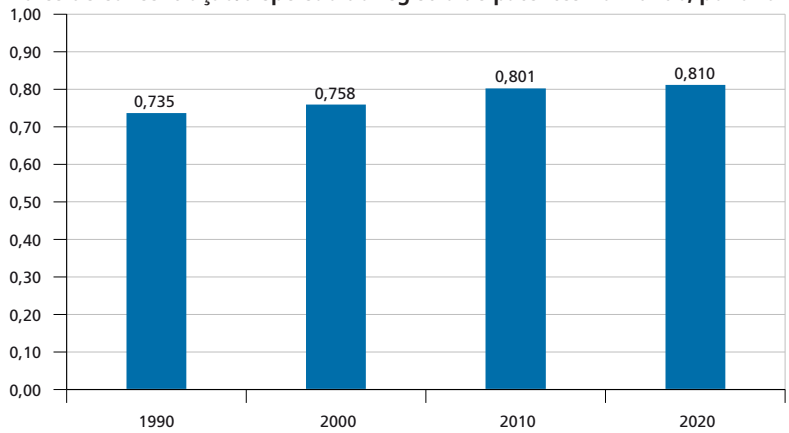
Fonte: USPTO. Disponível em: <https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports_stco.htm>.
Elaboração dos autores.

Mantida a esperada prevalência do registro de patentes oriundas das potências tradicionais (Estados Unidos, Europa e Japão) no escritório estadunidense, houve um significativo aumento da participação da China, Coreia do Sul e Índia entre 2000 e 2020, acompanhando (com menos intensidade) as tendências já apontadas nos dados da OMPI. A China passou de uma participação próxima a 0% para 7% das patentes registradas no USPTO. A Coreia do Sul passou de 2% para 6%, e a Índia, partindo também de uma participação próxima a 0%, alcançou 2% em 2020. Nesse ano, o USPTO concedeu 388.861 novas patentes, decompostas no gráfico

23 por país de origem dos requerentes. A Rússia e o Brasil registraram somente 709 e 539 dessas patentes, respectivamente (um traço percentual desse total).

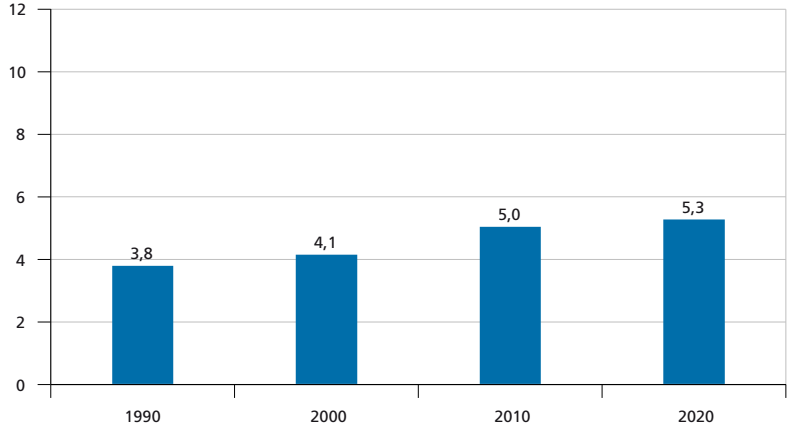
Passamos, agora, ao exame da evolução dos índices de concentração/dispersão e do número de potências relevantes na inovação global, com base na adaptação dos indicadores desenvolvidos por Rae e Taylor (1970) e por Laakso e Taagepera (1973) e tomando por referência o cômputo de registros de patentes no mundo compilado pela OMPI. Os gráficos 24 e 25 exibem a evolução dos índices de concentração/dispersão e o número de potências relevantes na dimensão examinada, de 1990 a 2020.

GRÁFICO 24
Índice de concentração/dispersão do registro de patentes no mundo, por ano



Fonte: Wipo. Disponível em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>.

GRÁFICO 25
Número de potências relevantes na inovação mundial, por ano



Fonte: Wipo. Disponível em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>.

O índice de concentração/dispersão no registro de patentes no mundo computado pela OMPI manteve um perfil ainda mais concentrado do que o registrado na produção científica e tecnológica mundial, que vimos na seção anterior. Em 1990, esse índice era de 0,735 em comparação com o índice de 0,763 registrado para publicações indexadas pelo SJR em 1996. Como ocorreu com a produção científica e tecnológica global, a evolução do índice de concentração/dispersão do registro de patentes aponta para um importante movimento de desconcentração da inovação mundial entre 1990 e 2020, com o índice de dispersão (fragmentação) passando de 0,735 em 1990 para 0,810 em 2020. Ainda assim, manteve um índice de concentração mais elevado que os da produção científica e tecnológica e do PIB/PPC mundial no mesmo ano (que alcançaram índices de dispersão de 0,860 e 0,897, respectivamente).

Em função das aproximações para compor números inteiros, o número de potências relevantes na inovação mundial não aumentou muito: passou de quatro para cinco. Mais significativa, no entanto, foi a alteração das posições relativas dos países no âmbito desse aumento, como pode ser visto na tabela 3. Sem considerar a "anomalia" soviética em 1990, Estados Unidos, Europa e Japão mantiveram-se na lista de potências relevantes na inovação mundial ao longo do período, em posições relativamente próximas e equilibradas. A China, no entanto, registrou um avanço impressionante no registro de patentes a partir de 2000 e alcançou a primeira posição em 2020, com 29% das patentes compiladas pela OMPI nesse ano. A Coreia do Sul também entrou na lista de potências relevantes na inovação mundial nesse ano, com 9% do total de registros.

TABELA 3
Potências relevantes na inovação mundial (1990 e 2020)
(Em %)

Registros de patentes	
NPR = 3,8	*NPR* = 5,3
1990	2020
URSS (36)	China (29)
Japão (22)	Estados Unidos (18)
Estados Unidos (20)	UE (18)
UE (15)	Japão (17)
	Coreia do Sul (9)

Fonte: Wipo. Disponível em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>.

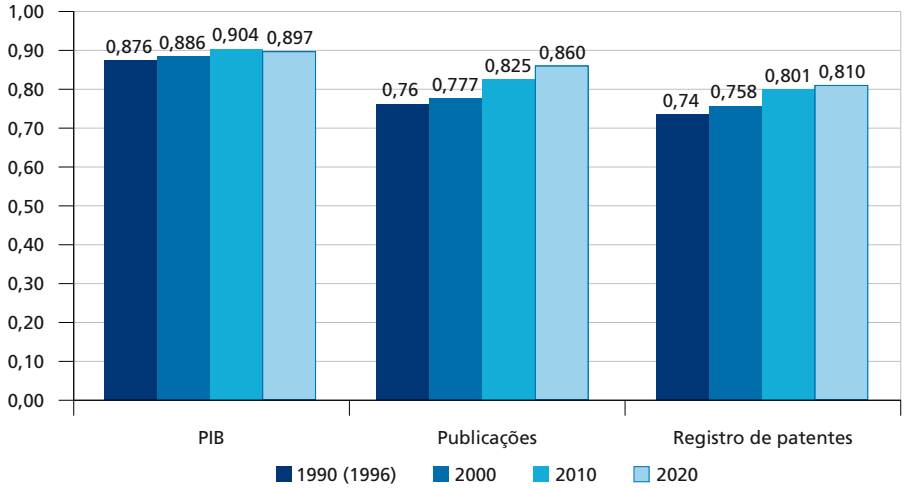
Os dados e índices apresentados registram tanto um importante movimento de desconcentração da inovação mundial quanto um significativo e acelerado reposicionamento territorial/nacional da geração de conhecimento inovador na

economia global, com a formação de novos polos dinâmicos de desenvolvimento, com destaque para China, Coreia do Sul e Índia, nessa ordem. Embora ainda preserve graus de concentração mais elevados que as duas dimensões examinadas anteriormente, o dinamismo da inovação global acompanha e aprofunda as dinâmicas de desenvolvimento desigual já apontadas, e intensifica o processo de reconfiguração das relações de poder que vem marcando fortemente a evolução do sistema internacional.

8 RESULTADOS CONSOLIDADOS

O gráfico 26 reúne a evolução dos índices de concentração/dispersão internacional nas três dimensões examinadas. Todos apontam para tendências de desconcentração, mas o índice do PIB/PPC parte de valores mais elevados de dispersão e varia pouco. Já os índices referentes a publicações e patentes partem de valores de concentração mais elevados, mas passam por processos de desconcentração mais intensos (de 0,1 ao longo do período no caso das publicações, e de 0,07 no caso das patentes). A evolução desses índices sinaliza uma descentralização da produção científica e tecnológica e da inovação mundial no período, com um crescimento gradual da participação de diferentes países em ambos, embora os graus de concentração se mantenham elevados.

GRÁFICO 26
Índices de concentração/dispersão conforme a dimensão

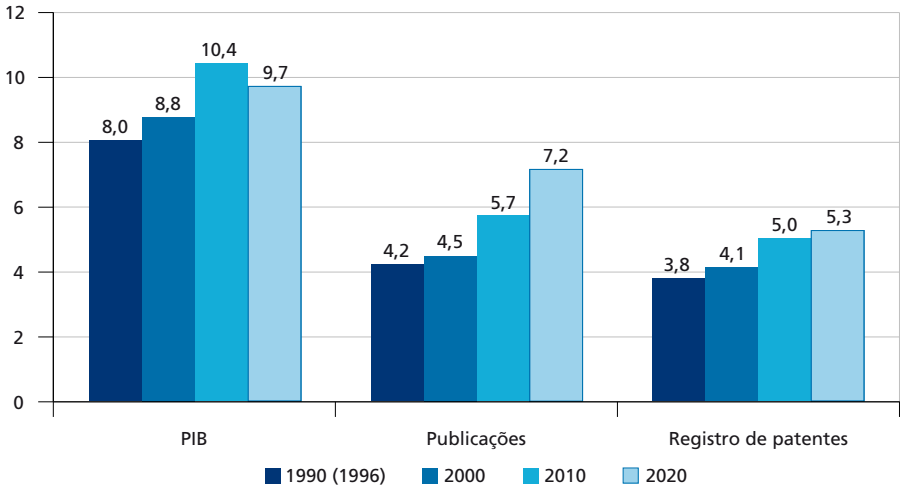


Fonte: Banco Mundial, SJR e Wipo. Informações referentes a Wipo encontram-se disponíveis em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>. Informações referentes a SJR encontram-se disponíveis em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.

Obs.: Os dados para as publicações de artigos correspondem ao ano de 1996. A UE foi concebida nos cálculos como um único Estado.

O gráfico 27 aponta a evolução do número de potências relevantes por dimensão no período examinado. Acompanhando as tendências de desconcentração, o número de potências relevantes aumentou em todas as dimensões examinadas. A exceção ficou por conta da ligeira retração do índice referente ao PIB/PPC entre 2010 e 2020 (de 10,4 para 9,7). Isto possivelmente já é reflexo do aumento do peso da China no PIB mundial medido por PPC. Em função da aproximação aritmética para números inteiros, isto não alterou o número de potências relevantes nos dois anos (totalizando 10). Mas trata-se de uma variação que deve ser acompanhada de perto em levantamentos futuros. A dimensão do PIB/PPC foi a que apresentou o maior número de potências relevantes, o que revela que as dimensões da produção científica e tecnológica e da inovação mundial permanecem mais concentradas em potências específicas do que a produção global (embora suas dinâmicas possam ter impactos decisivos sobre a própria reconfiguração e redistribuição territorial das cadeias de agregação de valor na economia mundial).

GRÁFICO 27
Evolução do número de potências relevantes por dimensão



Fonte: Banco Mundial, SJR e Wipo. Informações referentes a Wipo encontram-se disponíveis em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>. Informações referentes a SJR encontram-se disponíveis em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.
Obs.: Os dados para as publicações de artigos correspondem ao ano de 1996. A UE foi concebida nos cálculos como um único Estado.

A tabela 4 indica a evolução da composição e do peso relativo das potências relevantes nas três dimensões examinadas entre 1990 e 2020. De certa forma, ela sintetiza a análise desenvolvida neste trabalho sobre a reconfiguração das relações de poder no sistema internacional desde o fim da Guerra Fria.

TABELA 4
Potências relevantes por dimensão (1990 e 2020)
(Em %)

PIB		Publicações		Registros de patentes	
NPR = 8,0	*NPR* = 9,7	*NPR* = 4,2	*NPR* = 7,2	*NPR* = 3,8	*NPR* = 5,3
1990	2020	1996	2020	1990	2020
UE (24)	China (18)	UE (36)	UE (29)	URSS (36)	China (29)
Estados Unidos (20)	UE (17)	Estados Unidos (31)	China (16)	Japão (22)	Estados Unidos (18)
Japão (8)	Estados Unidos (16)	Japão (8)	Estados Unidos (16)	Estados Unidos (20)	UE (18)
Rússia (4)	Índia (7)	Canadá (4)	Índia (4)	UE (15)	Japão (17)
China (4)	Japão (4)	Rússia (3)	Japão (3)		Coreia do Sul (9)
Índia (4)	Rússia (3)		Canadá (3)		
Brasil (3)	Indonésia (2)		Rússia (3)		
México (2)	Brasil (2)				
	México (2)				
	Turquia (2)				

Fonte: Banco Mundial, SJR e Wipo. Informações referentes a Wipo encontram-se disponíveis em: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>. Informações referentes a SJR encontram-se disponíveis em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.

Nas três dimensões de EPI examinadas, as potências tradicionais (Estados Unidos, Europa e Japão) mantiveram-se na condição de potências relevantes da economia global entre 1990 e 2020. Mas em todas essas dimensões elas perderam peso relativo (de forma mais significativa nas dimensões da produção científica e tecnológica e do dinamismo produtivo), e viram o número de potências relevantes adicionais aumentar.

O Japão foi quem mais perdeu posições e peso relativo no período examinado. Já a China integrava a lista de potências relevantes em 1990 apenas na dimensão de participação no PIB/PPC mundial, e assim mesmo na quinta posição (com 4%). Em 2020, ela passou a constar, em posição de liderança, na lista das potências relevantes das três dimensões: em primeiro na do PIB/PPC mundial, em segundo na de publicações científicas e tecnológicas indexadas pelo SJR e novamente em primeiro no registro de patentes pela OMPI. A Índia também só constava da lista de potências relevantes em 1990 por sua participação no PIB/PPC mundial (com os mesmos 4%). Em 2020, ela passou a integrar essa lista tanto na dimensão do PIB quanto na das publicações. A Coreia do Sul passou a integrar a lista das potências relevantes na dimensão da inovação global em 2020 e dobrou sua participação no PIB/PPC mundial (sem integrar, no entanto, a lista dos "dez mais" nessa dimensão). A Rússia manteve-se na lista de potências relevantes do PIB/PPC entre 1990 e 2020, mas perdeu posições e

peso relativo. Passou a integrar a lista de potências relevantes na produção científica e tecnológica em 2020, recuperando parte da liderança mundial que havia exercido nessa dimensão no período soviético. Brasil e México mantiveram-se na lista de potências relevantes entre 1990 e 2020 na dimensão do PIB/PPC, mas também perderam posições e peso relativo no período, sendo ultrapassados pela Indonésia em 2020.

9 CONCLUSÃO

Este trabalho examinou o sentido das transformações em curso na economia global e no sistema internacional a partir do fim do conflito intersistêmico da Guerra Fria, e o impacto das mudanças nas áreas de CT&I sobre a reconfiguração do poder mundial nas três últimas décadas. Em função dos múltiplos e profundos impactos globais da Revolução Científica e Tecnológica, a aferição e o dimensionamento do poder relativo dos países no sistema internacional devem ampliar os conceitos clássicos de poder – como a capacidade militar – para abarcar novas dimensões do poder dos Estados na "sociedade do conhecimento", como padrões produtivos e tecnológicos, produção científica, patentes, entre outras.

Examinamos as mudanças estruturais em curso a partir da evolução das posições relativas ocupadas por distintos países ao longo das três últimas décadas em três dimensões cruciais da EPI: a do dinamismo produtivo, a do dinamismo científico e tecnológico e a do dinamismo de inovação. Para tal, avaliamos o desempenho relativo de três potências tradicionais (Estados Unidos, Europa e Japão), de um país em "transição sistêmica" (a Rússia) e de quatro países em desenvolvimento com economias de renda média (China, Índia, Brasil e Coreia do Sul) nessas dimensões entre 1990 e 2020. A concentração/dispersão relativa de poder em cada dimensão foi medida a partir da adaptação dos índices de Rae e Taylor e de Laakso e Taagepera. Com base neles, elaboramos índices de concentração/dispersão em cada uma das três dimensões de EPI analisadas e acompanhamos a sua evolução ao longo do período, bem como o número e composição das potências relevantes em cada dimensão.

Embora em ritmos e temporalidades distintos, identificamos tendências convergentes de mudanças estruturais nas três dimensões examinadas. Em todas, configura-se uma dinâmica de desenvolvimento desigual, com o enfraquecimento relativo do poder dos Estados Unidos, Europa e Japão, e a rápida ascensão de países em desenvolvimento de renda média que compunham a periferia do sistema internacional, com destaque absoluto para a China, mas abarcando também – de forma diferenciada – a Índia e a Coreia do Sul.

As tendências identificadas nos dados e índices sintetizados nos gráficos e tabelas que integram os resultados deste trabalho apontam temas relevantes

para a continuidade da sua agenda de pesquisa. Uma primeira questão é se a China conseguirá sustentar os índices elevados de desenvolvimento que vem sustentando desde o lançamento do programa das Quatro Modernizações em 1979. A experiência negativa do Japão, evidenciada nos dados apresentados neste trabalho após ter vivido um crescimento econômico acelerado nas primeiras décadas do pós-Guerra, serve de alerta. Mas a China vem mantendo a liderança no dinamismo produtivo global há mais de quatro décadas, e cada vez ancora mais esse desenvolvimento na capacidade científica, tecnológica e inovativa nacional. Esse dinamismo não dá sinais de arrefecimento. Em se configurando esse prognóstico, surgem indagações em direção oposta: será que a relativa desconcentração de recursos de poder identificada neste trabalho é um mero período de transição para uma reconcentração de capacidades produtivas, científicas, tecnológicas e inovativas no futuro próximo? "Reconcentração" com novos protagonistas? Em grande medida isso dependerá das respostas dadas pelas potências tradicionais à intensificação da sua perda de poder relativo na economia global, bem como da capacidade de os demais países em desenvolvimento extraírem lições da trajetória exitosa da China (assim como as da Índia e da Coreia do Sul) nas últimas décadas.

O que as trajetórias dessas potências relevantes ascendentes indicam é que os países em desenvolvimento não estão condenados a posições periféricas, subalternas e de baixa agregação de valor na divisão internacional do trabalho. No contexto das dinâmicas de desenvolvimento desigual em curso no mundo, esses países se destacaram, precisamente, por ter estruturado sistemas de inovação que integraram cadeias produtivas industriais e capacidades científicas e tecnológicas nacionais via projetos mobilizadores estratégicos que contaram com forte financiamento e apoio públicos para disputar mercados globais. Não se contentaram, nem se limitaram a abrir, de forma passiva, as suas economias para atrair investimentos e instalações produtivas das empresas transnacionais e os pacotes tecnológicos a eles associados, nem subordinaram os seus projetos mobilizadores estratégicos nacionais a restrições oriundas de mecanismos e dinâmicas de acumulação rentista.

Atentamos, assim, para a necessidade de países de renda média, como o Brasil, incorporarem de forma consistente a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a inovação às suas políticas e ações de promoção do crescimento econômico se quiserem torná-lo sustentado e robusto a longo prazo, com impactos sobre suas posições relativas no sistema internacional. O fomento de capacidades nacionais em CT&I se tornou um vetor cada vez mais central e crítico na reconfiguração das relações de poder no mundo.

REFERÊNCIAS

AMIN, M.; MABE, M. Impact factors: use and abuse. **Perspectives in Publishing**, n. 1, 2007.

ARCHAMBAULT, E. 30 years in science: secular movements in knowledge creation. **Science-Metrix**, 2010. Disponível em: <www.science-metrix.com/30years=Paper.pdf>.

ARCHIBUGI, D. Patenting as an indicator of technological innovation: a review. **Science and Public Policy**, v. 19, n. 6, 1992.

CHANG, H. J. **Chutando a escada**: a estratégia do desenvolvimento em perspectiva histórica. São Paulo: Editora Unesp, 2002.

CHESNAIS, F. **A mundialização do capital**. São Paulo: Editora Xamã, 1996.

CHESNAIS, F.; SAUVIAT, C. O financiamento da inovação no regime global de acumulação dominado pelo capital financeiro. *In*: LASTRES, H.; CASSIOLATO, J.; ARROIO, A. (Org.). **Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ; Contraponto, 2005.

DALMARCO, G. *et al*. Universities' intellectual property: path for innovation or patent competition? **Journal of Technology Management and Innovation**, v. 6, n. 3, 2011.

DOSI, G.; MARENGO, L.; PASQUALI, C. Knowledge, competition and the innovation: is strong IPR protection really needed for more and better innovations? **Michigan Telecommunications and Technology Law Review**, v. 13, n. 2, 2007.

DREIFUSS, R. A. Corporações estratégicas e Estados nacionais: os protagonistas do grande jogo. *In*: MINEIRO, A.; ELIAS, L.; BENJAMIN, C. (Org.). **Visões da crise**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1998.

_____. **Transformações**: matrizes do século XXI. Petrópolis: Vozes, 2004.

DUTTA, S. *et al*. (Ed.). **Global innovation index 2021**: tracking innovation through the covid-19 crisis. Geneva: Wipo, 2021. Disponível em: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2022.

FRITSCH, S. Conceptualizing the ambivalent role of technology in international relations: between systemic change and continuity. *In*: MAYER, M.; CARPES, M.; KNOBLICH, R. (Ed.). **The global politics of science and technology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2014. v. 1.

FUKUYAMA, F. **O fim da história e o último homem**. Rio de Janeiro: Rocco, 1992.

FURTADO, C. **Desenvolvimento e subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Centro Celso Furtado; Contraponto, 2009.

GERSCHENKRON, A. **Economic backwardness in historical perspective**. Cambridge, United States: Belknap, 1962.

GILPIN, R. **The political economy of international relations**. Princeton: Princeton University Press, 1987.

GITTELMAN, M. A note on the value of patents as indicators of innovation: implications for management research. **Academy of Management Perspectives**, v. 22, n. 3, p. 21-27, 2008.

HALEY, U. C. V.; HALEY, G. T. **Subsidies to Chinese industry**: State capitalism, business strategy and trade policy. New York: Oxford University Press, 2013. 233 p.

HILFERDING, R. **O capital financeiro**. São Paulo: Abril Cultural, 1985. (Coleção Os Economistas).

KADOCHNIKOV, D. Gustav Cassel's purchasing power parity doctrine in the context of his views on international economic policy coordination. **European Journal of the History of Economic Thought**, v. 20, n. 6, 2013.

KEYNES, J. M. **Breve tratado sobre la Reforma Monetaria**. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1992.

KLEINKNECHT, A.; REINDERS, H. J. How good are patents as innovation indicators? Evidence from German CIS data. *In*: ANDERSSON, M. *et al*. **Innovation and growth**: from R&D strategies of innovating firms to economy-wide technological change. Oxford: Oxford University Press, 2012.

LAAKSO, M.; TAAGEPERA, R. The "effective" number of parties: a measure with applications to West Europe. **Comparative Political Studies**, v. 12, n. 1, 1973.

LENIN, V. I. **O imperialismo, fase superior do capitalismo**. São Paulo: Centauro, 2005.

LETA, J.; CRUZ, C. H. B. A produção científica brasileira. *In*: VIOTTI, E.; MACEDO, M. (Org.). **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Campinas: Editora Unicamp, 2003.

LIST, F. **Sistema nacional de economia política.** São Paulo: Abril Cultural, 1985. (Coleção Os Economistas).

MALIK, M. Technopolitics: how technology shapes relations among nations. **The Interface of Science, Technology and Security**, n. 12, p. 21-29, 2012. Disponível em: <http://apcss.org/wp-content/uploads/2012/12/Mohan-Malik.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

MAYER, M.; CARPES, M.; KNOBLICH, R. The global politics of science and technology: an introduction. *In*: _____. (Ed.). **The global politics of science and technology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2014. v. 1.

MAZZUCATO, M. **O Estado empreendedor**. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MUELLER, S. A comunicação científica e o movimento de acesso livre ao conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 35, n. 2, 2006.

NEGRI, A.; HARDT, M. **Império**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

NICOLAU, J. Partidos na República de 1946: velhas teses, novos dados. **Dados**, v. 47, n. 1, 2004.

NYE, J. **Power in the global information age**: from realism to globalization. London: Routledge, 2004.

PAVITT, K. Patent statistics as indicators of innovative activities: possibilities and problems. **Scientometrics**, v. 7, n. 1-2, 1985.

PING, L. V. China. *In*: SCERRI, M.; LASTRES, H. (Ed.). **The role of the State**: BRICS National Systems of Innovation. New Delhi: Routledge, 2013.

RAE, D.; TAYLOR, M. **The analysis of political cleavages**. New Haven: Yale University Press, 1970.

RAMSDEN, J. J. Impact factors: a critique. **Journal of Biological Physics and Chemistry**, v. 9, 2009.

RICHTA, R. **Economia socialista e revolução tecnológica**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1972.

SANTOS, T. dos. **Revolução científico-técnica e acumulação de capital**. São Paulo: Vozes, 1983.

SANTOS, W. G. dos. Velhas teses, novos dados: uma análise metodológica. **Dados**, v. 47, n. 4, 2004.

SERFATI, C. Financial dimensions of transnational corporations, global value chain and technological innovation. **Journal of Innovation Economics and Management**, n. 2, 2008. Disponível em: <https://www.cairn.info/revue-journal-of-innovation-economics-2008-2.htm>. Acesso em: 15 jan. 2022.

STRANGE, S. **States and markets**. New York: Continuum, 1994.

WOHLFORTH, W. The stability of a unipolar world. **International Security**, v. 24, n. 1, 1999.

HETEROGENEITY IS THE RULE, NOT THE EXCEPTION? A TENTATIVE TYPOLOGY OF NATIONAL INNOVATION SYSTEMS

Pedro Luiz Costa Cavalcante[1]

The inquiry departs from the idea that heterogeneity is the rule, not the exception, regarding the National Innovation Systems (NIS) worldwide. The paper's main goal is to advance understanding with empirical-based knowledge on how this uneven pattern occurs by formulating an original typology of NIS that surpasses the continental boundaries analysis and, primarily, highlights the strengths of few and weaknesses of most nations. Using the Global Innovation Index (GII), the paper employs descriptive analysis, bivariate correlation, and variance analysis, followed by clustering. The cluster analysis created five types of NIS that displayed an even more accurate description of how innovative countries are, beyond the income or continent cohorts. This original and comprehensive approach to the NIS disparities is crucial to advancing in how few countries continue to improve their innovative performance. At the same time, most countries keep struggling to increase innovation capacity to overcome their economic underdevelopment issues.

Keywords: innovation; comparative analysis; state capacity; economic development, world.

A HETEROGENEIDADE É A REGRA, NÃO A EXCEÇÃO? UMA PROPOSTA DE TIPOLOGIA PARA OS SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO

O artigo parte da ideia de que a heterogeneidade é a regra, não a exceção, nos Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs) em todo o mundo. O objetivo principal do artigo é avançar na compreensão com base em dados empíricos sobre como esse padrão desigual ocorre, a partir da formulação de uma tipologia original de SNI que ultrapasse a análise das fronteiras continentais e, principalmente, destaque os pontos fortes de poucos e os pontos fracos da maioria das nações no campo da inovação. Utilizando o Índice de Inovação Global (IIG), o trabalho emprega análise descritiva, correlação bivariada e análise de variância, seguida de clusterização. A análise de *cluster* criou cinco tipos de SNI que apresentaram uma descrição ainda mais precisa de como os países se estruturam e são inovadores, além dos recortes de renda ou continente. Essa abordagem original e abrangente das disparidades do SNI é crucial para avançar em como poucos países continuam a melhorar seu desempenho inovador, ao mesmo tempo que a maioria dos países continua lutando para aumentar a capacidade de inovação e, assim, superar seus problemas de subdesenvolvimento econômico.

Palavras-chave: inovação; análise comparativa; capacidade estatal; desenvolvimento econômico; mundo.

¿ES LA HETEROGENEIDAD LA REGLA, NO LA EXCEPCIÓN? UNA PROPUESTA DE TIPOLOGÍA PARA LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN

El artículo parte de la idea de que la heterogeneidad es la regla, no la excepción, en los Sistemas Nacionales de Innovación (SNIs) alrededor del mundo. El objetivo principal del artículo es avanzar

1. Specialist in policy and government management at the Department of State, Institutions and Democracy (Diest) of Ipea; and doctor in political science by University of Brasilia (UnB). Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-7635-695X>. E-mail: <cavalcante.pedro@gmail.com>.

en la comprensión basada en datos empíricos acerca de cómo se produce este patrón desigual, a partir de la formulación de una tipología original de SNI que va más allá del análisis de las fronteras continentales y, principalmente, destaca las fortalezas de unos pocos y las debilidades de la mayoría de las naciones en el campo de la innovación. Utilizando el Índice de Innovación Global (IIG), el trabajo emplea análisis descriptivo, correlación bivariada y análisis de varianza, seguido de agrupamiento. El análisis de conglomerados creó cinco tipos de SNI que presentaban una descripción aún más precisa de cómo los países están estructurados e innovadores, además de los recortes de ingresos o continentes. Este enfoque original e integral de las brechas SIN es crucial para avanzar, ya que pocos países continúan mejorando su desempeño innovador. Al mismo tiempo, la mayoría de los países continúan luchando por incrementar su capacidad de innovación y así superar sus problemas de subdesarrollo económico.

Palabras clave: innovación; análisis comparativo; capacidad estatal; desarrollo económico; mundo.

JEL: O30.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art3

Data de envio do artigo: 19/2/2022. Data de aceite: 20/4/2022.

1 INTRODUCTION

Innovation has gathered a high level of attention among scholars and policymakers globally because it is one of the most critical drivers for economic progress and competitiveness in developed and developing countries (Cirera and Maloney, 2017; Cirera et al., 2020). Innovations, meaning new products, services, processes, or business models used commercially or non-commercially, can contribute to solutions for urgent societal challenges (Edler and Fagerberg, 2017) and improve citizens' welfare, as the covid-19 vaccination has shown.

Considering its relevance and the dynamic challenges of the contemporary world, strengthening a nation's innovation systems has become crucial for economic growth, measured by the gross domestic product (GDP) and strategy to reach inclusive and sustainable development (Kattel and Mazzucato, 2018). This new model of development innovation-led relies on government acts as a catalyst in creating and shaping markets through dynamic public-private partnerships (Mazzucato, 2013) as well as designing and implementing coherent policy mixes (instruments and funding) and capabilities to coordinate them (Cirera et al., 2020).

Despite this relative consensus, firms and governments' innovation challenges and their deliberative strategies result in different stages of the innovation systems. A National Innovation System (NIS) encompasses various institutions supporting and orienting the dynamics of economic activity where innovation is the key driving force (Lundvall, 2010). The primary function of the NIS is to promote interactive learning, encompassing individual, organizational, and inter-organizational levels, that should generate positive feedback and by reproduction, and link innovation capabilities to economic development (Lundvall, 2016; Nelson, 2016). However, while some nations have built a structured or mature system with well-functioning

institutions, policies, and actors' interactions, in most countries, systemic failure prevails. In other words, the situation in which the economy lacks the fundamental building blocks that can support the creation, absorption, use, and dissemination of practical knowledge through interactive learning (Lundvall et al., 2009).

This heterogeneity can be noticed among countries and world regions (Lastres and Cassiolato, 2005; Lundvall, Intarakumnerd and Vang, 2006; Lundvall et al., 2009; Adebowale et al., 2014). The unevenness patterns of innovation include governments that have historically placed it at the center of their growth strategies, as Western developed economies. In the meantime, East Asian countries compete for top positions in innovation rankings after experiencing a period of catch-up and growth. On the other extreme, most countries are still struggling to build innovative capabilities to increase manufacturing, service, or agriculture value chain toward higher-value-added activities. This group also keep facing the well-known middle-income growth traps, i.e., the situation when economies are stuck on the intermediate level incapable of upgrading to the high-income level and characterized by i) low investment ratios; ii) slow manufacturing growth; iii) limited industrial diversification; and iv) poor labor market conditions (Agénor, Canuto and Jelenic, 2012).

Despite the relevance of the debate about innovation and economic development and the notorious heterogeneity among nations, few studies have properly explored this diversity. The bulk of the literature focuses on case studies or small *N* comparative analysis (Lundvall et al., 2009; Lundvall, 2010; 2016; Iootty, 2019; Reynolds, Schneider and Zylberberg, 2019). In this context, a fertile research field is open to investigating this asymmetric scenario. What is the actual difference among countries and regions regarding their innovation system's structure and achievement? Which dimensions of their NIS reside the higher disparities? What is the level of performance disparity among countries in the same region? Are the continents and the level of development the most accurate aggregation criteria for understanding the countries' heterogeneity in innovation?

The paper compares nations' innovation systems worldwide, including their inputs dimensions and innovative performance, to explore these crucial questions. The inquiry departs from the idea that heterogeneity is the rule, not the exception regarding the NIS. However, its purpose is to advance understanding with empirical-based knowledge on how this uneven pattern occurs. By addressing comparatively different perspectives of countries' innovative structure and performance, the paper's main goal is to formulate an original typology of NIS that surpasses the continental boundaries analysis and, primarily, highlights the strengths of few and weaknesses of most nations. This typology contributes to improving the academic debate in the field of study and providing information

and insights to countries' policymakers and leaders about the diagnostic of their NIS and the path their policies must face.

The comparative approach uses primary data from the Global Innovation Index (GII) that annually ranks approximately 130 countries based on a comprehensive and sophisticated analysis of their innovation inputs and outputs (Dutta, Lanvin and Wunsch-Vincent, 2020). To do so, the inquiry employs exploratory descriptive analysis, bivariate correlation, and analysis of variance (Anova), followed by clustering to identify similar groups and propose a tentative NIS typology beyond the continent and the level of development criteria.

The remainder of the paper is as follows: the inquiry discusses the NIS literature that highlights the key dimensions to understanding how the economies are organized and their performance in the innovation field. The third section presents the methodological steps. The following empirically addresses the differences in the innovation inputs and outputs among countries by GDP level, continents, and the results of the clusters analysis. Lastly, some final remarks are debated.

2 NATIONAL INNOVATION SYSTEM'S LITERATURE

Despite the relative consensus on the correlation between innovation and development, the same is not observed regarding how to build a dynamic and vibrant innovative economy with innovation-led policies aimed at promoting structural economic change. In this sense, industrialization and structural change grounded in innovation-led strategies are the key sources to poverty reduction, sustained and rapid economic growth (Lin, 2012). This process focuses primarily on technological innovation and industrial advances and diversification, also called technology upgrading. It is an outcome of the interaction between the intensification and breadth of different types of technology activities; structural factors and changes in this process are mediated by how the economy interacts with the global economy (Radosevic and Yoruk, 2018). According to Lacasa et al. (2019), the multidimensionality feature of this process can be portrayed by quantitative initiatives, such as the Global Competitiveness Index or the GII.

These indexes also reveal essential components and characteristics of countries' innovative capability, i.e., the ability of a country to produce and commercialize a flow of innovative technology over the long term as drivers of economic growth and competitiveness (Castellacci and Natera, 2013; 2016). An analysis of the innovation system and its successful results may also rely on a broad view of innovation policy and investing in missing complementary factors within the nation, including institutions, knowledge, human capital and research (HC&R), financial resources, infrastructure, among others (Iootty, 2019).

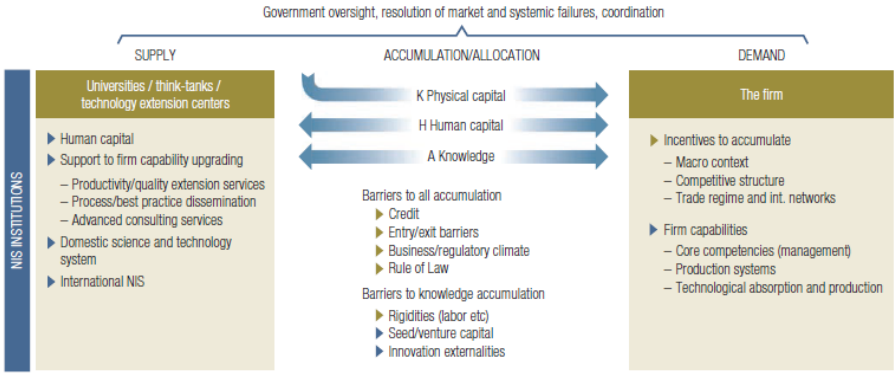
This holistic perspective helps to understand the innovation system and its role in the social and economic development of the countries.

This theoretical debate is influenced by Schumpeterian and evolutionary perspectives and grounded in the NIS literature, which leaves little room for the idea of an 'optimal' state and is openly skeptical with the government interference restricted to market failure (Fagerberg, 2017; Lundvall, 2016; Mazzucato, 2013). The NIS approach emerged during the late 1980s and early 1990s and has become popular since then among policymakers willing to generate scientific knowledge, technology, and innovation (Edler and Fagerberg, 2017). The innovation system means two complementary concepts: i) a tool for designing innovation policy; and ii) an analytical framework for scholars to assess innovation policies and their results.

In short, the country or regional innovation system is an arrangement of interactions between firms and entrepreneurs with bounded rationality and institutions that are in constant evolution. In this approach, as public policies and programs are not only an essential part of the engine but inevitably (Nelson, 2016), governments must be planned, designed, and implemented innovation initiatives systematically and in a dynamic way (Cirera and Maloney, 2017).

Moreover, the comprehensive view of the phenomenon goes beyond the focus on research and development (R&D). It includes other dimensions of analysis in the innovation system, such as the labor market, education system, financial institutions, regulatory structures, and other institutions that shape economic dynamics. Figure 1 below shows the NIS framework with its institutions and three dimensions – supply, accumulation/allocation and demand.

FIGURE 1
The National Innovation System

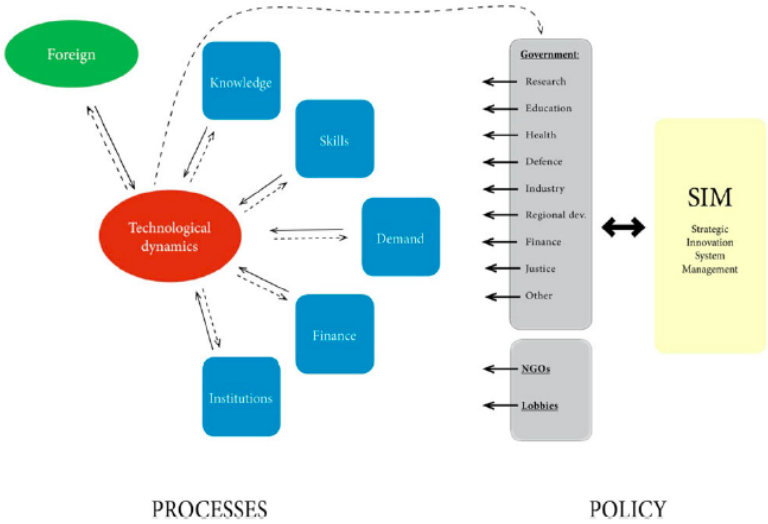


Source: Cirera and Maloney (2017).
Obs.: Figure displayed in low resolution and whose layout and texts could not be formatted and proofread due to the technical characteristics of the original files (Publisher's note).

The system elements tend to reflect on how the innovation capabilities are structured and its level of accomplishment, which may also be influenced by a variety of other factors, such as historical experience, language, culture, and so on. Undoubtedly, as much of technology is science-based, the education system, research and financial systems are also vital.

The dynamism and interactive features of innovation are also essential to gather different parts of the system together to pursue innovation, diffusion and use of technology. According to Fagerberg (2017), in a complementary approach, this output is named "technological dynamics" and, is constantly affected by five generic processes in the NIS: knowledge, skills, demand, finance and institutions. As illustrated in figure 2, the feedbacks and influences are in both directions. They include interactions between various actors/sectors in and outside the government involved in the policymaking. The characteristics, ideas, goals and level prioritization of this process, labeled "strategic innovation system management", also vary for each NIS and affect the economies' capacity and performance (Fagerberg, 2017).

FIGURE 2
NIS dynamics, processes and policy



Source: Fagerberg (2017).
Obs.: Figure displayed in low resolution and whose layout and texts could not be formatted and proofread due to the technical characteristics of the original files (Publisher's note).

The success of this strategic innovation system management in fostering innovative outputs is very challenging, correlated to the country's economic system (industries, firms etc.) and the political and institutional design. Countries face

these challenges grounded in different strategies and conditions that may result in various stages of the NIS: between the mature (well-functioning) and the systemic failure. The latter occurs whenever emerging innovation systems lack the building blocks needed to create, absorb, use, and disseminate practical knowledge through interactive learning (Lundvall et al., 2009). It usually happens in developing nations also trapped with structural issues, such as poverty and inequality, where resources are limited and managers can carry out these programs and policy measures are scarce (Cozzens and Kaplinsky, 2009; World Bank, 2010).

It seems to be the case of the innovation paradox, i.e., despite the well-known potential returns to innovation, most governments in emerging nations cannot formulate and implement policies properly and build an institutional environment to reach high-tech or industrial economic development (Cirera et al., 2020). According to Cirera and Maloney (2017), these barriers are not a matter of some irrationality on the part of firms and governments, but a typical innovation policy dilemma.

> The greater magnitude of the market failures to be resolved and the multiplicity of missing complementary factors and institutions increase the complexity of innovation policy; at the same time, governments' capabilities to design, implement, and coordinate an effective policy mix to manage it are weaker (Cirera and Maloney, 2017, p. 111).

So, this literature agrees that the low innovation activity observed in most developing countries has multiple causes. Most importantly, the failures can be related to a wide range of complementarities factors that are dynamic interactive (Fagerberg, 2017; Cirera and Maloney, 2017). To overcome this situation, World Bank (2010, p. 3) suggests a long-term strategy based on the philosophy of radical gradualism; in other words, "a sequence of finely tuned small, specific reforms and successful outcomes that paves the way for broader, institutional changes".

However, suppose much attention has been devoted to investigating the multidimensional features of the innovation systems and how policy must be designed and implemented to promote innovative culture in firms and public organizations. In that case, it also seems relevant to deepen the research on comparing how the NIS are effectively doing. The countries' heterogeneity worldwide is also a consensus in the literature, but most of the studies focus on specific NIS or intraregional analysis, such as in Latin America (Lastres and Cassiolato, 2005), Asia (Lundvall, Intarakumnerd and Vang, 2006) and Africa (Adebowale et al., 2014).

Although there is no 'one fits all' recipe for nurturing innovation culture or the ideal type of innovation system, the comparative analytical approach contributes to innovation and development studies by providing a broad and

accurate diagnosis on the NIS framework, how the economy is performing compared to their peers, and their strengths and weaknesses.

In sum, an understanding of the innovation system and its results typically evolves through interaction between a country's economic system and its political and institutional framework and the financial system and business regulation (Edler and Fagerberg, 2017; Lundvall, 2016; Nelson, 2016). By comparing the innovation inputs and outputs of a vast set of countries, the paper provides insights regarding their gaps, levels of disparity among them, and in each of the innovation dimensions. Thus, the following section explores the nations' innovation structure and performance under different perspectives.

3 METHODS

An accurate comparative analysis of innovation systems demands broad and diversified approaches. This paper is a result of quantitative research that employs descriptive and statistical methods to explore a database regarding how countries' innovation pillars have been organized and performing. After describing the GIIs framework, the paper advances on the empirical analysis. First, the indexes are correlated with the countries' income levels, using GII's score values (2019) against the GDP per capita (2018) to reinforce the assumption that relates mature NIS with economic development.

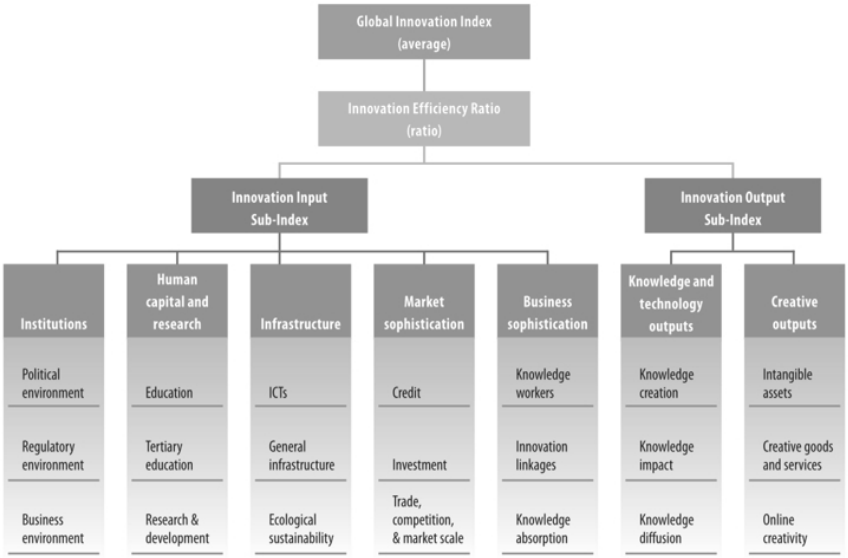
Then, the paper explores descriptively how countries are structured and performing in their innovation activities and the disparities between inter and intra continents. To do so, we first employed exploratory data analysis, focused on the indexes' average and standard variation, followed by Anova to test the group means for statistical significance. The empirical results are depicted in line, box plot and radar graphs.

Lastly and, most important, the inquiry employs cluster analysis to classify types of NIS, based on the seven indicators of innovation structure (GII inputs) and performance (GII outputs), which has many goals in searching for "natural" structure among the observations based on a multivariate profile. According to Kaufman and Rousseeuw (1990, p. 1) cluster analysis is "the art of finding groups in data". This technique aims to maximize the high internal homogeneity of countries' innovation systems within the clusters while also maximizing the high external heterogeneity (Hair et al., 2006). By exploring these patterns, the inquiry formulates a tentative taxonomy to describe how different economies are in their innovation systems.

In this sense, the GIIs was chosen because most updated and comprehensive database about NIS worldwide. It is a product of a joint partnership led by Cornell University, Institut Européen d'Administration des Affaires (Insead),

and the World Intellectual Property Organization (Wipo) that, since 2013, annually published the ranking with about 130 countries.[2] The GII encompasses eighty indicators, single and composite, from different sources[3] and meaning. The following figure depicts the index, sub-indexes, and main indicators.

FIGURE 3
The Global Innovation Index



Source: GII.
Obs.: Figure displayed in low resolution and whose layout and texts could not be formatted and proofread due to the technical characteristics of the original files (Publisher's note).

To capture innovation as it happens worldwide, the GII divides into two dimensions or sub-indexes. The overall GII score is the average of the input and output sub-indices, and they vary in terms of scores (scale from 0 to 100) and ranks.

1) Innovation Input Sub-Index captures the main components of the national political economy relevant to the innovative activities and is divided into five pillars:

   a) institutions: the institutional framework of an economy (political, regulatory and, business environments);

2. It is worth mentioning that the GII was created in 2007, but only after 2013 the countries' indexes are publicly available.

3. For detailed information regarding the GII conceptual framework and data sources, see what is available at: <https://www.globalinnovationindex.org/Home>.

b) HC&R: level and standard of education and research activity (education, tertiary education and research and development);

c) infrastructure: including indicators of information and communication technologies (ICTs), general infrastructure, and ecological sustainability;

d) market sophistication: credit, investment environment, access to the international market, competition, and market scale tend to be essential for businesses and innovation; and

e) business sophistication: to assess how conducive firms are to innovation activity involving knowledge workers, innovation linkages and knowledge absorption.

2) Innovation Output Sub-Index meaning results from the innovation activities (above) within the economy's two pillars:

a) knowledge and technology outputs (KTOs): covering variables that are results of inventions and innovations (knowledge creation, knowledge impact and, knowledge diffusion); and

b) creative outputs (COs): to encompass the NIS dimension of creativity, the pillar has three sub-pillars: intangible assets, creative goods and services and, online creativity.

4 INNOVATION STRUCTURE AND PERFORMANCE: EMPIRICAL ANALYSIS AND DISCUSSION

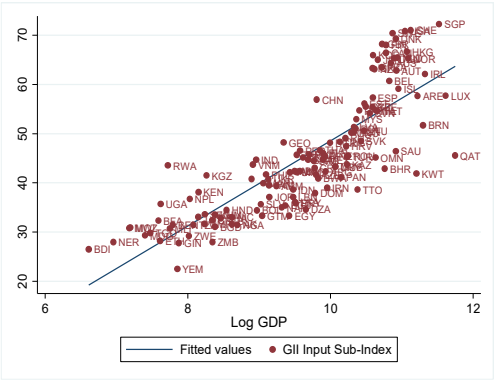
4.1 Innovation and economic level

The level of maturity and sophistication of the innovation system tend to correlate with the country's economic development. A straightforward way to test that assumption is by analyzing the relations of the nations' innovation indexes and their GDP. The figures below show this relationship, including the overall GII and the input and output sub-indexes.

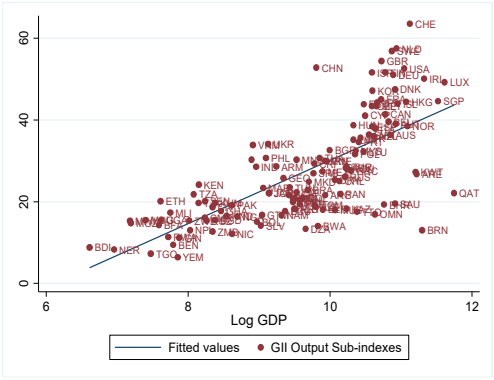
Figure 4 plots counties' GII score values (2019) against the GDP per capita (2018). The results confirm that innovation structure and performance increase with income per capita since the top ranks are often high-income countries. Although six of them are from the Middle East (Bahrain, Kuwait, Omar, Qatar, Saudi Arabia, and the United Arab Emirates), economies that are large oil-related GDP, stand out for their below-average GII indexes. On the other extreme, several African and Asian nations occupy the low left side of the graphs. They are low-income economies with immature NIS and poor performance in this particular matter.

FIGURE 4
Relationship between countries' GII and GDP

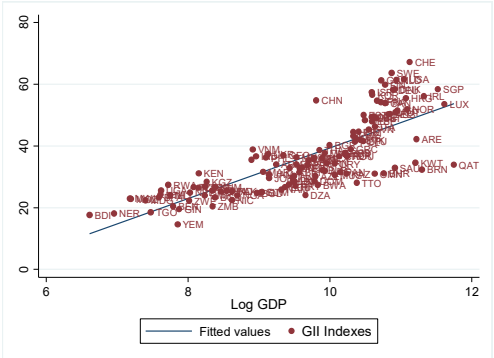
4A – Countries' GII versus GDP



4B – Countries' GII input versus GDP



4C – Countries' GII output versus GDP



Source: Global Innovation Index, 2019, and Total Economy Database, 2018.
Author's elaboration.
Note: Figure whose layout and texts could not be formatted and proofread due to the technical characteristics of the original files (Publisher's note).

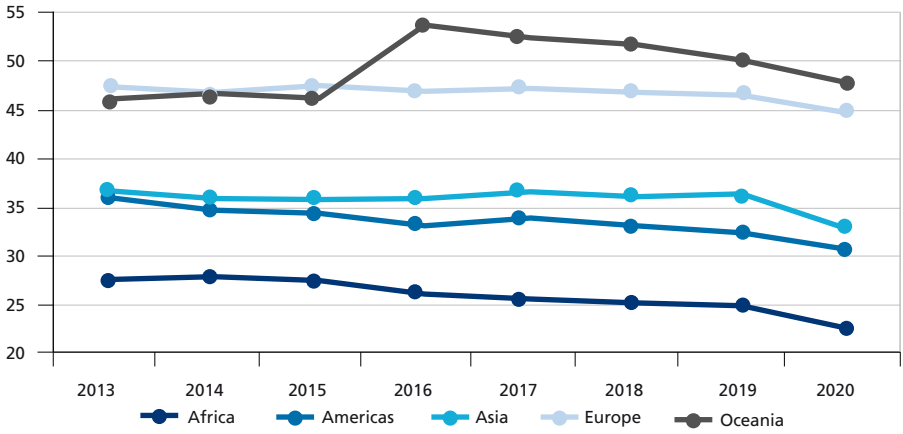
China is an interesting case, especially in the innovation output. Although it is still considered a developing economy, its performance is among the top five countries, only behind Switzerland, the Netherlands, Sweden, and the United Kingdom, and above the United States and Germany. In the intermediate group, the developing middle-income countries, most from East Asia and Latin America populate the graphs' center, such as Vietnam, Malaysia and Chile, the best rank among their peers.

Overall, the lines in each graph indicate how correlated these two economic dimensions are. However, the results show different patterns. While in GII input the correlation reaches almost 70% (coefficient of determination - R2), in the performance indexes, it drops to only 50%, turning the average, i.e., the correlation between the general GII and the GDP slightly over 60%. In short, there is some degree of relationship in this type of approach. Nonetheless, it does not seem so straight it would be expected.

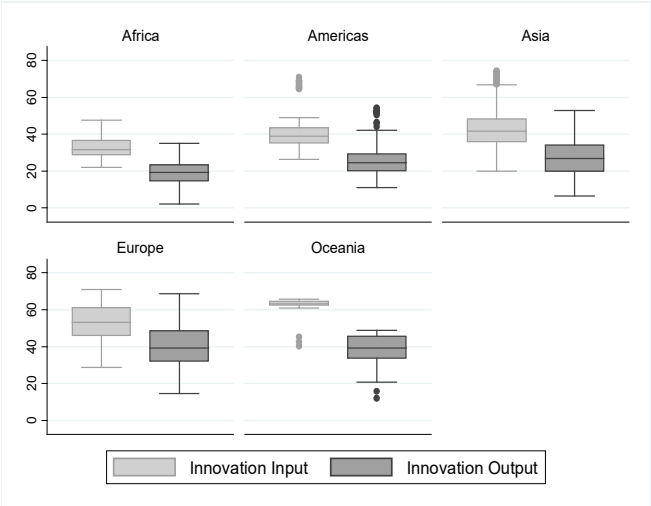
4.2 National Innovation Systems by continent

To begin with, the paper analyzes cross-regionally both sides of the innovation systems: the pillars related to the structure (inputs) followed by the performance (outputs), i.e. the results from the innovation activities. Figures 5 show how the GII changed since it was created in 2013 and the economies' sub-indexes distribution among regions (box plot).

FIGURE 5
GII's evolution and GII input/output, by continent (2013-2020)
5A – GII's evolution



5B – GII input/output



Source: GII.
Author's elaboration.
Obs.: Figure whose layout and texts could not be formatted and proofread due to the technical characteristics of the original files (Publisher's note).

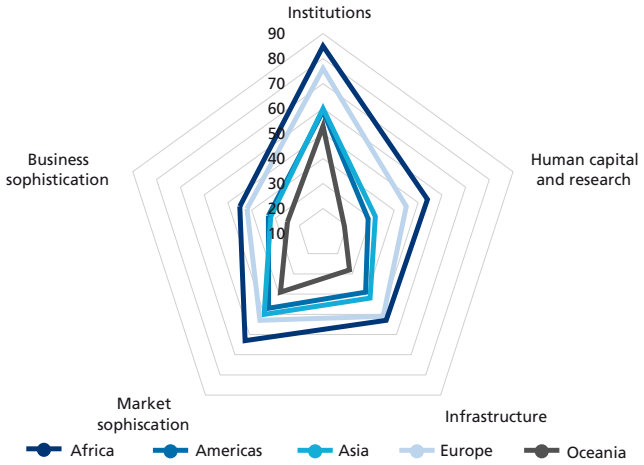
The line graph presents interesting insights. First, in general, innovation systems are quite different among continents, with Oceania and Europe always in the lead. On the other extreme, Africa and Asia have the worst scores on average. Their GII means have decreased over the analyzed period, which may be related to the methodological changes as it is not reflected in their position modification, except for the top ones before 2016. It is also worth highlighting that the gaps among the continents show different patterns. In previous years, Oceania and Europe and Asia and the Americas were ranked more closely. However, Africa seems to be continuously falling behind in the innovation race.

The second graph details the GII two sub-indexes in the form of a box plot, which helps compare the regions' and how are heterogeneity the countries scores inside their continents. Overall, the same ranks discussed above prevails in both input and output dimensions; however, the level of variation is quite diverse intra-regions. Except for Oceania, which only has two countries in the analysis (Australia and New Zealand), Asia in the innovation input score and Europe in the output index have the highest standard deviation, reflected by the box's interquartile range. On the other end, African nations have less uneven innovation structure and performance patterns, which indicates that under average GII indexes, the spread would be more homogenous across the continent. It is

worth mentioning that, in all three indexes, the means variations are statistically significant after running the Anova tests.

On the structure side, comparing the indexes scores also helps to understand the asymmetric patterns among regions. The five pillars of the input GII sub-index, which are critical components of the NIS, are constantly affected by the public policies at different levels. The radar chart (figure 6) displays each pillar means, which compares all five continents in a multidimensional perspective. The first impression from the graphs is that heterogeneity is the rule in the regions and among the indexes. The Anova tests demonstrated that, in all five input pillars, the average variations are statistically significant.

FIGURE 6
GII input indexes' pillars, by continent (2013-2020)



Source: GII.
Author's elaboration.

The institutional dimension attempts to reflect a comprehensive portrait of the countries' political economy' framework, including political, regulatory and, business environments. As expected, Oceania (85) and Europe (76) are top-ranked, while Africa (53) has the ranks the poorest. The American (58) and Asian (60) nations are in intermediary positions. Still, unevenness inside these continents is the highest, with the standard deviation of 15, which is not a surprise, considering the well-known historical instability in most of the political systems in these two regions.

Despite the complexity of this institutional arrangement, it seems that governments aiming to improve the NIS must develop and implement long-term policies and rules to provide friendly environments for investment

and entrepreneurship. In this sense, this non-trivial path should focus on a stable political atmosphere and quality in policymaking and public services. Moreover, the usual recommendations for the development of the private sector, in regulatory and business affairs, rely on formulating and implementing policies that respect the rule of law (contract enforcement, property rights, the police, and the courts) and ease of starting a business and for resolving insolvency, among other initiatives.

The HC&R pillar reflects the level and standard of education, tertiary education and R&D in the nations, a key determinant of the economy's innovative capacity. It is also a dimension affected by the public sector interventions because education is predominately a state function. And science, technology, and innovation (ST&I) are sometimes considered risky investments for private entrepreneurship. Externalities and social returns are high and strategic for long-term development in these areas, which justifies the state's presence as a protagonist player (Lundvall, 2010; Reynolds, Schneider and Zylberberg, 2019). As the last pillar, the rank remains in the same order and with a significant gap among regions. Americas (27) to Oceania (54) is double the first in the averages of the HC&R scores. It is also worth noting the diversity of the indexes' patterns even in the same continents, especially in Asia.

Regarding elementary and secondary education achievements, measured by expenditure and school life expectancy, surprisingly, the differences among countries are not so high. Despite the increasing level of priority given to primary education, it is not observed at the college level. It is well-known that higher education institutions provide qualified professionals and researchers to the business sector and produce research results employed in their innovation process. In this sense, it is worrisome how the scores are low in the continents with the poorest performance in this dimension.

In short, governments must build cohesive policies and budgeting prioritization, considering the close correlation between education and research for enabling an environment for knowledge production, technology transfer, and innovation. As a result, the quality and level of the pillar's three dimensions play a central role for economies to move up the value chain beyond simple production processes and products.

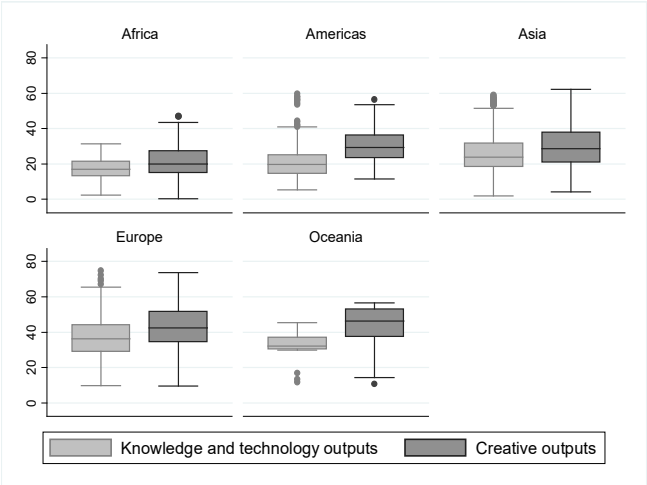
The infrastructure pillar involves ICTs, general (communication, transport, and energy), and ecofriendly environmental protection typically associated with increased productivity and efficiency, lower transaction costs, better access to markets, and consequence, sustainable growth. Once again, the regions' order in the rank is the same as Africa (28) in the worst position, on the other extreme, Oceania (53) and Europe (51) have not only the best indexes, but also proportionally less unevenness among their countries.

On the other hand, the market sophistication reflects a variety of dimensions that are to some extent less dependent on public sector intervention, such as investment environment, competition, and market scale. In sum, they represent complementary factors needed for innovation systems to raise funds and prosper. Based on the score's means, the economies positions are similar to the other pillars, but a highlight for the proximity between Europe (52), Asia (50) and Americas (47) with 20% of variation inside these regions.

Finally, another pillar less influenced by the government is business sophistication, which consists of how the private sector uses the human capital (knowledge workers and absorption) and the level of partnerships between public/private/academic. They are considered components of the NIS to promote business productivity and competitiveness by the employment of highly qualified professionals and technicians. It is worth noting how far the continents mainly composed by underdeveloped nations are from Oceania and Europe regarding the indexes.

On the performance end, the paper follows a similar logic to explore similarities and differences among continents. Besides the outputs' scores, the study also adds a discussion regarding its heterogeneity, both aspects depicted in the box plot below (figure 7) regarding the pillars KTOs and COs. In both cases, after running the Anova tests, the average variations are statistically significant. Moreover, overall, the output scores' ranks repeat the patterns observed in the input indexes.

FIGURE 7
GII output indexes' pillars, by continent (2013-2020)



Source: GII.
Author's elaboration.

The KTO pillar reflects the nation's achievement inventions and innovations by knowledge creation, impact, and diffusion activities. The distance between the Asian economies (26) is ever greater than Africa (17) and Americas (21) compared to ones noted in the input dimension. The former also has the highest disparity among its countries' performance. Europe has the second-highest standard deviation, but in this case, it leads the rank with a considerable range compared to all other continents, including Oceania (37 to 31).

Another performance pillar involves the capacity of the innovation system to be creative, including the provision of intangible assets, creative goods and services and, online creativity. The distances in the CO pillar index from Europe and Oceania to the rest are quite similar as in the previous output. The main difference comes from the better performance of America compared to Asia. Regarding heterogeneity, the CO's indexes present a much higher standard deviation in all continents than in the KTO pillar, which may reflect the distribution of science and technology (S&T) innovation clusters around the world. The top 100 clusters are concentrated in only 26 countries and the majority of them (over 70%) are in high-income economies. Except for China, which has seventeen S&T leading clusters, the emerging countries are represented only by Brazil, India, Iran, Turkey, and Russia, all of which have only eight innovation clusters (Dutta, Lanvin e Wunsch-Vincent, 2020).

4.3 A tentative typology for National Innovation Systems

The previous analyses presented the correlation between countries' innovation system inputs and outputs and economic prosperity and the evident gaps among continents in innovation structure and performance. In both cases, the empirical evidence demonstrates that heterogeneity among the economies is the rule, not the exception. However, these two aggregation strategies do not precisely describe how diverse the NIS are worldwide. First, the research looks for clusters using each country's average of the seven pillars scores of the GII index from 2013 to 2020. Table 1 displays the descriptive statistics of each variable.

TABLE 1
Descriptive statistics for cluster variables (2013-2020)

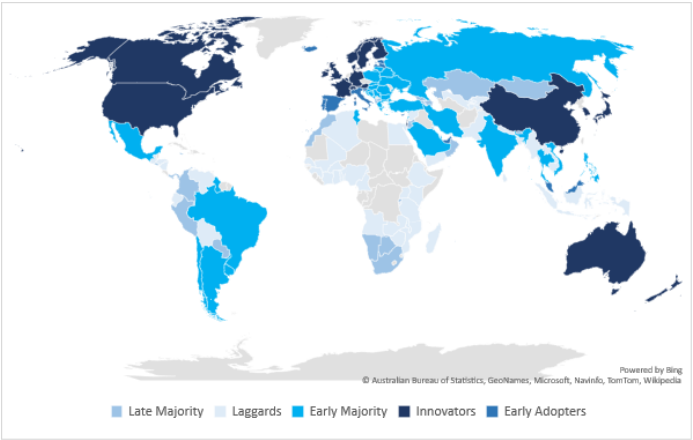
	N	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation
X_1 Institutions	148	18,7	94,3	62,2	15,7
X_2 Human capital and research	148	4,5	65,5	31,4	14,6
X_3 Infrastructure	148	12,7	66,1	39,8	13,3
X_4 Market sophistication	148	29,1	84,5	47,2	10,6
X_5 Business sophistication	148	10,1	64,2	33,4	11,3
X_6 Knowledge and technology outputs	148	2,5	67,7	25,9	12,6
X_7 Creative outputs	148	2,3	63,5	30,9	12,5

Source: GII.
Author's elaboration.

The paper employs the agglomerative hierarchical clustering methods, which begin with each observation being considered a separate group (*N* groups each of size 1). The closest two groups are combined (*N* – 1 group, one of size two and the rest of size 1), and this process continues until all observations belong to the same group, then, the process creates a hierarchy of clusters (Hair et al., 2006). Therefore, Ward's linkage clustering, a method that the similarity between two clusters is not a single measure of similarity but rather the sum of squares within the clusters summed over all variables, is employed. Considering that all seven variables are metric, squared Euclidean distance was chosen as the similarity measure. As a result, two stopping rules were used, the Calinski and Harabasz pseudo-F index and the Duda-Hart Je(2)/Je(1) index, that indicated the five-group solution as the most distinct from this hierarchical cluster analysis (Duda, Hart and Stork, 2001).

However, the cluster analysis results reinforce the heterogeneity rule detected in all seven dimensions with different patterns. To help the approach, an analogy well-known in the innovation literature is borrowed to name each group. Drawing from the Rogers (2003) seminal classification of innovation adopters, the paper adapts it to rank the types of country originated from the cluster analysis of their innovative structure and performance. It is worth mentioning that this is just an illustrative exercise to support the approach. The purpose is not to systematically compare these different observations but to show how the analyzed dimensions of the economies can also highlight a degree of stratification. In this sense, the five groups are ranked as follows: *innovators, early adopters, early majority*, *late majority*, and *laggards*. The figure 8 displays how the tentative typology is distributed around the globe.

FIGURE 8
GII indexes' pillars, by cluster groups (2013-2020)



Source: GII.
Author's elaboration.
Obs.: The countries in grey on the map are not included in the GII database.

The typology can be summarized as follows.

1) Laggards: the largest type of innovative economies are composed of 47 countries from Africa, Asia, and Latin America, but one common feature: low or lower-middle-income. These innovation national systems can be considered the most immature in the world (Lundvall et al., 2009), which may be a consequence not only of the notorious instability of their politics and the rule of law but also due to the magnitude of the market failures (Cirera and Maloney, 2017) and the characteristics of their economic production, mainly, agricultural focus with low added value.

2) Late majority: this group has twenty-nine nations also spread around the globe, including two Europeans (Albania and North Macedonia). They are primarily middle-income countries with low diversification and complexity in their economic production. In terms of innovation inputs, they share much higher scores in institutions, infrastructure and market sophistication than the laggards, whereas the outputs are very modest regarding human and technology capabilities.

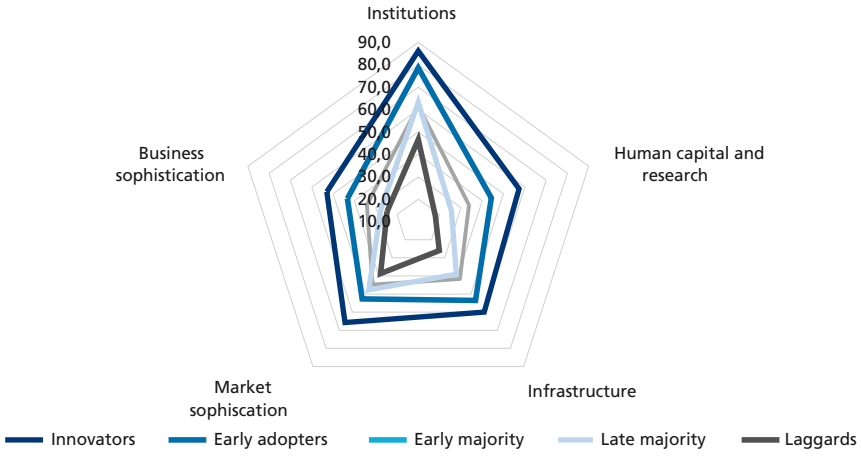
3) Early majority: the third type of innovation system is composed of 36 nations from middle to upper-middle-income countries. The group includes the greatest economies globally, such as Russia, Brazil, Mexico, and others that are part of the selected group, the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). They have GII scores a little above average, which reflects a more complex and diversified economy than the previous two groups. Nonetheless, these nations continue to struggle with technological processes that keep almost all of them in the middle-income growth trap (Agénor, Canuto and Jelenic, 2012).

4) Early adopters: the most reduced type of innovation system has 13 high-income members, especially from the Eastern Europe and the Mediterranean regions, and members of OECD. In general, their innovation structure and performance, measured by the GII indexes, enable them to be considered prosperous economies. If not leaders in the field, at least they have mature NIS (Lundvall et al., 2009). Outside Europe, two countries are positive surprises: Malaysia and the United Arab Emirates. The former has been sophisticating its economic capabilities following the example of other prosperous eastern Asian countries, while the Arabic nation is paving a different way from its neighbors by investing in innovation to overcome the restricted oil-dependent economy.

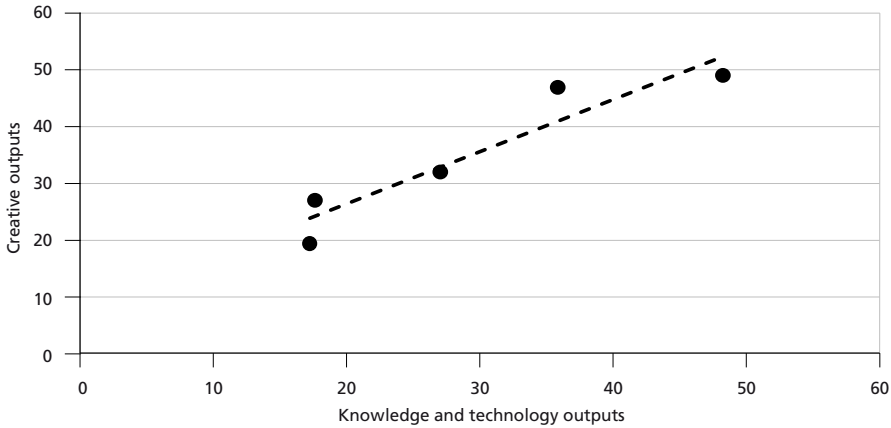
5) Innovators: the top-ranked type of innovation system has 22 economies distributed in four continents. The group, composed of developed anglo countries, Western Europe and Eastern Asia, leads all seven GII indexes, impacting not only their wealth but also the complexity and specialized level of their economic capabilities and production. These NIS aggregate high-income nations that have strategically prioritized this policy agenda and the Asian Tigers (South Korea, Taiwan, Singapore and Hong Kong), which went through the desired technological catch-up process in the last four decades. Once again, China stands out because it is the only upper-middle-income country in this cluster and has improved its rank, for instance, in the output dimension, from 35th to 14th in just eight years. Moreover, this outstanding performance tends to improve, considering that the Asian nation has 17 of the 100 clusters S&T intensity, the number behind only from the United States of America (25 clusters).

The two charts below (figure 9) display the inputs and outputs variables, grouped by each NIS type.

FIGURE 9
GII indexes' pillars, by cluster groups (2013-2020)
9A – GII inputs of cluster groups



9B – GII outputs of cluster groups



Source: GII.
Author's elaboration.

The radar chart shows the average inputs indexes, previously discussed in figure 6, now organized by the five cluster groups. First, the distance from the countries best ranked (innovators and early adopters) to the rest is much higher than when aggregated by continents. The means in almost all dimensions from *early majority* and *late majority* (except for HC&R) is quite similar to the Americas and Asia. In contrast, the laggards countries have indexes averages close to the ones identified in Africa. As expected, the groups have more homogeneous scores, depicted by lower standard deviation. In addition, the clustering allows one to identify similarities, especially among innovators, that dilated all their inputs indexes means and demonstrated how advanced these countries are in terms of innovation structure.

In the same direction, the scatter plot above shows the distribution of the output indexes means of the five types of countries. The laggards have the worst outputs performance. However, the distance from the late majority group is very short in the KTO results. The early majority appears precisely between them and the early adopters. The latter shows a good performance in both dimensions, but they are still far from the top nations' outputs. Finally, the innovators stand out, reflecting the reduced but highly productive set of countries leading the innovation worldwide. Another interesting aspect of the graph is the tendency line (dashed), which indicates how correlated these two results variables are. In general, around 90% of the performance by the countries in the KTO is followed by similar achievement regarding the COs.

5 FINAL REMARKS

As the paper title states, heterogeneity is the rule, not the exception, regarding the NIS. It is not a novelty, but it still lacks empirical knowledge on how this uneven pattern occurs. In this context, comparing countries' innovation structure and performance worldwide under a different perspective make the inquiry's findings so original and relevant.

These exploratory analyses are essential for two main reasons. First, the fact that innovation growth is driving nations' economic progress and competitiveness. Secondly, the increasing consensus that a thriving innovation system depends on a comprehensive and complementary political economy approach, including institutions, knowledge, HC&R, financial resources, and infrastructure, among others.

In all paper's analyzes, the inequality among economies was quite evident. First, comparing countries' income levels and their innovation indexes, the results reinforce that the higher the economic development, the better the innovative capacity, as expected. However, the correlations between these two aspects were not precise since some rich nations do not have a mature NIS, as in the Middle East cases. In contrast, others with intermediate income levels show a high standard in innovation, such as China. Besides, the analysis also demonstrated that the GDP is more correlated with the nations' performance indexes than with innovation structure.

In the regional threshold, the findings highlighted that Europe and Oceania have the most sophisticated innovation systems, whereas Africa, on the other hand, occupied the lowest rank in the GII. The paper also mapped the uneven patterns inside the continents, evident in all GII pillars of innovation inputs and outputs, especially in the Americas and Asia.

The third approach added more complexification to the analysis by proposing a unique taxonomy of NIS from clustering with the seven GII sub-pillars indexes. The results generated five types of NIS that aggregated a high level of similarities inside each group of countries and showed the degree of distance among them. Then, the cluster analysis displayed an even more accurate description of how countries are in terms of innovation inputs and outputs than the income or continent cohorts. The main message is that the world *innovators*, followed by *early adopters*, have built NIS with similar features that cross the regional borders and encompass all the complementary dimensions of the mature innovation systems depicted by the literature (Lundvall et al., 2009; Cirera and Maloney, 2017; Fagerberg, 2017).

In short, the inquiry brought some interesting findings, especially because it provided different views of the NIS disparities around the world based on the employment of complementary methodological strategies. Nevertheless, they must be considered with caution because of the well-known limitations of

comparison on comprehensive surveys used by the GII, such as the World Banks's "good governance" indexes (Andrews, 2008) and the *Doing Business*, which was recently discontinued due to a variety of data irregularities in recent editions.[4]

In this sense, for future research agendas, another approach to advance in innovation systems research is to focus on qualitative analysis to comparatively investigate the institutional features and constraints embedded in pivotal countries' innovation dimensions, for instance, by employing qualitative comparative analysis (QCA). The second alternative is to discuss empirical insights of drivers and barriers for the continuing and dynamic innovation growth. This strategy may involve in-depth case studies, i.e., an up-close and detailed examination of how the successful innovation policies are designed and implemented. In this sense, the analysis must focus on governmental capabilities, organizations, and initiatives to deal with different issues, such as the range of the state roles, the balance between coordination versus fragmentation, the degree of public-private partnership, the effectiveness of ST&I strategies, and national plans.

Nonetheless, the progress in exploring how innovation systems are structured and actually operate is undoubtedly a prominent subject for the innovation and development field of study. It is even more important because the concepts are still evolving. Simultaneously, there is an increasing demand for evidence-based knowledge for better NIS in different political, economic, and administrative realities in which innovation policies are formulated and implemented worldwide.

Therefore, it is also crucial to continue the efforts to understand the cases of nations that have improved their high level of innovation capacity, those that experienced successful catch-up processes, and the developing countries which are still struggling to increase innovation to overcome their lagging productivity. Additionally, these studies may also offer new insights regarding how they face the occurrence of a phenomenon similar to "great divergence", i.e. when few exceptions of rich nations continue to pull ahead.

REFERENCES

ADEBOWALE, B. A. et al. Innovation research and economic development in Africa: introduction. **African Journal of Science, Technology, Innovation and Development**, v. 6, n. 5, p. 5-11, 2014.

AGÉNOR, P. R.; CANUTO, O.; JELENIC, M. **Avoiding middle-income growth traps**. Washington: World Bank, 2012. (Economic Premise, n. 98).

4. Available at: <https://bit.ly/3LYSnoG>.

ANDREWS, M. The good governance agenda: beyond indicators without theory. **Oxford Development Studies**, v. 36, n. 4, p. 379-407, 2008.

CASTELLACCI, F.; NATERA, J. M. The dynamics of national innovation systems: a panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity. **Research Policy**, v. 42, n. 3, p. 579-594, 2013.

_____. Innovation, absorptive capacity and growth heterogeneity: development paths in Latin America 1970-2010. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 37, p. 27-42, 2016.

CIRERA, X. **A practitioner's guide to innovation policy**: instruments to build firm capabilities and accelerate technological catch-up in developing countries. Washington: World Bank, 2020.

CIRERA, X.; MALONEY, W. F. **The innovation paradox**: developing-country capabilities and the unrealized promise of technological catch-up. Washington: World Bank, 2017.

COZZENS, S.; KAPLINSKY, R. Innovation, poverty and inequality: cause, coincidence, or co-evolution? In: LUNDVALL, B-A. (Ed.). **Handbook of innovation systems and developing countries**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009. cap. 3.

DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. **Pattern classification**. 2nd ed. New York: Wiley, 2001.

DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. (Ed.). **Global Innovation Index 2019**: creating healthy lives – the future of medical innovation. Geneva: Wipo, 2019. 451 p.

_____. (Ed.). **Global Innovation Index 2020**: who will finance innovation? Geneva: Wipo, 2020. 448 p.

EDLER, J.; FAGERBERG, J. Innovation policy: what, why, and how. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 33, n. 1, p. 2-23, 2017.

FAGERBERG, J. Innovation policy: rationales, lessons and challenges. **Journal of Economic Surveys**, v. 31, n. 2, p. 497-512, 2017.

HAIR, J. et al. **Multivariate data analysis**. 6th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006.

IOOTTY, M. **Assessing innovation patterns and constraints in developing East Asia**: an introductory analysis. Washington: World Bank, 2019. (Policy Research Working Paper, n. 8706).

KATTEL, R.; MAZZUCATO, M. Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector. **Industrial and Corporate Change**, v. 27, n. 5, p. 787-801, 2018.

KAUFMAN, L.; ROUSSEEUW, P. J. **Finding groups in data**: an introduction to cluster analysis. New York: Wiley, 1990.

LACASA, D. et al. Paths of technology upgrading in the BRICS economies. **Research Policy**, v. 48, n. 1, p. 262-280, 2019.

LASTRES, H.; CASSIOLATO, J. Innovation systems and local productive arrangements: new strategies to promote the generation, acquisition and diffusion of knowledge. **Innovation**: Organization and Management, v. 7, n. 2-3, p. 172-187, 2005.

LIN, J. Y. From flying geese to leading dragons: new opportunities and strategies for structural transformation in developing countries. **Global Policy**, v. 3, n. 4, p. 397-409, 2012.

LUNDVALL, B-Å. (Ed.). **National systems of innovation**: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Anthem Press, 2010. 404p.

_____. Innovation systems and development: history, theory, and challenges. In: REINERT, E. S.; GHOSH J.; KATTEL, R. (Ed.). **Handbook of alternative theories of economic development**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2016. p. 594-612.

LUNDVALL, B-Å. et al. **Handbook of innovation systems and developing countries**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009.

LUNDVALL, B-Å.; INTARAKUMNERD, P.; VANG, J. **Asian innovation systems in transition**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2006.

MAZZUCATO, M. **The entrepreneurial State**. London: Anthem Press, 2013.

NELSON, R. Economic development as an evolutionary process. In: REINERT, E. S., GHOSH J.; KATTEL, R. (Ed.). **Handbook of alternative theories of economic development**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2016. p. 323-335.

RADOSEVIC, S.; YORUK, E. Technology upgrading of middle-income economies: a new approach and results. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 129, p. 56-75, 2018.

REYNOLDS, E. B.; SCHNEIDER, B. R.; ZYLBERBERG, E. **Innovation in Brazil**: advancing development in the 21st century. London: Routledge, 2019.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 5th ed. New York: Free Press, 2003.

WORLD BANK. **Innovation policy**: a guide for developing countries. Washington: World Bank, 2010.

COOPERATING IN ASYMMETRIC CONTEXTS: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH TO ST&I NEGOTIATIONS INVOLVING DEVELOPING COUNTRIES[1]

Iara Leite[2]

What drives the implementation of international cooperation in science, technology and innovation (ST&I)? Why do negotiations in some areas evolve to concrete measures and others do not? What factors explain variations in implementation in initiatives with different countries? At which circumstances can implementation be effective from the point of view of developing countries? To answer those questions this paper proposes an interdisciplinary theoretical framework that draws on studies from international politics, political economy, foreign policy analysis, science and technology policy and history of science and technology. The paper departs from conceptual and theoretical elaborations on power and shows how they relate to ST&I and asymmetric negotiations involving developing countries and powerful counterparts. It concludes by an attempt to integrate key points raised by the revised literature, proposing four patterns on implementation and non-implementation and illustrating them with suggested cases for future research on Brazil-United States nuclear and aeronautic agreements and Brazil-China space and agriculture agreements.

Keywords: science, technology and innovation; international cooperation; power; foreign policy; developing countries.

COOPERANDO EM CONTEXTOS ASSIMÉTRICOS: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR ÀS NEGOCIAÇÕES EM CT&I ENVOLVENDO PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

O que impulsiona a implementação da cooperação internacional em ciência, tecnologia e inovação (CT&I)? Por que negociações em algumas áreas evoluem para medidas concretas e outras não? Que fatores explicam as variações na implementação de iniciativas com diferentes países? Em que circunstâncias a implementação pode ser eficaz do ponto de vista dos países

---

1. This paper is an output of a research project that started in 2016, supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Edital Universal 2016; Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes; Pesquisador Visitante no Exterior – PVEX 2019). The research involved a couple of master students and several undergraduate students, who raised quantitative and qualitative information on Brazil's science, technology and innovation (ST&I) agreements with particular countries and the latter's ST&I diplomacy towards Brazil, resulting in monographs that are available at: <ricti.ufsc.br> and in a forthcoming book. Iniatially it was believed that statistical inferences could be drawn from a database built by Eliza Brites and Paula Werlang (PIBIC research assistants), co-supervised by this paper's author and by economist Gilson Geraldino Júnior, that systematized bilateral agreements containing ST&I elements available at the Brazilian Ministry of Foreign Affairs' Concórdia Platform. However, challenges related to building a comprehensive inventory of implementation instruments derived from specific bilateral umbrella ST&I agreements, which have also been faced by analysis beyond the case of Brazil (Fikkers and Horvat, 2014), prevented big-N inferences that could lay the ground for the subsequent identification of cases to be explored by qualitative research. Therefore the research approach has been exploratory and focused on proposing frameworks and hypotheses for future research. Besides thanking the whole team involved in the project and its financing agencies, I would also like to thank Prof. John Krige for his uncountable and precious insights during and after the time I spent at Georgia Tech as a visiting researcher.

2. Associate professor at the Department of Economics and International Relations of Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); master in international relations at Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio); PhD in political sciences at Instituto de Estudos Sociais e Políticos of Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IESP/UERJ); and coordinator of CNPq research group International Relations and Science, Technology and Innovation (RICTI). Orcid: <0000-0001-6118-2459>. E-mail: <iaracleite@hotmail.com>.

em desenvolvimento? Para responder a essas questões, este artigo propõe um referencial teórico interdisciplinar que se baseia em estudos de política internacional, economia política, análise de política externa, política científica e tecnológica e história da ciência e tecnologia. O artigo parte de elaborações conceituais e teóricas sobre poder e mostra como elas se relacionam com CT&I e negociações assimétricas envolvendo países em desenvolvimento e contrapartes poderosas. Conclui em uma tentativa de integrar pontos-chave levantados pela literatura revisada, propondo quatro padrões de implementação e não implementação de negociações de CT&I e ilustrando-os com sugestão de casos para pesquisas futuras de acordos nos âmbitos nuclear e aeronáutico assinados entre Brasil e Estados Unidos e espaciais e agrícolas assinados entre Brasil e China.

Palavras-chave: ciência, tecnologia e inovação; cooperação internacional; poder; política externa; países em desenvolvimento.

COOPERANDO EN CONTEXTOS ASIMETRICOS: UN ABORDAJE INTERDISCIPLINARIO A LAS NEGOCIACIONES EN CTI INVOLUCRANDO PAÍSES EN DESAROLLO

¿Qué impulsa la implementación de la cooperación internacional en ciencia, tecnología e innovación (CT&I)? ¿Por qué las negociaciones en algunas áreas evolucionan hacia medidas concretas y otras no? ¿Qué factores explican las variaciones en la implementación de iniciativas con diferentes países? ¿En qué circunstancias puede ser efectiva la implementación desde el punto de vista de los países en desarrollo? Para responder a esas preguntas, este artículo propone un marco teórico interdisciplinario que se basa en estudios de política internacional, economía política, análisis de política exterior, política científica y tecnológica e historia de la ciencia y la tecnología. El artículo parte de elaboraciones conceptuales y teóricas sobre el poder y muestra cómo se relacionan con CT&I y negociaciones asimétricas que involucran a países en desarrollo y contrapartes poderosas. Concluye en una tentativa de integrar puntos-clave planteados por la literatura revisada proponiendo cuatro patrones sobre la implementación y no implementación de negociaciones de CT&I e ilustrándolos con sugerencias de casos para investigaciones futuras de acuerdos nucleares y aeronáuticos Brasil-Estados Unidos y acuerdos espaciales y agrícolas Brasil-China.

Palabras clave: ciencia, tecnología e innovación; cooperación internacional; poder; política exterior; países en desarrollo.

JEL: F5.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art4

Data de envio do artigo: 18/2/2022. Data de aceite: 4/3/2022.

1 INTRODUCTION

At the onset of the covid-19 pandemic, a lot of attention has been given to international science and technology collaboration and competition (Dantas, Mascarello and Sant'Anna, 2020; Mascarello, 2020). Efforts to promote global knowledge sharing aimed at containing the pandemic have been accompanied secrecy and competition between teams working on specific vaccines, as well as by the increasing engagement of leading scientists in national response teams (Krige and Leonelli, 2021), preventing full implementation of international collaborative initiatives.

Drawing on studies from international politics, political economy, foreign policy analysis, science and technology policy and history of science and technology, this paper explores what drives the implementation of international cooperation in science, technology and innovation (ST&I). Why do negotiations in some areas evolve to concrete measures and others do not? What factors explain variations in implementation in initiatives with different countries? At which circumstances can implementation be effective from the point of view of developing countries?

Though discussions may seem highly abstract, the selection of topics has been grounded in a research on Brazil's bilateral ST&I cooperation with countries that occupy higher positions in ST&I. The article departs from conceptual and theoretical elaborations on power and shows how they relate to ST&I (section 1) and to asymmetric negotiations involving powerful countries and developing ones (section 2). Concluding remarks propose a framework to integrate key issues raised in the article by suggesting four patterns of implementation and non-implementation of ST&I agreements and illustrating them with cases of ST&I agreements signed by Brazil with the United States and China, to be further explored in future research.

2 POWER, ST&I, AND INTERNATIONAL COOPERATION

One of the main political science debates is on the faces of power: the first one refers to the ability to set agendas in a particular area; the second encompasses the ability to exclude issues from certain agendas; and the third, which can be connected to the definition of soft power, relates to the ability to change minds and preferences of counterparts, leading them to do something they would not otherwise do (Baldwin, 2013). Whereas those debates have influenced, to some extent, elaborations on power in international relations (IR), the most traditional realist assessments of power in IR are centered in the so-called "capabilities", that is, power resources accumulated by a country in different dimensions – military, economic, territorial etc.

Though, for instance, IR realists acknowledge the role of ST&I in adding up to economic and military capabilities (Morgenthau and Thompson, 2004; Waltz, 1979),[3] in general ST&I is not a central topic to IR (Mayer, Carpes and Knoblich, 2014; Skolnikoff, 1993; Weiss, 2005), and few have offered encompassing analysis on ST&I as a source of power. According to Susan Strange (1994, p. 121), part of the puzzle of grasping the centrality of knowledge in international political economy dynamics relates to the fact that the structural power emanating from

3. According to Waltz (1979) ST&I can be a vehicle for autonomy, for instance by allowing the discovery of alternative energy resources, but if technological autonomy is chosen to the detriment of competitiveness a state can lose power.

it relies not only on the ability to provide knowledge, but also to deny it – either through material constraints, by restricting transmission channels, for instance; or through ideational ones (having the power to be acknowledged by others as possessing the "right", desirable knowledge). This means that ST&I is not simply something a country possesses and a means to accumulate hard capabilities; it is also part of a performance that influences decisions made by others – such as to which universities a country should send its brightest students or where multinationals should allocate research and development (R&D) activities.[4]

What is commonsense in liberal-inspired IR scholarship is the acknowledgement of science and technology as causing increasing interconnectedness and leading states to abdicate to fully autonomous decision-making in order to face common challenges. According to Skolnikoff (1993), however, as science and technology operate in specific (and diverse) social, political and economic contexts they cannot be treated as pure independent variables. He also disagrees that technological revolutions have been undermining basilar principles of of international relations. Sovereignty still matters, though autarchy should not be pursued as economic competitiveness demands taking part in global networks. In that context power is not only built on traditional geopolitical capabilities such as population size and natural resources, but also, and increasingly, on people's skills and policy effectiveness (Skolnikoff, 1993).

Policy effectiveness can be connected to early discussions on capabilities related to the quality of government – or the ability to select achievable policy aims, design legitimate and representative policies and allocate the needed material and human resources to implement them (Morgenthau and Thompson, 2004) – and to the very definition of the state:

> [a]n organization, composed of numerous agencies led and coordinated by the state's leadership (executive authority) that has the ability or authority to make and implement the binding rules for all the people as well as the parameters of rule making for other social organizations in a given territory (Migdal, 1988, p. 19).

State-society relations are a key element of policy effectiveness and of power as both depend on a state's ability to mobilize the tangible and intangible resources needed from societies to implement policies (Kugler and Domke, 1986; Mastanduno, Lake and Ikenberry, 1989; Migdal, 1988). State-society relations also influence power in international negotiations because the degree of governmental porosity to societal demands impacts the size a country's win set:

4. It has become popular, among science diplomacy scholars and policy analysts or documents (Flink and Schreiterer, 2010; Ruffini, 2017; The Royal Society, 2010), to state that science is an instrument soft power, that is, "the ability to affect others through the co-optive means of framing the agenda, persuading, and eliciting positive attraction in order to obtain preferred outcomes" (Nye, 2011, p. 20-21). Many science diplomacy documents and analysis, however, tend to hold a positive normative stance towards science and its role in bringing cooperation and peace to relations among states (for a couple of very recent critical reviews of science diplomacy discourses and practices, see Adamson and Turchetti, 2020 and Ruffini, 2020).

the more porous, the more domestic preferences are imprinted, and therefore the less an international negotiator will be able to make concessions (Putnam, 1988). At the same time, implementing international agreements depends on societal actors, thus they need to be involved in negotiations if there is a real interest in effecting their results – otherwise a country's reputation in future negotiations can be compromised, though leaders can allege defection was caused not by their will, but because of domestic opposition (Putnam, 1988).

Nevertheless, as acknowledged by both economic and military-centered analysis (Haskel, 1980; Kugler and Domke, 1986), not only domestic dynamics matter in the search for policy effectiveness and power. Being able to raise foreign resources can be crucial for several reasons, including alleviating pressures on extraction from domestic societies (Mastanduno, Lake and Ikenberry, 1989); and obtaining political support from foreign counterparts that either strengthens the negotiator's position vis-à-vis its own domestic interest groups and institutions (in case powerful ones oppose such position) or raise the costs of non-agreement by the counterpart negotiator (by mobilizing the latter's constituents to support an agreement) (Putnam, 1988).

In international ST&I dynamics, foreign resources involve not only the pecuniary kind, but also access to research infrastructure, discoveries, evidences, datasets, and talents. How accessing them relates to power is clearly put by Skolnikoff (1993, p. 229) when he states that

> a nation's performance in science and technology, vital to its competitive success, is now dependent not only on its indigenous scientific and technological capabilities, but also on its ability to stay abreast of progress in other advanced countries and to use that progress effectively in its own research and innovative activities.

However, it is important to bear in mind that ST&I collaboration is not necessarily about ST&I itself. In some situations, the need to strengthen an ally in the face of a challenger may favor critical knowledge sharing to support real development of a partner, even to the detriment of one's economic interests (Mastanduno, 1991). In other situations, the private sector can have a critical role in implementation by hindering it when knowledge sharing can compromise exports (Moravscik, 1992). One might also wonder whether technological sharing could be promoted even in such cases, especially when the partner's ability to really learn from and use that knowledge is severely limited.

As also acknowledged by literature on science diplomacy, a rapidly diffusing policy field in the context of growing competition for access to emerging markets (Flink and Schreiterer, 2010), the promotion of science networks can be a vehicle for political purposes, such as using ties between scientists to improve the image of a country vis-à-vis the society of an unfriendly state; or a tool to advance

economic purposes, using collaboration to introduce a higher added value product still not exported to the partner country, to identify biodiversity with potential commercial applications, or to attract talents (Leite and Gayard, 2019).

Historians of science and technology have long studied connections between ST&I, state power and international relations. At least three features of their findings should be stressed. First, differently from most IR studies (Baldwin, 2013), power related to ST&I is not assumed to be exclusively an independent variable, as a country does not build its ST&I power on its own indigenous efforts and resources only. That is clear, for instance, when Krige (2014, p. 234), analyzing United States-United Kingdom nuclear scientific collaboration in the 1960s, stressing it was not symmetric, but still reciprocal, states that "American 'self-sufficiency' in weapons development is a myth; U.S. weapons are hybrid objects, not purely national products." Nevertheless, establishing scientific and technological transnational networks is not enough for promoting one's advancement in science and technology. Preparedness to receive and use scientific and technological resources from abroad has also been crucial since the emergence of modern science (Basalla, 1967; Mcleod, 2000), and it is not related to technical and institutional capacities only. Trust is also a crucial element, and whereas it was present among United States-United Kingdom nuclear scientists it lacked in many other relations throughout the centuries – for instance, between Russian and Transhimalayan communities in the 19th century, when the former tried many times, in vain, to use knowledge on the region that Russian geographers became acquainted with while interacting with their Victorian counterparts (Raj, 2002).

Second, differently from IR liberal scholarship inspired in game theory, historians of science and technology do not see cooperation and competitiveness as opposite dynamics (Leite and Gayard, 2019). Cooperation is not only about strengthening its participants' competitiveness towards outsiders (Axelrod, 2006), but it can be promoted to enhance a state's power vis-à-vis the very partners involved in collaborative initiatives. Again, this is visible in nuclear affairs, where

> [t]echnological collaboration allows access to the programs of the other; denial closes down the dialogue. Collaboration may encourage proliferation, but it can also redirect or even retard it. Scientists and engineers who have access to the research sites and plans of their foreign colleagues can gain a pretty good idea of their level of competence, and can often infer from that and informal conversations what their future plans are (Krige, 2016, p. 164).

In scientific and technological nuclear collaboration involving the United States in the 1960s its power emanated from the ability to define the agenda, both in delimiting which technologies would be denied and which would be shared (Krige, 2016) and under which institutional structure collaboration would be implemented, mainly (though far from exclusively) with untrusted partners. By that time Gaullist France was already a nuclear power, and the United States not only sponsored its

vigilance by other European countries through support to the creation of the European Launcher Development Organization (Eldo), but also took part, through National Aeronautics and Space Administration (Nasa), at the development of its joint satellite launcher, making sure that propulsion technology sharing would rely on non-storable liquid propellants – therefore not adding up to France's missiles program, which relied on solid fuels (Krige, 2014). In other cases, denial to strengthen other countries' nuclear capacities was accompanied by incentives aimed at raising their symbolic status as technological powers in other areas, such as when Johnson sponsored United States collaboration in civil space with Germany (Krige, 2014) and in physical environmental sciences with India (Doel and Harper, 2006).

Third, a group of historians of science claims that the study of transnational dynamics – scientist-to-scientist collaboration – should not be isolated from traditional approaches on the role of states and their interests. Though scientists can be seen as agents in the sense that they connect to each other following endogenous scientific purposes – enhancing their research's visibility and raising or sharing financial, physical and human resources (Wagner, 2006; Wagner, Park and Leydesdorff, 2015) –, there are also patronage mechanisms through which states shape scientific exchange agendas and environments (Turchetti and Roberts, 2014) or simply allow laissez-faire to operate in order to create an apparently neutral, horizontal and trustful atmosphere, and therefore a very proficuous one for intelligence gathering (Krige and Barth, 2006). Studies on the intersection between transnational networks and traditional international dynamics usually focus on scientific collaboration during the Cold War, but according to a volume on geosciences "the coexistence of scientific and intelligence ambitions should be regarded as ubiquitous rather than episodic" (Turchetti and Roberts, 2014, p. 4).

3 INTERNATIONAL ASYMMETRIES AND ST&I NEGOTIATIONS

Many science and technology policy scholars have indicated that after the Cold War there has been a growth in scientific transnational networks, that such growth has not been influenced by states and that the open character of such networks can favor less developed countries. For instance, Wagner, Park and Leydesdorff (2015, p. 12) found that

> [t]he growth of the global network is an emerging organization added to (and possibly superseding) the national model. The organization may be open to new members, since greater density of the network and the lowered betweeness measures suggest that fewer of the communications pass through the leading nodes or countries. This may mean reduced influence for advanced countries, and shifting of power to some "peripheral" nodes. (…) This dynamic system, operating orthogonally to national systems, is increasingly difficult to influence and even less amenable to governance as it grows. This does not mean that nations must build

and international governance mechanism, but that they must learn to manage and benefit from a network.

However, though data suggest that emerging countries such as the BRICS have enhanced their participation in excellence research and in networks with traditional leading countries (Bornmann, Wagner and Leydesdorff, 2015), part of them and many other developing countries can still face structural challenges that hinder the effective management of scientific, and also technological, networks.

Literature on comparative foreign policy indicates that not all countries are equally able to mobilize domestic and foreign resources in order to achieve national interests. There is plenty of discussion on how states behave differently depending on the domestic structure of state-society relations. In contrast to authority centralization in strong states (Katzenstein, 1976) or hard states (Mastanduno, Lake and Ikenberry, 1989) – due to factors such as the historical precedence of bureaucratic institutions over representative ones (Katzenstein, 1976) or the need for the state to take a leading role in industrialization (Evangelista, 1997) –, in weak states or soft states authority is decentralized and policy processes are bottom up (Evangelista, 1997). Since the latter are more porous to societal demands, and more constrained by social resistance, they tend to develop international strategies in order to pursue state goals, whereas hard states can achieve the latter through domestically-extracted resources. If a soft state is also a powerful one it will be more successful in extracting resources from abroad, and have less incentives to rely on domestic mobilization. Less domestic mobilization tends, however, to negatively impact the competitiveness of soft and powerful states in the long run. This challenge can also characterize hard-powerful states, which, though being able to combine internal mobilization and external extraction, rely on state-led mobilization, and therefore on less effective wealth accumulation strategies (Mastanduno, Lake and Ikenberry, 1989).[5]

Mastanduno, Lake and Ikenberry (1989) also explicitly incorporate the case of developing countries and "late comers" to their model. Part of them can be grouped in a less-powerful-soft-state pattern. Finding a hard time to mobilize and extract resources domestically, and not possessing coercive capabilities to extract resources from abroad, states on that group can develop international validation strategies aimed at strengthening their legitimacy at home, such as obtaining

5. Domestic structures affect not only foreign policy decision-making, but also innovative capacities. Researching the case of weapons innovation during the Cold War, Evangelista (1997) claims that whereas the American program was grounded in independent entrepreneurs' initiatives – whose strength emerged historically due to the fact that the United States industrialization process was more gradual, less constrained by international pressures and led by the private sector –, in the case of the soviets weapons innovation processes relied in top down decisions, responding to the need to counter innovations made by the United States. Contrarily to the United States, Russia's industrialization pattern, just like China's, is a "late, late" one: "[u]nder extreme international pressure, communist elites in these countries undertook costly campaigns of forced-draft industrialization to catch up with their more advanced competitors. The political outcome of such 'revolutions from above' included highly centralized, strong states with weak, even atomized societies" (Evangelista, 1997, p. 209).

symbolic support from international organizations. However, those strategies neither contribute to accumulating international power nor to effective domestic mobilization, as extraction happens to the benefit rent-seeking coalitions. Less powerful but hard, centralized states, would be able to escape that trap as, though still unable to extract resources from abroad, they would succeed in internal mobilization and therefore in wealth accumulation.

Developing countries can be less powerful not only in the sense of not being able to extract resources from abroad, but also to control the access of outsiders to their domestic resources (Haskel, 1980). This weakness can be associated to a pattern Migdal (1988) calls "weak states, strong societies", that is, domestic structures that are characterized by policy implementation ineffectiveness (even in cases where leaders do want social changes to take place and apparently possess the necessary means to effect them) and resistance from strong societal groups that can capture parts of the state or be supported by them. In such situations noncompliance is the rule, and the latter

> is not simply personal deviance or criminality or corruption; rather, it is an indication of a more fundamental conflict over which organizations in society, the state or others, should make these rules. These struggles are not over precisely which laws the state should enact or how the state's laws or constitution should be interpreted; these struggles, after all, are decided within *state* organs, legislatures and courts. Instead, these struggles are much more fundamental, reaching beyond marginal deviance and beyond the formal roles of any existing political institutions in the society. These struggles are over whether the state will be able to displace or harness other organizations – families, clans, multinational corporations, domestic enterprises, tribes, patron-client dyads – which make rules against the wishes and goals of state leaders (Migdal, 1988, p. 31).

The strength of societal groups in developing countries described by Migdal (1988) is historically imbricated with transnational connections built with the global market backed by powerful states which, in a context marked by the emergence of the Industrial Revolution in Europe and its technological and administrative impacts, have been able to access and manage societies in a global scale aiming at guaranteeing markets, supplies and commodities.[6]

6. The historical processes that pervade weak-states-strong-societies structures are complex but can be summarized as follows: starting in the middle of the 19th century and having fully integrated the whole globe by the beginning of the 20th century, a sudden and deep European-states-supported penetration of the world economy in developing regions weakened strong societal groups that had previously been isolated from the influence colonial empires and new independent governments. Western-inspired policies implemented by indigenous regimes (either to comply to Western powers or because they believed they were the formula to wealth and power) ended up strengthening societal groups that kept successfully resisting centralization. That was the case, for instance, of (not-coincidentally) similar shifts in land tenure in many disconnected parts of the developing world that resulted in increasing yields and export crops. Though many leaders expected to have more control over their respective territories, landlords hostile to centralization emerged and accumulated strength thanks to their increasing integration to the world market economy and to the support of local populations benefited by it (Migdal, 1988).

Domestic structures that are particular of the trajectory of developing countries can produce very specific effects on their foreign policy, suggesting limitations of foreign policy frameworks built on empirical evidence from developed countries. One of the most popular frameworks is the organizational process one (Allison, 1971), which focuses on how foreign policy decisions made by leaders are delimited by regularized patterns and priorities developed under bureaucratic organizations specialized in particular issues and whose permanent staff systematically filters a great volume of information collected by several input-contact points. In developing countries bureaucracies are not as complex and as differentiated, and therefore not as systematic in acting on information – a role that is usually performed by different people in different administrations and also relying on few input-contact points – and in channeling it to top decision makers. The latter's choices in foreign policy, therefore, are not circumscribed by bureaucracies in a consistent and systematic way. In that context leaders may find the information or people who transmit them unreliable and ignore previous decisions made by subordinates (Migdal, 1972).

A second popular foreign policy approach is the bargaining one, called "bureaucratic politics paradigm" by Allison (1971). It focuses on the interaction between leaders with different stakes, personalities and hierarchic positions that possess power and skills to either promote or oppose a certain agenda, depending on the strength of the organization they lead, its relations with constituencies and the salience of the issue they deal with in a certain context. That framework is equally insufficient to understanding developing countries' foreign policy since leaders cannot necessarily rely, for power and information, on the bureaucracies they head (as the latter are institutionally weaker) and cannot build strength on relations with the public, as societies are not differentiated enough to produced specific organized groups that can support leaders in advancing or vetoing agendas (Migdal, 1972).

Given such limitations, analysts studying developing countries should focus on leaders and the choices they make to realize goals such as using foreign policy as a tool to guarantee political stability and social cohesion at home. The range of pursued goals would be more restricted since leaders cannot ignore the preferences of more powerful countries; gather less resources to allocate to foreign policy as the available ones are absorbed by immediate domestic demands – in some extreme cases leading to no presence at all at the international arena; count on less systematized information on several foreign policy issues. In a context marked by deep domestic divisions ideology can end up playing a larger role in delimiting choices (Migdal, 1972).

Very recent findings made by a research on Brazilian bureaucracy conducted by the Institute for Applied Economic Research (Ipea) can also shed light on the source of bureaucratic weakness that can characterize many developing countries.

Relying on data analysis for the 1999-2017 period, Lopez and Silva (2020) found that Brazilian direction and advisory federal bureaucratic staff (the so-called DAS), which are crucial to the whole policy cycle, including planning and implementation, remained in office for an average of 25 months only. A lot of them, specially the high-ranked ones, were pointed by ministries, whose average time in charge was 21 months. The criteria for picking staff have been far from based on merit only, resulting, together with high staff turnover, in disincentives for permanent staff to accumulate more skills and expertise. According to the authors,

> [g]rowing intersectoriality and complexity in the design and management of federal programs render ruling bureaucracy an indispensable source of expertise to manage them and give continuity to the administration's projects. Staff instability becomes a risk to management success. The problem is aggravated when turnover adds to the entrance of people that do not possess accumulated knowledge, without experience in public management in specific areas (Lopez and Silva, 2020, p. 29).

The propositions above pose crucial implications for the study of international cooperation and asymmetry in international negotiations. First, in assessing the effectiveness of international cooperation over time one cannot assume endurance necessarily results from both parties being satisfied. In a context marked by uneven political and social institutionalization, parties may not be equally able to assess gains and losses over time. As acknowledged by Axelrod (2006) as a limitation of his model, the players' ability of knowing what really happened in previous games to make choices on whether to cooperate or not in the current game (thus protecting their own gains and not ending up as a "suckers") cannot be taken for granted. Even not considering previous games the ability of top negotiators in developing countries to make decisions that produce overall domestic gains can be severely limited by internal divisions and by lack of consistent information on opportunities abroad and on the implications of decisions to domestic gains.

Second, one can expect, on the one hand, countries where political and social institutionalization is higher to have more restricted win sets, and therefore more power to imprint preferences, if not in written agreements themselves, in their implementation (or non implementation). On the other hand, where political and social institutionalization is lower one may find either broader win sets, as preferences are not restricted by specialized domestic groups and bureaucracies; or restricted ones resulting from higher levels of politicization one might expect in contexts at which ideology frames assessments more frequently and may hinder the conclusion of negotiations that would indeed be advantageous (or, on the contrary, ideology may lead a country to conclude negotiations that will not be advantageous at all or that will produce very limited gains if compared to the ones obtained by the powerful party).

Finally, countries with higher levels of social and political institutionalization can influence the results of international negotiations because they gather more qualified information coming from bureaucracies and from societal organizations. The role of information as an instrument of power is extensively studied by IR scholars. More informed groups can exert influence in positions adopted by their governments in international negotiations (Milner, 1997), but one can also expect more informed governments, receiving inputs from specialized official or societal organizations, to have more power in bilateral negotiations (including power to keep certain issues out of the agenda). In developing countries, even if governmental and societal institutions are invited to take part at defining positions in international negotiations, their limited differentiation and international experience can constrain their ability to provide qualified inputs to decision-makers. Besides, individuals and institutions with extensive transnational ties can have their preferences delimited by priorities that emerge from partners' communities and needs.

Propositions on power, domestic structures and foreign policy also have implications to ST&I dynamics and can explain Wagner's (2008) assertion on developing countries having a tendency to establish generic ST&I priorities that reflect global emerging scientific and technological agendas and to imitate developed countries' agendas and investments. Less differentiated bureaucracies and organized social groups and less power to control foreign access to domestic society and resources can mean that foreign policy decision-makers themselves have a hard time in directing information collection and other ST&I efforts to areas where they have exchange or absorption capacity and that connect to the solution of local problems (and to industrial policies).

On the one hand, in a context marked by few contact points to collect and process information on opportunities abroad, and by domestic divisions, the symbolic value of science and technology may have a larger weight in decisions than the economic one. The latter demands high levels of specialization and collaboration, whereas the former can be easier to accomplish, for instancing by focusing resources in a big research infrastructure, visible to both foreign and domestic audiences (certainly the kind of validity strategy that will keep a country in a permanent white-elephant trap).

On the other hand, powerful foreign agents possess more material and institutional resources to direct agendas in weaker countries to their own priorities. But power disparities also include intangible, soft dimensions, as developed countries are usually seen as superior and more experienced in ST&I – a perception that is becoming common also for Southern countries, mainly China –, conferring authority to ST&I individuals and organizations acting towards developing countries, and therefore enhancing their influence over bilateral ST&I agendas.

Therefore, power disparities are not only related to the capacity to identify priorities in each part of the globe and gathering the material resources needed to propose or implement collaboration in some areas and not in others. It is also about, intentionally or not, making governmental and non-governmental partners feel that it is also their interest to pursue foreign agendas.

Of course one cannot assume those dynamics to endure across time and sectors, and in the case of ST&I negotiations one does find developing countries that became a reference in certain areas in a more equal bargaining position vis-à-vis developed ones. Though changing general public perceptions on the former's weaknesses can still be limited by material and ideological constraints – as sectors producing innovations do not necessarily possess language skills and other resources to access diffusion channels deemed as "legitimate" –, acknowledgement of the existence of ST&I capacities in developing regions is confirmed by increasing competition between European countries, through science diplomacy strategies, to access knowledge and other ST&I resources in emerging economies (Flink and Schreiterer, 2010).

Though imbalances may still endure, as capacities to screen global knowledge production and to extract resources from abroad are uneven, drawing on studies on economic complexity one can assume that the process of becoming a reference in certain exports is grounded in more specialization and collaboration in domestic sectors related to them (Hausmann et al., 2011). But one may expect that international collaboration has been a part of that trajectory, probably shifting from initial unequal partnerships to more equal ones as progress was made. The role of historical relations in fostering trust among the involved parties, to which cultural proximity may also be a key factor, is also important, as previously discussed. Finally, one expects that being grounded in collaborative domestic and international networks makes reference sectors in developing countries more likely to have capacities to raise information on opportunities abroad and feedback them to their own strategies and to top state decision-makers, though the latter's preferences and support may shift from time to time (and for the reasons already presented such shifts may be more frequent in developing countries).

4 CONCLUSION

The ability of a country to become reference in ST&I is not related to its indigenous efforts only. Being able to screen knowledge produced elsewhere, and supervise foreign access to one owns resources, is crucial for a country to be competitive in international relations. As knowledge flows are key to prosperity and security, collaboration between knowledge repository actors, such as scientists and enterprises, does not necessarily take place in a pure transnational domain. However, not all states are equally able to supervise transnational knowledge flows.

Powerful countries are able to set the agenda of ST&I collaboration, denying access to certain knowledge and promoting sharing in other areas. They also gather soft power, in the sense that other countries can incorporate their preferences as their own. This feature can be particular salient when acting towards countries where societal organization around ST&I issues is weak and where bureaucracies that integrate specific sectorial innovation systems are not strong enough to provide a clear guidance on their own needs and on which countries and sectors fit them best.

This paper gathered contributions from several areas to shed light on what can drive the implementation and non-implementation of ST&I cooperation involving developing countries and powerful counterparts. A crucial variable is related the latter's preferences. If an ally is needed in times of structural security salience assessments, knowledge sharing can be hindered in critical security issues, but promoted in other areas. To which extent access to foreign knowledge will be effective, however, depends on the preparedness of the partner country to receive and use that knowledge to promote national development. Such preparedness is higher in sectors at which the receiving country has already made innovative advances. Effective knowledge sharing can also be strongly influenced by previous bilateral collaborative initiatives which can forge trust and a promote a shared cultural environment.

On the contrary, if security is not salient, and if economic competitiveness drives the powerful country, ST&I collaboration can be hindered in sectors at which it is a real or potential reference in terms of exports, unless the partner country is not prepared to absorb related knowledge (which can be exchanged, for instance, for political support or market access). This last strategy can particular effective if the partner country focuses on international validation strategies and on the symbolic dimension of ST&I, instead of on its real impact on development. Implementation can also be promoted in sectors at which the partner country has already made advances as a means to identify talents and other types of ST&I resources that can enhance the competitiveness of the powerful country.

In an attempt to integrate implementation and non-implementation in ST&I asymmetric cooperation in a coherent framework, and relying on illustrations drawn from cases of United States and China agreements with Brazil, four patterns can be proposed as a suggestion for future research avenues.

In *pattern 1* the powerful country, "A", is not interested in implementing collaboration with "B" in a certain area because doing so will risk the former's security. "A" either does not trust "B" or is cautious not to share knowledge because other untrusted players can later benefit from it. Collaboration may still promoted, either directly or indirectly (through the promotion of arrangements involving allies), as a means to get information on "B's" advancements and intentions, but sensitive knowledge will not be shared by "A".

Non-implementation for security reasons is a pattern traditionally found in constraints to knowledge circulation imposed by United States non-proliferation strategies. Attempts to hinder Brazil's access to nuclear knowledge can be identified already in the 1940s, when the United States, aiming at monopolizing the global supply of fissile raw material (mainly uranium and thorium), negotiated a secret agreement with Brazil, which hosted the second richest then known deposits of monazite (from which thorium is usually extracted). Provisions on the July 6th, 1945 Memorandum of Agreement (Berle Junior, 1945) related to knowledge flows were highly vague, suggesting such demand came from Brazilian negotiators and that it was not in the interest of the United States to compromise on details, just as it had previously happened in negotiations with the Belgians (Helmreich, 1986). The attempt to deny Brazil's access to nuclear knowledge was very explicit in a March 1947 secret memorandum addressed to under secretary of State Acheson, when the United States government found out Admiral Alvaro Alberto was negotiating the sales of a small quantity of monazite to Canada. If that operation happened, the United States government would not oppose, assuming that "there would not be any exchange of scientists", demanded by the Brazilian government (United States, 1947).

Knowledge denial can be accompanied by the promotion of collaboration in other areas (*pattern 2*), making "B" believe it can become a technological power in areas that do not jeopardize "A". Depending on how much "B" is needed in "A's" strategy to balance a powerful enemy country, "A" can make efforts to really contribute to "B" ST&I capacities, and doing so demands focusing on the implementation of cooperation in areas at which "B" does have an absorptive capacity. This strategy can demand compensating domestic economic sectors at "A" that can be negatively affected by the support to a potential competitor in that area, and maybe implementing initiatives through indirect arrangements (for instance through international organizations), or simply allowing transnational knowledge flows to operate freely in sectors that can take advantage of them.

It is very likely that the United States' indirect support, via Inter-American Development Bank, to the creation and structuring of Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Cabral, 2005; Embrapa, 2006), and direct sponsoring of knowledge flows that would strengthen institutions crucial to the creation of Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A (Embraer), illustrate pattern 2, therefore representing a positive disarmament strategy in a context marked by nuclear knowledge denial to Brazil. One the benefited institutions was the Brazilian Aeronautical Institute of Technology (Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA), which earned support from the Point IV Program and later the Alliance for Progress (Forjaz, 2005). For instance, the United States Agency for International Development, by means of an agreement with the University of Michigan signed

in 1962 and implemented between 1964 and 1967, earmarked $ 1.4 million that allowed 14 University of Michigan professors to create a mechanical engineering graduate program at ITA, equip its laboratories, and promote contacts between ITA and other institutions, including the industry (Mouzon, 1967).

It is important to bear in mind, however, that the preferences of the most powerful country are not an enough and sufficient condition to explain international ST&I agreements implementation and effectiveness. In the case of United States-Brazil aeronautic cooperation initiatives like the one mentioned above happened in a context marked by the existence of a collaborative trajectory that dated back to the Second World War, when United States military attack aircraft were assembled in Brazil and the United States Air Force trained Brazilian pilot and aeronautic engineers (Marques, 2011). ITA's creation itself had been supported by an agreement that sponsored a mission of professors from the Massachusetts Institute of Technology (Forjaz, 2005). Also, the aeronautic innovation sectorial system was already being built in Brazil (Marques, 2011), something that can have facilitated tacit knowledge accumulation and strengthened capacities to learn from external sources of information and knowledge, including international collaboration, directly or indirectly (involving other Brazilian aeronautic system actors).

That case can be contrasted with the space innovation system in Brazil, whose fragility can explain the limited effectiveness of the China-Brazil Earth Resources Satellite Program (CBERS) in terms of its impact on Brazilian high tech industry (Fernandes e Garcia, 2013). Even in the case of Embraer, Marques (2011) found a historical dependency pattern on foreign highly value added parts. But the point here is that a powerful country can promote knowledge flows to another potentially competing country exactly because it is aware that latter will not be able to absorb such knowledge and, to the contrary, not support knowledge flows in sectors at which the competing country possesses a stronger sectorial innovation system. The latter might configure as a possible explanation, for instance, to difficulties faced by Embrapa in implementing part of cooperation agreements signed with the Chinese Academy of Agricultural Sciences and other organizations that paved the activities of Embrapa's virtual lab (Labex) in China, initiated in 2012. According to a Brazilian diplomat, China's interests in Embrapa were not so great after the Asian country became a genomic power (Sly, 2017). But cultural and language barriers, as well as the relatively recent emergence of agriculture in the agenda of bilateral ST&I collaboration with China, are also mentioned by Embrapa's researchers as factors that challenged the adequate implementation of Labex's activities in Beijing (Sly, 2017).

Those cases can integrate future research agendas aimed at testing the last two patters of implementation and non-implementation of ST&I agreements. In *pattern 3* country "A" does not face a salient security issue involving country "B". Their relations are marked by economic competitiveness. Country "A" is not interested in sharing any knowledge that can be absorbed by its competitor, so areas at which "B" is already a reference will not be part of the agenda, or at least no efforts will be made to support their implementation. If implementation happens "A" will avoid sharing knowledge, but can support schemes at which key knowledge produced by country "B" can be identified.

On the other hand, "A" can promote implementation at areas at which "B" is not a real or potential reference (*pattern 4*). We can even expect "A" to issue discourses that makes "B" feel an important player in that area, and as "B" does not have enough information to know its real stakes, and the other country's intentions, it can trust "A" and really believe it will be able to advance in that area. If country "A" oversees crucial ST&I transnational dynamics involving its innovation system's actors (which could happen in either centralized states or at small ones, market by a strong cohesion between decision-making and implementing ST&I agreements), it may end up not allowing any balanced ST&I relation with "B" to develop. The ability of "B" to understand the iterated losses of collaborating with "A" will depend on the strength of its bureaucracies and government-societal articulations in certain areas.

The cases suggested above as avenues for future research to test the proposed framework are not to be confused with a valorization of Brazil's ST&I collaboration with the United States in contrast to collaboration with China. In fact, both must be analyzed in specific historical periods (as security has not been a permanent salient issue in United States-Brazil relations, for instance). Also, the focus on the preferences of powerful countries should not obliterate other variables that can explain patterns of implementation or non-implementation of ST&I agreements, such as the presence or absence of a collaborative trajectory. And, finally, considering the preferences of a stronger party does not mean developing countries cannot be agents in ST&I agenda setting and implementation. Negotiation strategies in asymmetric contexts are abundant, and promoting dialogue between official negotiators and domestic innovation system actors with international experience and strongly linked to strategic local problem solving can help channel crucial information to decision-makers, restrict win-sets and guarantee that future implementing knowledge repository institutions will be involved in the design of agreements.

REFERENCES

ADAMSON, M.; TURCHETTI, S. Friends in fission: US-Brazil relations and the global stresses of atomic energy, 1945-1955. **Centaurus**, p. 1-16, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3z7359G>.

ALLISON, G. T. **Essence of decision**: explaining the cuban missile crisis. Boston: Little, Brown and Company, 1971.

AXELROD, R. **The evolution of cooperation**. New York: Basic Books, 2006.

BALDWIN, D. A. Power and international relations. In: CARLSNAES, W.; RISSE, T.; SIMMONS, B. (Ed.). **Handbook of international relations**. 2nd ed. Los Angeles: Sage, 2013. p. 273-297.

BASALLA, G. The spread of Western science: a three-stage model describes the introduction of modern science into any non-European nation. **Science**, n. 156, p. 611-622, 1967.

BERLE JUNIOR, A. A. The ambassador in Brazil (Berle) to the secretary of State. In: UNITED STATES. United States Department of State. **Foreign relations of the United States**: diplomatic papers, 1945 (general: political and economic matters). Washington: U. S. Government Printing Office, July 10, 1945. v. 2. Retrieved Dec. 18, 2021, from: <https://bit.ly/3ayieGU>.

BORNMANN, L.; WAGNER, C.; LEYDESDORFF, L. BRICS countries and scientific excellence: a bibliometric analysis of most frequently cited papers. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 66, n. 7, p. 1507-1513, 2015. Retrieved from: <https://bit.ly/3zcW9rA>.

CABRAL, I. **Sol da manhã**: memória da Embrapa. Brasília: Unesco, 2005.

DANTAS, A. C.; MASCARELLO, J.; SANT'ANNA, N. R. Brazil's international cooperation in science, technology and innovation in the context of the covid-19 pandemic. **Boletim de Economia e Política Internacional**, n. 27, p. 55-76, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3m5E9aJ>.

DOEL, R.; HARPER, K. Prometheus unleashed: science as a diplomatic weapon in the Lyndon B. Johnson administration. **Osiris**, v. 21, n. 1, p. 66-85, 2006.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Livro preto**: sugestões para a formulação de um sistema nacional de pesquisa agropecuária. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

EVANGELISTA, M. Domestic structure and international change. In: DOYLE, M. W.; IKENBERRY, G. J. (Ed.). **New thinking in international relations theory**. Boulder: Westview Press, 1997. p. 202-228.

FERNANDES, L.; GARCIA, A. **Cooperação científica e tecnológica para o desenvolvimento dos BRICS**: o caso do programa CBERS. Rio de Janeiro: BRICS Policy Center, 2013.

FIKKERS, D. J.; HORVAT, M. (Ed.). **Basic principles for effective international science, technology and innovation agreements**. Brussels: European Commission, 2014.

FLINK, T.; SCHREITERER, U. Science diplomacy at the intersection of S&T policies and foreign affairs: toward a typology of national approaches. **Science and Public Policy**, v. 37, n. 9, p. 665-677, 2010.

FORJAZ, M. C. S. As origens da Embraer. **Tempo Social**, v. 17, n. 1, p. 281-298, 2005. Retrieved from: <https://bit.ly/3N5YI2U>.

HASKEL, B. G. Access to society: a neglected dimension of power. **International Organization**, v. 34, n. 1, p. 89-120, 1980.

HAUSMANN, R. et al. **The atlas of economic complexity**: mapping paths to prosperity. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2011.

HELMREICH, J. E. **Gathering rare ores**: the diplomacy of uranium acquisition, 1943-1954. Princeton: Princeton University Press, 1986.

KATZENSTEIN, P. J. International relations and domestic structures: foreign economic policies of advanced industrial states. **International Organization**, n. 30, p. 1-45, 1976.

KRIGE, J. Technological collaboration and nuclear proliferation: a transnational approach. In: MAYER, M.; CARPES, M.; KNOBLICH, R. (Ed.). **The global politics of science and technology**: concepts from international relations and other disciplines. London: Springer, 2014. v. 1, p. 227-241.

_____. **Sharing knowledge, shaping Europe**: US technological collaboration and nonproliferation. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2016.

_____. Introduction: writing the transnational history of science and technology – how knowledge moves. In: KRIGE, J. (Ed.). **How knowledge moves**: writing the transnational history of science and technology. Chicago: The University of Chicago Press, 2019. p. 1-31.

KRIGE, J.; BARTH, K. Introduction: science, technology, and international affairs. **Osiris**, v. 21, n. 1, p. 1-21, 2006.

KRIGE, J.; LEONELLI, S. Mobilizing the transnational history of knowledge flows: covid-19 and the politics of research at the borders. **History and Technology**, v. 37, p. 125-146, 2021. Retrieved from: <https://bit.ly/3z6eDKr>.

KUGLER, J.; DOMKE, W. Comparing the strength of nations. **Comparative Political Studies**, v. 19, n. 1, p. 39-69, 1986.

LEITE, I. C.; GAYARD, N. A. Quatro abordagens sobre a interação entre cientistas e estados nas relações internacionais. **Relações Internacionais**, n. 62, p. 85-101, 2019.

LOPEZ, F.; SILVA, T. **O carrossel burocrático nos cargos de confiança**: análise de sobrevivência dos cargos de direção e assessoramento superior do Executivo federal brasileiro (1999-2017). Brasília: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2597).

MACLEOD, R. Introduction. **Osiris**, v. 15, p. 1-13, 2000. (Nature and Empire: Science and the Colonial Enterprise). Retrieved from: <https://bit.ly/3u1rdHq>.

MARQUES, R. A. **O desenvolvimento da capacidade para inovação**: as pequenas e médias empresas do setor aeronáutico brasileiro. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

MASCARELLO, J. International cooperation in science, technology and innovation in the context of the global covid-19 pandemic. **Revista Mundorama**, Apr. 2020.

MASTANDUNO, M. Do relative gains matter? America's response to Japanese industrial policy. **International Security**, v. 16, n. 1, p. 73-113, 1991.

MASTANDUNO, M.; LAKE, D. A.; IKENBERRY, G. J. Toward a realist theory of state action. **International Studies Quarterly**, v. 33, n. 4, p. 457-474, 1989.

MAYER, M.; CARPES, M.; KNOBLICH, R. **The global politics of science and technology**: an introduction. London: Springer, 2014. p. 1-35.

MIGDAL, J. S. Internal structure and external behaviour: explaining foreign policies of third world States. **International Relations**, v. 4, n. 5, p. 510-526, 1972.

_____. **Strong societies and weak states**: state-society relations and state capabilities in the third world. Princeton: Princeton University Press, 1988.

MILNER, H. V. **Interests, institutions, and information**: domestic politics and international relations. Princeton: Princeton University Press, 1997.

MORAVCSIK, A. Armaments among allies: European weapons collaboration, 1975-1985. In: EVANS, P. B.; JACOBSON, H. K.; PUTNAM, R. D. (Ed.). **Double-edged diplomacy**: international bargaining and domestic politics. Berkeley: University of California Press, 1993. p. 128-167.

MORGENTHAU, H. J.; THOMPSON, K. W. **Politics among nations**: the struggle for power and peace. 6th ed. Beijing: Peking University Press, 2004.

MOUZON, J. C. **Final report**: the University of Michigan-AID Brazilian program at the Instituto Tecnológico de Aeronáutica – contract AID/LA-81 (Brazil). Ann Harbor: Bentley Historical Library; University of Michigan, 1967.

NYE, J. S. **The future of power**. New York: PublicAffairs, 2011.

PUTNAM, R. D. Diplomacy and domestic politics: the logic of two-level games. **International Organization**, v. 42, n. 3, p. 427-460, 1988.

RAJ, K. When human travelers become instruments: the Indo-British exploration of Central Asia in the nineteenth century. In: BOURGUET, M.; LICOPPE, C.; SIBUM, H. (Ed.). **Instruments, travel and science**: itineraries of precision from the seventeenth to the twentieth century. New York: Routledge, 2002.

RUFFINI, P. **Science and diplomacy**: a new dimension of international relations. Gewerbestrasse: Springer, 2017.

_____. Conceptualizing science diplomacy in the practitioner-driven literature: a critical review. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 7, n. 124, p. 1-9, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3x4pd3g>.

SKOLNIKOFF, E. **The elusive transformation**: science, technology, and the evolution of international politics. Princeton: Princeton University Press, 1993.

SLY, M. J. H. **A cooperação científico-tecnológica sino-argentina e sino-brasileira**: os casos do laboratório virtual (Labex) da Embrapa em Beijing e do Centro Binacional China-Argentina de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

STRANGE, S. **States and markets**. 2nd ed. London: Continuum, 1994.

THE ROYAL SOCIETY. **New frontiers in science diplomacy**: navigating the changing balance of power. London: The Royal Society, 2010. (Policy Document, n. 01/10).

TURCHETTI, S.; ROBERTS, P. **The surveillance imperative**: geosciences during the Cold War and beyond. Basingstoke: Palgrave MacMillan, 2014.

UNITED STATES. Department of State Atomic Energy Files. Memorandum by Mr. Edmund A. Gullion to the under secretary of State (Acheson). In: _____. United States Department of State. **Foreign relations of the United States**. Washington: U. S. Government Printing Office, March 3, 1947. v. 1.

WAGNER, C. International collaboration in science and technology: promises and pitfalls. In: BOX, L.; ENGELHARD, R. (Ed.). **Science and technology policy for development**: dialogues at the interface. London: Anthem Press, 2006. p.165-176.

_____. **The new invisible college**. Washington: Brookings Press, 2008.

WAGNER, C.; PARK, H. W.; LEYDESDORFF, L. The continuing growth of global cooperation networks in research: a conundrum for national governments. **PLoS ONE**, v. 10, n. 7, 2015. Retrieved from: <https://bit.ly/3N0hHMa>.

WALTZ, K. N. **Theory of international politics**. Boston: Addison-Wesley Publishing Company, 1979.

WEISS, C. Science, technology and international relations. **Technology in Society**, n. 27, p. 295-313, 2005.

GLOBAL CHANGES IN PRODUCTION, DISTRIBUTION AND LEGITIMIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE: CONSEQUENCES FOR BRAZIL

Fabrício Neves[1]
Verena Hitner[2]

The article aims to discuss recent changes in the way science has produced, distributed and legitimized scientific knowledge. The analysis seeks to articulate the global transformations of science with the way they have occurred in Brazil, emphasizing its own and particular characteristics. The chosen time frames bring us three different periods. The first corresponds to the post-war period and ends in the mid-1970s. The second did not end but has been gradually challenged by the phenomenon of globalization of National Innovation Systems (NIS) and the concomitant trend of internationalization of science and technology. The third time frame refers to this emergence and its meaning, still in dispute, which points to new ways of producing science.

Keywords: scientific knowledge; science, technology and innovation; global transformations of science.

MUDANÇAS GLOBAIS NA FORMA DE PRODUÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E LEGITIMAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: CONSEQUÊNCIAS PARA O BRASIL

O artigo tem por objetivo discutir as mudanças recentes na forma como a ciência tem produzido, distribuído e legitimado o conhecimento científico. A análise busca a todo momento articular as transformações globais da ciência com a maneira como elas ocorreram no Brasil, enfatizando características próprias e particulares. Os marcos temporais escolhidos nos trazem três períodos distintos. O primeiro corresponde ao pós-guerra, e se encerra em meados da década de 1970. O segundo não se encerrou, mas tem sido paulatinamente desafiado pelo fenômeno da globalização dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs) e pela concomitante tendência de internacionalizar a ciência e tecnologia tendo como princípio a competição. O terceiro marco temporal diz respeito a essa emergência e seu significado, ainda em disputa, aponta para novos modos de produção de ciência.

Palavras-chave: conhecimento científico; ciência, tecnologia e inovação; transformações globais da ciência.

CAMBIOS GLOBALES EN LA FORMA DE PRODUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y LEGITIMACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: LAS CONSECUENCIAS PARA BRASIL

El artículo tiene como objetivo discutir los cambios recientes en la forma en la que la ciencia ha producido, distribuido y legitimado el conocimiento científico. El análisis busca articular las transformaciones globales de la ciencia con la forma que han ocurrido en Brasil, enfatizando

1. President of the Brazilian Association of Sciences and Technologies (Associação Brasileira de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias – Esocite); associate professor at the Sociology Department of University of Brasilia (Universidade de Brasília – UnB) and head of Knowledges, Sciences and Technologies Research Group (Conhecimentos, Ciências e Tecnologias – Tata) of UnB. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2886-0577>. E-mail: <fabriciomneves@gmail.com>.

2. Researcher of the Centre for Strategic Studies and Management (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE); and head of Tata/UnB. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4151-2657>. E-mail: <verena.hitner@gmail.com>.

sus características propias y particulares. Los marcos temporales elegidos nos traen tres períodos distintos. El primero corresponde a la posguerra, y termina a mediados de la década de 1970. El segundo no terminó, pero ha sido desafiado paulatinamente por el fenómeno de la globalización de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNIs) y la tendencia concomitante de internacionalización de la ciencia y la tecnología, que tienen como principio la competencia entre actores. El tercer marco temporal se refiere a esta emergencia y su significado, aún en disputa, que apunta a nuevos modos de producción de ciencia.

Palabras clave: conocimiento científico; ciencia, tecnología e innovación; transformaciones globales de la ciencia.

JEL: O30.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art5

Data de envio do artigo: 1/2/2022. Data de aceite: 21/2/2022.

1 INTRODUCTION

At the beginning of 21st century, the legitimacy of science has been questioned. However, its potentialities are more evident in the technological products for which it served as a knowledge base, and the scientists' career is consolidated in the great majority of the national states, with public and private resources reaching unprecedented levels in scientific activity funding. These changes cannot be understood from "within" science, but the relationship between science and other social systems, i.e., one must follow more general societal changes to understand scientific changes. Furthermore, it is necessary to consider that science is a system whose processes are strongly influenced by global dynamics, whether in research, or in how technology and innovation are based and developed.

This article aims to indicate recent changes in how science has produced, distributed, and legitimated its most valuable product, scientific knowledge. The analysis seeks at all times to articulate the global transformations in science with how they have occurred in Brazil, emphasizing its own particular characteristics. The chosen timeframe brings us three distinct periods. The first corresponds to the post-war period and ends in the mid-1970s, when science experienced its apogee in science and technology policies implemented, guided by the linear scientific and technological development model and major international projects. The second has not ended but has been gradually challenged by the globalization of National Innovation Systems (NIS) phenomenon and the concomitant tendency to internationalize science and technology based on the competition principle. The third timeframe concerns exactly this emergence and its meaning, still under dispute, and indicates new science production methods in cognitive capitalism. This moment is also characterized by the deepening of the processes of science iternationalization, regarding people, technologies, methods and institutions.

Following the cutout of the periods indicated above, the text will be divided into three parts, besides this introduction and the final notes. First, we will describe science in the postwar period, its legitimation in the cold war based on "national security policies", its increasing funding with the correlative construction of research institutes and centers, and the hiring of specialized personnel for scientific careers, both in public and private institutions. Second, we will discuss the emergence of innovation policies, and their consequence for research and development (R&D), science and technology, pointing to the development of intellectual property protection systems and the new rounds of private appropriation of scientific products. Then, we will bring the most recent debates, focusing on the emerging recognition and production methods of science and technology, in which the new information and communication technologies (ICTs) emerge.

2 THE "BIG-SCIENCE" AND THE EMERGENCE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICIES IN THE POST-WAR PERIOD

2.1 Development pattern and science in Brazil: producing science for development in the periphery

In the 1930s, a change in Latin America's development process began, particularly in Brazil. During this period, industrialization initiatives were added, and, after the Second World War, they became state policy. With the support of the Economic Commission for Latin America (Eclac), an institution linked to the United Nations (UN), created in 1948, it was a period of autonomy affirmation and of a project and a political-economic strategy creation for the region, which started to introduce ideas about science and technology as a necessity for development.

At that time, the relationship between science-industry-technology and the need for the acknowledgment of scientific activity as a source of well-being was not evident to public opinion, the business community or the government in Brazil. Much of the scientific research activity was sustained by incidental careers, whose training came from engineering or medical course, and recruitment and stability were related to family origin (Schwartzman, 1979). In other words, the few scientific institutions in Brazil selected researchers based on personal and family ties, with funding often coming from private philanthropy.

After World War II, developmental efforts focused on transforming the production structure and reducing external dependence in the region (Ffrench-Davis, 2005, p. 129). What drove the debate on economic and social development was the profound inequality between countries that industrialized and achieved high material welfare levels, shared by large sectors of the population, and those that did not industrialize and remained in poverty and with marked social inequalities. This historical moment made it seem as if the region had all

the conditions to conclude the industrialization process that had been driven by the closing of domestic markets as result of the 1930s depression, the war and the considerable foreign exchange accumulation from the previous period.

Under the strong influence of the Eclac thinkers, Latin American development was based on the perception, by the governments, of capitalist development inequality, on a world scale. It was the "cyclical centers" that imposed the unequal and hierarchical patterns of trade and development that gave rise to the system's "peripheries". According to Prebish (1949), this is the starting point to explain the form and pace of economic growth, the uneven technological diffusion, the duality between the "center" and the "periphery" and the structural unemployment conditions and wealth concentration in Latin American countries. The regional countries then began to concentrate their economic efforts on absorbing technologies capable of promoting productive structure diversification, increasing productivity and defining an investment policy that, through the State, would create the infrastructure required for this diversification.

The slower technical progress of primary products compared to industrial products leads to an increase in the latter's price when compared to the former. As Mello (1986, p. 14) explains,

> the uneven spreading of technical progress (which is seen as the essence of economic development) translates (...) into the conformation of a certain world economic structure, of a given international labor division: on one side, the center, comprising the industrialized economic group, diversified and technically homogeneous productive structures; on the other side, the periphery, integrated by economies that export primary products, food and raw materials, the central countries, highly specialized and dual productive structures.

Protectionism became an instrument for economic and technological modernization, even though it was known that the industrial production efficiency would be lower in the periphery. This was due to the understanding that inequalities were reproduced by commercial exchanges and would remain so until the industrialization process was concluded, since the very industrialization dynamics required products (capital goods) increasingly intensive in technology. In other words, the import mix would be altered, but the deterioration of trade terms would remain.

It was in the post-war period that the idea in which science and technology could generate well-being and security attained legitimacy among several national governments, mainly due to research effects, with state support, to obtain the atomic bomb, and the influence of the "Bush report", "Science, the Endless Frontier",[3] which consolidates the "linear model" of technical-scientific

3. Bush's report is the answer to the assignment made by the American president Franklin Delano Roosevelt, who had requested information about the possible role of science in "times of peace". In response, the author emphasized basic research, without concern for practical applications, which, according to Bush, would be the engine of technological progress.

development. The report, commissioned by the United States government, systematized the defense for government support for R&D activities. In Latin America, due to the debate above, scientific and technical progress was directly related to development policies and, therefore, government support for science and technology was considered as a policy to overcome the peripheral economies' relative "backwardness".

In this context of emergence for government support to science and technology, science and technology institutions and policies (STP) were created throughout Latin America. It will not be possible to describe all these initiatives in this text, but it is worth mentioning, in the Brazilian case, the creation of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes) (1951) and the National Council for Scientific and Technological Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) (1951), of the Research Support Foundations (Fundação de Apoio à Pesquisa – FAP), the entry of the Brazilian National Development Bank (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – BNDE) in the financing of science and technology through the National Fund for Scientific and Technological Development (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT), later managed by the Funding Authority for Studies and Projects (Financiadora de Estudos e Projetos – Finep). All these initiatives expanded personnel working in science and technology activities in Brazil, whether in universities, research centers or in R&D sectors linked to private or public companies (Morel, 1979; Schwartzman, 1979).

The public debate on science and technology was consolidated in Latin America due to the institutional changes indicated above. Issues such as science and technology "neutrality", "technique and science as ideology" (Simpson, 2015; Varsavsky, 2015; Pinto, 2005) and "national science and technology systems" (Sábato and Botana, 2015; Rangel, 2012), found good reception among intellectuals who were also interested in dependence and development topics.[4] The question now would be the search for legal and political mechanisms to integrate the scientific-technological infrastructure developed with the industrial base consolidated from the import substitution policies (Rangel, 2012). Sábato expressed this need in his famous "triangle model" (Sábato and Botana, 2015, p. 218).

> It is not enough, however, to build a strong scientific-technological infrastructure to ensure that a country will be able to incorporate science and technology into its development process: it is also necessary to transfer the research results to reality; to couple the scientific-technological infrastructure to the productive structure of society.

4. All this problematic can be articulated in a new way of thinking about science, technology and development, known as Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad (Placts).

Many difficulties were identified for the transformation of scientific knowledge, which was being generated inside the research centers, into applied research and technological innovation. Success stories were multiplying in different sectors, such as tropical agriculture, petroleum, aeronautics and nuclear energy, but, somehow, the technological gap with technologically advanced countries was identifiable, leading to the famous debate between "archaic technique" and "modern technique". The question of how to overcome the gap came to be discussed when some difficulties were encountered in the development of these policies, and here there was quite similarity between the diagnoses made.

> The most important obstacles to innovation are sociocultural (prevailing routine attitudes, lack of entrepreneurial aggressiveness, fear of union action); economic (presence of monopolized or highly protected markets, rigid marketing mechanisms, artificial price and cost structures); financial (capital scarcity and lack of existing resources optimization); political (including taxes, patent laws, labor laws, industrial promotion laws) (Sábato and Botana, 2015, p. 219).

All these diagnoses came to cast doubts on the science and technology policies implemented during that period. The fact that is not in dispute is that the debate on development and dependence in Latin America had bequeathed us an expanded scientific and technical apparatus, both in the state sphere and in the people' daily sphere, who began to recognize how important science and technology were to their lives, even if it was in the politically contaminated context of the cold war and the national security policy.

2.2 The development plans and the structuralism crisis

Of all the facts that characterized the 1970s, the one that became the trigger for the Latin American development pattern to be dismantled was the rise in oil prices, which quadrupled in 1973-1974. The oil crisis came at the moment of the Bretton Woods system collapse, undermined by the United States' unilateral withdrawal (Ffrench-Davis, 2005, p. 155) and led to an increase in other commodity prices. If for the United States this was a period of strong recession, for Brazil, however, the 1970s were a period of accelerated economic growth, industrialization, manufacturing exports and the science and technology system, already consolidated and expanding. It is worth saying that this consolidation should be seen in the above terms, of institutionalization and recognition at the state level, because, as has been said, the distancing pattern between scientific-technological and economic enterprise remained.

State planning reached its apex with the National Development Plan (Plano Nacional de Desenvolvimento – PND) and the Basic Scientific and Technological

Development Plan (Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – PNBCT I and II), which programmatically recognized the relationship between technological and economic development, spending unprecedented funding amounts for science and technology activities, and technological training of national companies. However, it was observed, in unison, the low technological learning of companies and the tendency, that has always accompanied us, of technological importation. It is argued (Carlotto, 2013) that the reason for the failure is related to the lack of synchronization between science and technology policies and economic policy.

Easy and cheap access to loans in the 1970s stimulated aggregate demand, which outstripped domestic production. During the 1980s, the region was forced to adjust its aggregate demand to its spending capacity, which led to a crisis, including in science and technology. PNBCT III was presented in this crisis context, seeking to bring into the national science and technology system, directed by CNPq, "the different potentially interested agents (...) including their needs and opportunities for advancement" (Albuquerque, 2009, p. 204). A mechanism was created to identify and recruit such agents, fundamentally economic, known as Programmed Actions, which

> promoted scientific and technological knowledge democratization with actions in the most distant regions of Brazil. In other words, one of its great dimensions was to show the knowledge social meaning, removing it from elitist circles and putting it at the country's service (Albuquerque, 2009, p. 205).

For the first time, a sectorial focus was given to science and technology policy, including a comprehensive treatment of the chain of several productive segments. It must be clear that the 1980s crisis strongly affected the III PNBCT initiatives, including what was offered as "scientific knowledge democratization".

3 THE EMERGENCE OF INVOCATION POLICIES IN PERIPHERAL CAPITALISM

The economic crisis through which it passed in the 1980s led to a strong questioning of the industrial policy schemes adopted in the region, especially the promoter and regulator role played by the State, leading to the region's development model crisis in the 1990s. Much of the debate on national technology was also contaminated by comparative studies, taking the "Asian tigers" emergence as a comparative part. Freeman (1995), will contrast the Asian experience with the Latin American one, pointing to factors such as the technical change initiative based on technologies imported by the Asians, compared to the technological contribution without R&D by Latin American companies; this involved a continuous increase in business investment in R&D in Asian countries, and the opposite in Latin American countries; strong interaction between science and industry in Asia, in contrast to the weak relations between these sectors in Latin America.

By the early 1990s, *new money* was no longer available for countries affected by the crisis. Thus, programs sponsored by the International Monetary Fund (IMF) were decisive. It is important to note that the initial economic restructuring programs imposed by the IMF did not prioritize privatization, but rather stressed the need to pursue macroeconomic stability. The negative results, however, attributed to import substitution industrialization the fundamental cause of price distortions and macroeconomic imbalances. For Castellanos (1998, p. 80), this was the moment that

> State was identified as a factor to be corrected due to its "oversized" condition and its "participation" in productive activities, as well as its "deficit financing", which stimulates inflation, and therefore it was considered necessary to reduce the State through selling public companies and transferring social and infrastructure services to the private sector.

Generally speaking, the regional response to the crisis was based on recessive and administrative import control and export promotion through exchange rate policies. Such policies led, on the one hand, to strong export growth, but on the other hand, to economic stagnation and strong inflationary expansion. The long-term consequence was the reprimarization of the economies. The external adjustment interrupted, in most Latin American countries, the developmental strategy of industrialization linked to scientific and technological development.

This situation generated a considerable decrease in infrastructure investment, on one hand, and in investment in science and technology, on the other, made by the state. This situation contributed to weaken the knowledge base of a techno-productive structure that, in several sectors, some being knowledge-intensive, was in its initial stage, and a decrease in the technological learning efforts undertaken by many companies until then (Mercado, 2005).

The State modernization plans at the time highlighted the need to strengthen sectors capable of integrating into the global economy by developing the ability to compete and export, creating favorable macroeconomic conditions and stimulating export activity (Batista, 1994). They discouraged, however, the adoption of industrial policies. The economic policy then paid little attention to technological capacity development, contributing to weaken even more the technological and productive capacities of several industrial sectors, configuring a very specific pattern in productive development, based on producing *commodities* and particular forms of insertion in the international economy.

> The trend lines show a sharp decline in manufacturing activity as a component of industrial output and, to a lesser extent, in agriculture, both essential elements to any economy. However, the sectors that have shown the highest growth rates are services and mining and quarrying, in line with direct foreign investment. This

> sectoral performance allows us to speak of a dual behavior concerning the trends observed in developed countries, since they show a coupling regarding the growing participation of the tertiary sector in the GDP [gross domestic product], but a decoupling compared to the gross product evolution of natural resources exploitation activities, and in manufacturing (...)" (Mercado, 2005, p. 10).

In other words, from the economic development point of view, the country's primary-export characteristics are accentuated. Thus, unlike what happened in developed countries, which based much of their growth on manufacturing activities that add value through knowledge production, Brazil consolidates its productive model based heavily on natural resource exploitation and on basic industrial activities rather than on manufacturing (Mercado and Testa, 2003).

This economic process occurs simultaneously with universities' internationalization, on one hand, and the creation of the NIS, on the other, and has as a consequence the deepening of the disarticulation between the knowledge produced and the national development policies.

The strengthening of the Brazilian universities' internationalization process was based on an ideology about progress, according to which technology was seen as a neutral vehicle for the irreversible countries' growth (Dagnino, 2008; Lacey, 2008). From the public policy production perspective, this meant the search for increased academic productivity and placement in international rankings, more than the search for a qualitative discussion of what was being produced. According to this approach, development, understood as a one-way process, depended almost exclusively on "universal" technology incorporation, quantified according to international indicators (Carlotto and Hitner, 2019). For universities, this meant a new conception whereby the relationship between the type of knowledge developed and its impact on society becomes irrelevant, but the quantification of these elements according to indicators that measure a very specific kind of results is important.

Based on all the aforementioned, it can be concluded that the scientific and technological system in Brazil during the 20th century was institutionalized and expanded in a way that distanced it from the national capitalist dynamics, becoming basically an academic system that offered diplomas. The lack of interest by the economically advanced sectors in offering counterpart to state initiatives and in promoting R&D dynamics under their auspices contributes to this. This profound expectation asymmetry has led to the emergence of an "offerist" scientific dynamics in the scientific and technological system, "based much more on the supply of knowledge and qualified professionals by the academy than by an effective demand from the productive sector" (Dias, 2011, p. 332). Thus, the policies indicated so far, still legitimized by the "industrial society" characteristics, were unable to promote

training and technological innovation in industries, although they had achieved relative success in promoting a diversified academic system.

4 CONTEMPORARY SCIENCE AND TECHNOLOGY: THE SEARCH FOR UNIVERSITY-INDUSTRY SYNERGY

The global economic integration process had already made the point in the last quarter of the 20th century that the international competitiveness of companies would depend on factors such as science, technology and innovation. As mentioned above, the Asian economies' recent successes have caused many economic policies focused on science and technology, as new market liberalization rounds took place, to undergo transformations in which new patent policies were promoted; the investment focus shifted from the university to industry; emphasis on scientific development regarding the application context; new stakeholders in knowledge emerged, who started to actively participate in its development; new collaborative arrangements, emphasizing multidisciplinary contracts and operating in global contexts. The supposedly open patterns of scientific and technological production in the 21st century cannot be understood without taking into account the emergence of neoliberal capitalism, supposedly victorious after the 1990s.

At the beginning of the 21st century, science and technology have tightened their ties with the market, in a non-linear supply and demand dynamic, i. e., without a clear cause and consequence direction. This integration level, which is not equally noticeable in all contexts, responds, in fact, to a deepening of institutional logics already promoted in the 20th century by the national states of advanced capitalism and that, with the Asian emergence, are now being sought also by the peripheral capitalist countries. Accordingly, the "Chinese model" has relied on the relative success of policies, first copying, then technological innovation, whose recent emblem is the " 5G system" development by the giant Huawei.

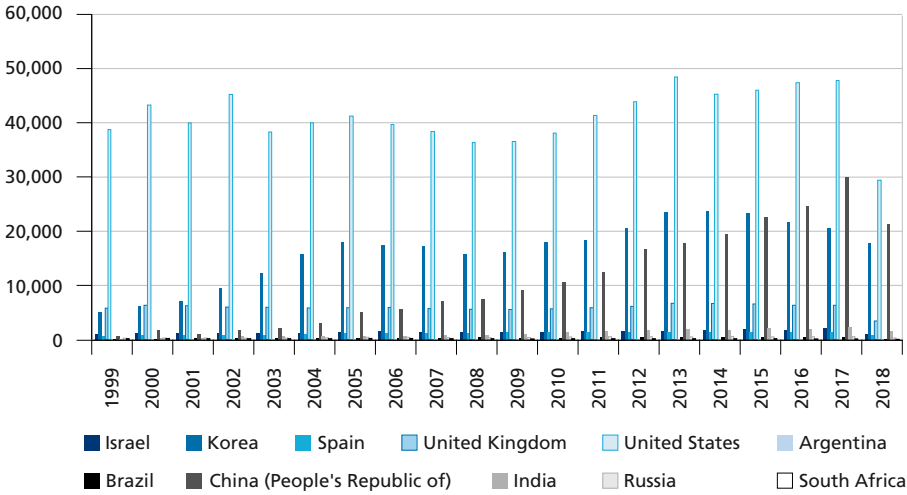
Inspired by the "white book" on science and technology (2002), which compiled the results of the *II National Conference on Science and Technology*, the science and technology policy in the beginning of the 21st century in Brazil reflected the need to transform the knowledge results into innovation, for competitiveness (of enterprises) and sustainable growth. The implemented policies focused even more on business interests, mainly in the search for a greater sector participation in scientific and technological production, relating this objective to the foreign trade and industrial policy interests as well. To this end, a number of legal-institutional reforms were implemented, starting with Act No. 110,973/2004, The Innovation Law.[5] This act indicates not only to facilitate the relationship between public research centers and companies, but

5. Updated in Act No. 13,243/2016, with Regulatory Decree No. 9,293/2018.

also "to encourage that these same public institutions become directly involved in the knowledge commercialization process, especially through patenting and licensing of new technologies" (Carlotto, 2013, p. 108). Simultaneously, Act No. 11,196/2005 – known as the "Law of Good" (Lei do Bem), consolidated tax incentive mechanisms for innovation in the productive sector.

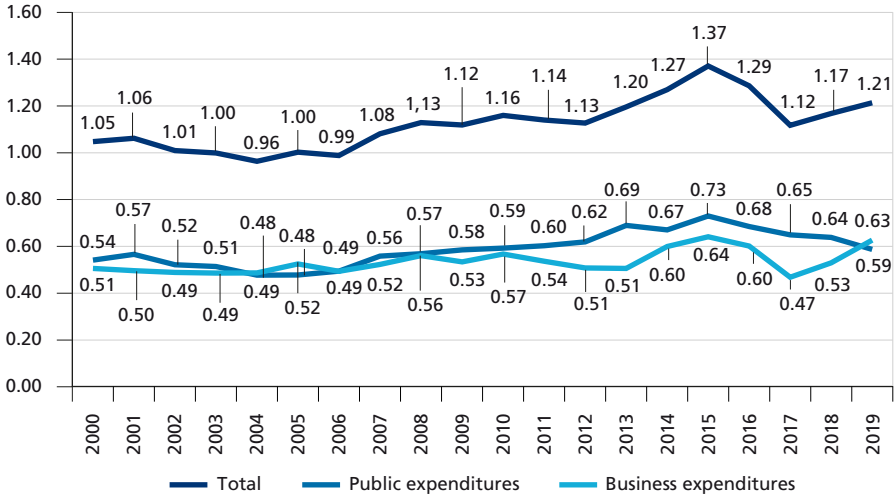
More than the legal arrangement for bringing the science and technology system closer to the productive sector, now, and opposing the industrial policy absence in the previous period, the Industrial, Technological and Foreign Trade Policy (Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE) is also implemented, in which the expectations for technological innovation included in the implemented legal initiatives were evident, under the industrial training for the international insertion of companies. All these policies, however, seem to have been faced with deeper structural problems, as the same difficulties as in the previous period were noted at the end of the first two decades of the century, whether in the number of patents filed by companies, in the improvement of their technological capacity, in the increase in the country's technological dependence, and in public and private spending compared to other countries and previous periods (figures 1 and 2 below).

FIGURE 1
Total patent applications under the Patent Cooperation Treaty (PCT), by inventor's country of residence and priority date, selected countries (1999-2018)



Source: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Available at: <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PATS_IPC>. Accessed on: Mar. 12, 2021.

FIGURE 2
Brazil: national spending on research and development (R&D) in relation to GDP by sector (2000-2019)
(In %)



Source: Ministry of Science, Technology and Innovations (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI). Available at: <https://bit.ly/3GUnilb>. Accessed on: Feb. 10, 2022.

In this sense, the old business "bottleneck" still seems to influence the participation in R&D by companies.

> We have had a substantial growth in our participation in world publications, from 1.50% in 2000 to almost 3% by the end of this decade. However, our participation in worldwide patent deposits remains negligible and investments in research and development (R&D) as a proportion of the gross domestic product (GDP) had very modest growth. Private investment in R&D is at 0.54% of GDP (2011 data), slightly higher than at the beginning of the decade (0.49%) (De Negri, 2017, p. 25).

After all, the companies with innovative potential speech reports "excessive economic risks"; "high innovation costs"; "scarcity of funding sources"; "organizational rigidity" and "lack of qualified personnel" as elements that would hinder innovation and technological learning on their part (Mazzucato and Penna, 2016). In this regard, the reports on the innovation ecosystem in Brazil also reflect diagnoses such as the scientific and technological agenda fragmentation among the public entities involved, "including duplicated functions in several ministries, unclear competencies of the agencies, lack of synergies" (Mazzucato and Penna, 2016, p. 63), bureaucratic problems and regulatory uncertainties, autonomy and insulation of the research sector, distanced from the business sector.

Again, as was the case during the military dictatorship period, public research institutions expanded and followed the evolution of new institutional arrangements for the innovation promotion, such as technology parks, patent offices and technology transfer offices, following the funding improvements by the state, which kept resources upward and stable. This brought to an improvement in scientific working conditions in Brazil, with an unparalleled increase in the number of staff employed in scientific activities and the 13th position in indexed article publication in 2018 (Web of Science Group, 2019). De Negri and Ribeiro (2012), when researching the public research institutions infrastructure linked to the MCTI conclude that

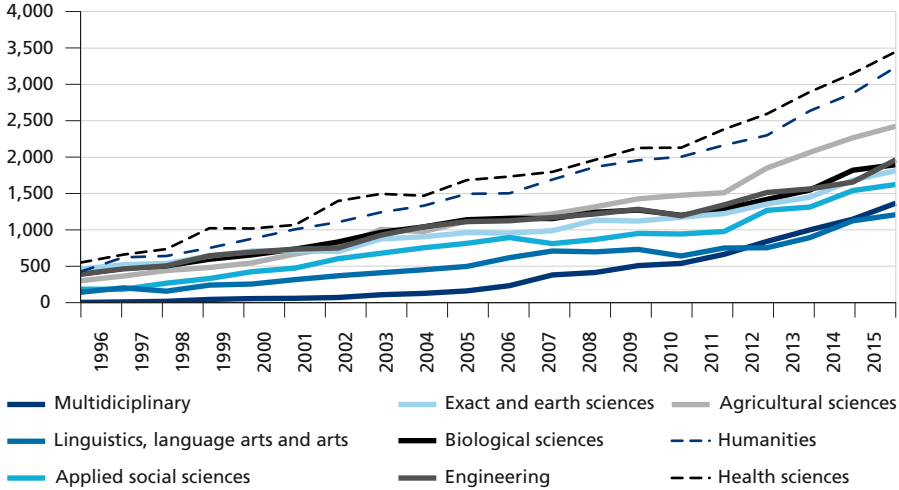
> most laboratories/infrastructures have technical capacity compatible with the best world infrastructures of its kind (...). Therefore, the data corroborate the argument that the MCTI research units have an advanced research infrastructure for Brazilian standards, which gives them a strategic role within the national ST&I system.

Mazzucato and Penna (2016), however, recognize the problems previously mentioned regarding the little synergy between public institutions of science and technology and the business sector, although they conclude that the country was able to generate an important scientific and technological infrastructure with the capacity to advance in indicators, whether in innovation or in article production. They follow, then, in the same direction as De Negri and Ribeiro (2012).

> The perception is that Brazil has developed a good science and education infrastructure and has acquired competencies in areas where it is producing frontier research, such as health (led by Fiocruz [Fundação Oswaldo Cruz] and other research centers, including universities), agriculture/food (led by Embrapa [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária]), and energy (led by the Petrobras research center Cenpes, and in the ethanol production field) (Mazzucato and Penna, 2016).

Understanding the post-graduate human resources training as an investment indicator in knowledge, it becomes clear that from the perspective of training researchers, and investment in research, the country has had, since the 1990s, policies to stimulate philosophy doctor (PhD) training and to encourage knowledge production in universities.

FIGURE 3
Number of PhD degrees awarded in Brazil, by major area and knowledge area (1996-2015)



Source: Capes Collection, 1996-2012, and Plataforma Sucupira, 2013-2015 (Capes, MEC).
Authors' elaboration.

From the chart, one can see a growth trend in the number of PhD degrees granted in the country, in all areas of knowledge, with an acceleration in 2010, especially in engineering.

Between 2009 and 2015, the PhD population has grown significantly in Brazil. In 2009, that population was made up of 98,665 individuals who had obtained one or more PhD degrees in Brazil between 1996 and 2009. In 2015, meanwhile, that population expanded, reaching the number of 187,630 PhDs. At the same time, the number of employed PhDs in that population increased in a very similar way and today reaches approximately 80% of the PhDs in all knowledge sectors with formal employment.[6]

Therefore, the Brazilian scientific and technological production context faces a challenging catastrophic economic scenario and a deep reprimarization process, associated with the increase of masters and doctors in the country. A consequence that can be observed is that, in moments of crisis, there is a tendency for researchers to leave the country and a reduction in the technological park formed, fundamental aspects of Brazil's peripheral international insertion. This is because there is a mismatch between our industrial development needs, on one hand, and the university system development, dedicated to study

6. Available at: <https://mestresdoutores2019.cgee.org.br/web/guest/estudo>.

cutting edge technologies, without worrying about the impact on the national productive network.

The university system, especially after going through an important internationalization process since the 1990s, uses imported theoretical and methodological references and research problem constructions, which makes the relationship that the university establishes with its environment complex, and often dislocated. Moreover, labor internationalization in the recent molds reinforces the brain drain phenomenon due to its typically problem-oriented training in central capitalist countries. Thus, with this resource in deficit in developed countries, especially during crisis moments, its abduction to developing countries becomes expected, as it has already happened in other historical moments. It is also clear that the migration of highly qualified human resources from relatively poorer countries to central economies is due to the limitations that a technologically dependent economy has to absorb them, much less its university system, historically suffering discontinuities in its expansion. For this reason, scientific research, university careers, and science and technology strategies and policies cannot be dissociated from the fundamental decisions of the development process.

Furthermore, brain drain can generate an atrophy of the capacities installed for development and inhibits the possibilities for the technological base to expand, as well as the innovation production in the sending country, perpetuating inequalities and the position of some countries as producers and others as science and technology consumers. After the consolidation of national S&T systems in the last 60 years around the world, including Brazil, we are now going through a moment of scientific production and personnel concentration employed in S&T activities as never seen before. With the recent cuts in investment in science and technology in Brazil, all these historic problems tend to get worse.

5 CONCLUSIONS

The Brazilian science and technology system was born international as governmental support was inspired by the global science institutionalization patterns. The support came through public policies and promotion, expressed through the creation of Capes and CNPq, and the financing by the BNDE to science and technology through the National Technology Fund (Fundo Nacional de Telecomunicações – FNT).

These initiatives expanded in Brazil the personnel employed in science and technology activities, whether in universities, research centers, and R&D sectors linked to companies, private or public, on one hand, and, on the other hand, left us with an expanded scientific-technical apparatus, both in the state sphere and

in the people' daily lives, who began to recognize the importance of science and technology for themselves.

In the 1980s, despite the previous efforts to institutionalize and expand the system, the country followed a logic of distancing itself from the national capitalist dynamics, becoming basically an academic system for diploma supply, disconnected from the national productive network, based much more on knowledge supply and qualified professionals than on the productive sector demand. The result was that, at a time when science and technology started to play a key role in global economic policies, in the Brazilian case, they were unable to promote training and technological innovation in the industries, even though they achieved relative success in promoting a diversified academic system.

At the beginning of the 21st century, although science and technology have tightened their ties to the market, they have done so without a clear cause and consequence direction. During this period, the National Science and Technology System went through a new updating process, creating a new legal framework that guaranteed, among other things, a closer relationship between science and technology and industry. This update, however, did not mean a greater technological gain or greater involvement of the business community with the science and technology produced in science and technology institutions.

Brazil has difficulties in transforming knowledge into products for the market. Despite the political and legal updating process we have gone through with the creation, among others, of the Law of Good, the Innovation Law, and the Science and Technology Legal Framework, we have not managed to take the next step towards producing shared projects between academia and industry. It is clear that a knowledge "offering" academy is not enough if other parts of the R&D process do not take place, in Brazil's particular case, scientific and technological development is not typically placed on the business community's horizon. With the recent abrupt cuts in the state funding of science and technology, bringing it back to the 1990s levels, it is noticeable that the gap that we have been talking about throughout this text between the scientific and technological and economic systems will increase. Furthermore, the search for insertion in the science and technology global standards will be compromised.

REFERENCES

ALBUQUERQUE, L. C. de. Ações programadas do CNPq: III PBDCT (Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – 1980/85). **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 201-211, 2009.

BATISTA, P. N. **O consenso de Washington**: a visão neoliberal dos problemas latino-americanos. São Paulo: Pedex, 1994.

BRAZIL'S brain drain is getting worse: political instability and a shortage of funds are pushing scientists abroad. **The Economist**, July 24, 2021. Retrieved from: <https://econ.st/3M9eAQV>.

BURGOS, M. B. **Ciência na periferia**: a luz síncroton brasileira. Juiz de Fora: EDUFJF, 1999.

BUSH, V. **Science**: the endless frontier – a report to the president. Washington: National Science Foundation, 1990.

CARLOTTO, M. C. **Veredas da mudança na ciência brasileira**: discurso, institucionalização e práticas no cenário contemporâneo. 1st ed. São Paulo: Scientiae Studia; Editora 34, 2013.

CARLOTTO, M.; HITNER V. Políticas alternativas: un balance de experiencias concretas de políticas científico-tecnológicas y de educación superior desde América del Sur (2000-2015). *In*: RAMÍREZ, R. (Coord.). **La investigación científica y tecnológica y la innovación como motores del desarrollo humano, social y económico para América Latina y el Caribe**. Córdoba: Unesco; Iesalc, 2018. p. 75-128.

CASTELLANOS, J. **Developing government bond markets**. Washington: [s.d.], 1998. Retrieved from: <https://bit.ly/3OTydhr>.

DAGNINO, R. **Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

DE NEGRI, F.; Por uma nova geração de políticas de inovação no brasil. In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. de. (Org.). **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil**: avanços recentes, limitações e propostas de ações. Brasília: Ipea, 2017. p. 25-46.

DE NEGRI, F.; RIBEIRO, P. V. V. Infraestrutura de pesquisa no Brasil: resultados do levantamento realizado junto às instituições vinculadas ao MCTI. **Radar**: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior Brasília, n. 24, 2013.

DIAS, R. B. O que é a política científica e tecnológica? **Sociologias**, v. 13, n. 28, p. 316-344, 2011.

FFRENCH-DAVIS, R. As economias Latino-Americanas: 1950-1990 In: BETHELL, L. (Org.). **A América Latina após 1930**. São Paulo: Edusp; Funag, 2005. (História da América Latina, v. 6). p. 129-230.

FREEMAN, C. The 'National System of Innovation' in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.

LACEY, H. **Valores e atividade científica 1**. São Paulo: Editora 34; Scientiae Studia, 2008.

MAZZUCATO, M.; PENNA, C. **The Brazilian Innovation System**: a mission-oriented policy proposal. Brasília: CGEE, 2016.

MELLO, J. M. C. de. **O capitalismo tardio**: contribuição à revisão crítica da formação e do desenvolvimento da economia brasileira. São Paulo: Brasiliense, 1986.

MERCADO, A. La estructura productiva de América Latina: convergencia hacia la sociedad del conocimiento. **Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales**, v. 11, n. 1, p. 209-242, 2005.

MERCADO, A.; TESTA, P. (Ed.). **Tecnología y ambiente**: el desafío competitivo de la industria química y petroquímica venezolana. Caracas: Fundación Polar, 2003. 395 p.

MIROWSKI, P. The future(s) of open science. **Social Studies of Science**, v. 48, n. 2, p. 171-203, 2018.

MOREL, R. L. M. **Ciência e Estado**: a política científica no Brasil. São Paulo: T. A. Queiroz, 1979.

ORESKES, N.; CONWAY, E. **Merchants of doubt**: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming. New York: Bloomsbury, 2011.

PINTO, A. V. **O conceito de tecnologia**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. v. 2.

PREBISCH, R. **O desenvolvimento econômico da América Latina e seus principais problemas**. [s.l.]: Cepal, 1949. Retrieved from: <https://bit.ly/3uglxcy>.

RANGEL, I. **Obras reunidas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012. v. 1.

SÁBATO, J.; BOTANA, N. La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de américa latina. In: CASAS, R.; MERCADO, A. (Coord.). **Mirada iberoamericana a las políticas de ciencia, tecnología e innovación**: perspectivas comparadas. 1st ed. Ciudad Autónoma: Clacso; Madrid: Cyted, 2015.

SCHWARTZMAN, S. **Formação da comunidade científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Finep, 1979.

SIMPSON, T. M. Irracionalidad, ideología y objetividad. In: CASAS, R.; MERCADO, A. (Coord.). **Mirada iberoamericana a las políticas de ciencia, tecnología e innovación**: perspectivas comparadas. 1st ed. Ciudad Autónoma: Clacso; Madrid: Cyted, 2015.

VARSAVSKY, O. **Hacia una politica cientifica nacional**. Buenos Aires: Ediciones Periferia, 1972.

WEB OF SCIENCE GROUP. **A pesquisa no Brasil**: promovendo a excelência. [s.l.]: [s.n.], 2019. Retrieved from: <https://bit.ly/3aBVvd1>.

DIPLOMACY, DEBT, AND CHANGE: THE INTERNATIONAL DEBT ARCHITECTURE AFTER THE COVID-19 PANDEMIC[1]

Osvaldo Quirino de Souza Filho[2]

The article argues that the response from the Group of Twenty (G20) and the Paris Club to the covid-19 pandemic in the field of sovereign debt marks a turning point in the international debt architecture. In articulating a new approach, G20 leaders and Paris Club creditors approved the Debt Service Suspension Initiative (DSSI), which seeks to provide fiscal relief to help low-income economies (LIEs) face the pandemic crisis. Thereafter, the G20 and the Paris Club endorsed the Common Framework for Debt Treatments beyond the DSSI (CFDT), a mechanism to tackle the solvency problems of LIEs through debt restructuring processes. The CFDT is the first mechanism since the Paris Club's creation in 1956 that brings together both its members and non-members on a permanent basis, and the first one that the G20 rather than the Group of Seven (G7) established. The CFDT's design takes into account the changes in the sovereign debt landscape over the last 25 years, but it also seeks to maintain the Paris Club's influence as the main forum for sovereign debt restructuring despite its declining importance.

Keywords: international finance; sovereign debt; G20; Paris Club; DSSI; Common Framework.

DIPLOMACIA, DÍVIDA E MUDANÇA: A ARQUITETURA INTERNACIONAL DA DÍVIDA APÓS A PANDEMIA DE COVID-19

O artigo argumenta que a resposta do Grupo dos Vinte (G20) e do Clube de Paris à pandemia de covid-19 no campo da dívida soberana representa ponto de inflexão na arquitetura internacional da dívida. Ao articularem nova abordagem, líderes do G20 e credores do Clube de Paris aprovaram a Iniciativa de Suspensão do Pagamento da Dívida (Debt Service Suspension Initiative – DSSI), que busca dar alívio fiscal aos países de baixa renda para que possam melhor enfrentar a crise pandêmica. Na sequência, endossaram o Acordo Quadro Comum para Tratamento da Dívida após a DSSI (Acordo Quadro), mecanismo desenvolvido para lidar com problemas de solvência enfrentados por países elegíveis à DSSI mediante processos de reestruturação. O Acordo Quadro é o primeiro instrumento criado, desde a formação do Clube de Paris em 1956, que congrega, em bases permanentes, membros e não membros do Clube de Paris, e o primeiro que foi estabelecido pelo G20, que assumiu funções do Grupo dos Sete (G7). O desenho do Acordo Quadro leva em conta mudanças na evolução da situação internacional da dívida soberana nos últimos 25 anos, mas também busca manter a influência do Clube de Paris como principal foro para reestruturação da dívida apesar de sua influência declinante.

Palavras-chave: finanças internacionais; dívida soberana; G20; Clube de Paris; DSSI; Acordo Quadro Comum.

1. The views and opinions expressed in this essay are the sole responsibility of the author and do not reflect the positions of the government of Brazil.

2. Brazilian career diplomat. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2685-0690>. E-mail: <oqsf@hotmail.com>.

DIPLOMACIA, DEUDA Y CAMBIO: LA ARQUITECTURA INTERNACIONAL DE LA DEUDA TRAS LA PANDEMIA DE COVID-19

El artículo sostiene que la respuesta del Grupo de los Veinte (G20) y del Club de París a la pandemia de covid-19 en el campo de la deuda soberana marca un punto de inflexión en la arquitectura internacional de la deuda. Al articular un nuevo enfoque, los líderes del G20 y los acreedores del Club de París aprobaron la Iniciativa de Suspensión del Servicio de la Deuda(Debt Service Suspension Initiative – DSSI), que busca garantizar alivio fiscal para ayudar a las economías de bajos ingresos (LIE) a enfrentar la crisis pandémica. Posteriormente, el G20 y el Club de París aprobaron el Marco Común para el Tratamiento de la Deuda más allá de la DSSI (CFDT), un mecanismo para abordar los problemas de solvencia de los LIE a través de procesos de reestructuración de la deuda. El CFDT es el primer mecanismo desde la creación del Club de París en 1956 que reúne a sus miembros y no miembros de forma permanente, y el primero que el G20 ha establecido, en lugar del Grupo de los Siete (G7). El diseño del CFDT tiene en cuenta los cambios en el panorama de la deuda soberana durante los últimos 25 años, pero también busca mantener la influencia del Club de París como el principal foro para la reestructuración de la deuda soberana a pesar de su importancia decreciente.

Palabras clave: finanzas internacionales; deuda soberana; G20; Club de París; Marco Común.

JEL: F34.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art6

Data de envio do artigo: 7/12/2021. Data de aceite: 3/3/2022.

1 INTRODUCTION[3]

Problems that may be structural in origin
ultimately emerge as policy issues.
Henry Kissinger

The covid-19 pandemic led the public sector to engage in unprecedented expenditure, which was needed to address the economic and health crisis it engendered. Without strong financial and social safety nets in place, lower-income and highly indebted countries were particularly hard hit. They lacked fiscal space to accommodate public spending and faced reduced access to adequate international financing in the short term. The alarming landscape of global sovereign debt, with more than 30 countries with unsustainable debt in 2019 (IMF, 2019), was substantially aggravated because of the pandemic-induced crisis. In the first six months of 2020, more than 100 countries resorted to International Monetary Fund (IMF) financing (Shalal and Lawder, 2020), and more than US$ 100 billion left financial markets in developing countries, three times the amount registered at the outset of the Global Financial Crisis (GFC) (Georgieva, 2020). According to IMF data, average deficits-to-GDP coefficients reached

3. The author is thankful to Caio Mario Renault, Henrique Choer, and Mari Carmen Rial Gerpe for their valuable comments on earlier drafts of this paper. Mistakes and omissions are solely the responsibility of the author.

11.7%, 9.8%, and 5.5% in developed, developing, and lower-income countries in 2020 (IMF, 2021a). Beyond that, the reduction in foreign direct investment globally, and exchange rate depreciations in many developing countries, further increased the cost of servicing foreign currency loans and added pressure to the difficulties faced, especially by poor countries (OECD, 2020; Bolton et al., 2020).

This extremely challenging environment induced varied responses at the international level. Financial diplomacy was of particular utility to decision-makers. This sub-set of economic diplomacy is a two-leg instrument that comprises the exercise of financial power, on the one hand, and the regulation of financial flows, on the other (Marfil, 2004). As the pandemic unfolded, there was increasing diplomatic coordination to formulate financial instruments that could help to tackle the crisis: not only did States and International Financial Institutions (IFIs) use their financial power to protect the economy and workers, but they also implemented measures to strengthen the Global Financial Safety Net and mitigate the uncertainty that affected markets (Segal, 2020). From swap lines by the United States Federal Reserve in favor of several countries, over increased concessional financing by the IMF, and the creation of special credit lines by Multilateral Development Banks (MDBs), financial diplomacy was a key ingredient in the policy mix used to face the crisis.

At the multilateral level, the Group of Twenty (G20) and the Paris Club were particularly active. They established the Debt Service Suspension Initiative (DSSI) to provide fiscal relief to lower-income economies (LIEs) during the second half of 2020 so that they could be in a better position to weather the pandemic. Since the economic and health conditions did not improve as fast as predicted, they also approved two term extensions for the initiative and the Common Framework for Debt Treatments beyond the DSSI (CFDT), the aim of which is to organize the debt restructuring process of DSSI beneficiary countries facing insolvency issues and debt distress. A significant change in the international debt architecture came about as a result of the pandemic. As this article shows, this change relates to the emergence of China as the world's largest sovereign creditor and to the new "geoeconomic order" that is taking shape due to China's growing influence on international economic governance (Robertson, Choer and Ferguson, 2019). But it is also influenced by different conditions in the global financial markets, the increasing role of private creditors, and the relative decline in concessional lending, which have altered the sovereign debt landscape during the last two decades (IMF, 2021c).

This article analyzes the roles of the G20 and the Paris Club in addressing the issue of global debt at the outset of the covid-19 crisis, both in the short term, with the DSSI, and the long term, with the CFDT. Moreover, the negotiations that led to the DSSI and the CFDT revealed unprecedented reform to the international debt architecture. For the first time since its creation in 1956, Paris Club members had to share the negotiating table, occasionally as a minority,

with non-members, notably China, and coordinate with them the restructuring of debt stocks of countries whose larger share of debt was, in the majority of cases, owed to non-members. Also for the first time, the G20, rather than the Group of Seven (G7), created this new debt restructuring mechanism, expanding considerably the universe of interested parties with a say in its implementation. This means that Paris Club creditors will no longer enjoy the major privilege and autonomy in negotiating debt treatments through previous instruments, such as the Highly Indebted Poor Country (HIPC) initiative and the Evian approach, causing the implementation of the CFDT to be much more fraught with disputes and more prone to failure. These elements, and the underlying changes that have been altering the sovereign debt architecture, further suggest that the singular power position of Western creditor nations since the 1950s has been greatly eroded, accompanied by the relative retreat of the Unites States hegemony in world politics and the rise of China. Whereas United States hegemony provided a stable configuration of power for those previous initiatives, great-power transition creates a highly unstable and indefinite playing field, where actors strive to build understanding and do not have a clearly defined framework for moving forward.

The article's main contention is that the process unlocked by the DSSI and the CFDT marks not only the first relevant initiative at the global level in the sovereign debt agenda since the GFC but also the beginning of significant changes in the international framework that regulates sovereign debt treatments. In this sense, the article offers a contribution to understanding how global financial governance is seeking to adapt to broader changes in world politics, such as the strategic rivalry between the United States and China triggered by the rise of the latter, as well as the fallout of the covid-19 crisis. It also builds on the assumption that public debts are both economic and political objects, and that they raise "issues about the distribution of power and resources within and across societies, revealing as well as enhancing transfers of liabilities between social groups and generations" (Barreyre and Delalande, 2020, p. v). In this definition, public debt is "an instrument of power, a social relationship, and a political arena in which interest and values collide" (idem, ibidem). Changes in the international configuration of sovereign debt will therefore reflect power dynamics, conflictive relationships among States, and different approaches as to what end sovereign debt should serve and as to what means, and informed for which values, should States address it. The CFDT, as will be discussed, is a simple and seemingly useful mechanism to address debt sustainability in the LIEs, but it leaves the majority of these questions unanswered. Indeed, the G20 consensus on which it rests is immensely more fragile than the one that underpinned G7 initiatives.

The article answers three main questions: what were the objectives pursued by the G20 with regard to the debt situation of the LIEs? Which instruments

were used to reach them? And were these instruments adequate to promote those objectives? Part 2 discusses the central international initiatives regarding sovereign debt from 1996 to 2020, compares the sovereign debt landscapes in 2020 and before, and shows why this is significant for any new debt restructuring process. Part 3 describes the creation of the DSSI and gives the main reasons why the initiative may not have succeeded, above all the posture of China and of the private sector. Part 4 begins with a conceptual analysis of changes in debt regimes and why they occur. Further, it explains why the CFDT represents a real change, despite its flaws, and does so by contrasting the traditional role of the Paris Club on the sovereign debt agenda with how the Paris Club will have to proceed from now on. The conclusion serves to summarize the answers to the three questions posed in the research and to signal the main challenges ahead for the CFDT.

2 SOVEREIGN DEBT AND DEBT CRISES: FROM THE G7 AND THE HIPC TO THE G20 AND THE COMMON FRAMEWORK (1996-2020)

Since the 1970s, there have been cyclical periods of sovereign debt accumulation, each marked by simultaneous events of debt distress in several countries and more or less coordinated processes of debt restructuring (Kose et al., 2021). These initiatives had clearly defined goals, such as poverty reduction, debt sustainability, regularization of relations with creditors, and growth (Callaghy, 2002; Cosio-Pascal, 2008). Their history tells the story of the consolidation of the Paris Club and the G7 as the main articulators of rules governing sovereign debt restructuring (Josselin, 2009; Rieffel, 1985, p. 1).

Emerging markets and LIEs saw substantial debt accumulation between the 1970s and the 1990s. In analyzing historical cycles of widespread debt growth, Eichengreen et al. (2020, p. 29) qualify this period as "The Great Accumulation", which partially coincides with the years of relative decline in growth volatility and inflation in industrialized nations, defined as "The Great Moderation" by Bernanke (2004). In this period, favorable economic conditions in the advanced nations led to increased financing for the Third World. When these conditions waned and the debt-carrying capacity of debtors suffered a blow, notably due to inflation and recession in the developed world and sky-rocketing interest rates in the United States, emerging markets and LIEs benefited from international initiatives to alleviate their debt burdens. Although creditor countries were mostly the same in both cases, their approach to LIEs was more systematic than to developing countries. After the Mexican crisis (1994), this approach gained in organization as the G7 (France, United Kingdom, Germany, Italy, Japan, and the United States) decided to act in a more structured manner regarding the financial agenda. After its Halifax meeting in 1995, the group began a series of consultations to build the so-called "New Architecture of the International

Financial System" (IFA) (Peláez and Peláez, 2005). Recurrent financial crises, loss of confidence in markets, and sudden reversal of capital flows led the group to articulate proposals for reforms and present them to the IFIs. Their work covered a wide range of issues, from macroeconomic policy coordination and international codes to capital account liberalization, to developing supervisory and regulatory frameworks for banking activities.

In the field of sovereign debt, the G7 agreed on a comprehensive framework to help solve the issue of unsustainable debt in the LIEs, a decision taken as part of the general efforts to promote poverty reduction in the Third World. Under the topic of "reducing poverty", the 1995 G7 Halifax Summit Communiqué was critical in this process (Halifax…, 1995). It welcomed the Paris Club's response to the G7 encouragement the year before to improve the treatment of the debt of the poorest countries. In coordination with the IMF and the World Bank, the G7 and the Paris Club established in 1996 the HIPC initiative, which is still in place. Its main objective is to ensure that LIEs are not obliged to serve unsustainable debt. Since its inception, the HIPC initiative has benefited more than 37 countries and promoted US$ 76 billion of debt relief between 2001 and 2015 (IMF, 2019). Through debt pardon and better financial conditions for remaining debt, the HIPC initiative seeks to adapt debt stocks and payment conditions to make debt sustainable and conducive to economic growth (Badaró, 2016; Santarosa and Gerpe, 2017).

However, the G7 scheme did not prove sufficient to drive beneficiary countries into a virtuous track of debt accumulation in a manner consistent with longer-term debt sustainability. Moreover, shortly after the HIPC was launched, the international financial system began to face significant shocks. In a statement entitled *Toward a New Financial Architecture for a Globalized World*, delivered weeks before the G7 Summit of May 1998, then IMF Managing-Director Michael Camdessus (1998) stressed that central on the summit agenda would be "the issue of how to renovate the architecture of the international financial system in the face of the tremendous changes underway in the global economy". The context was the 1997 Asian banking crisis, whose tremendous effects and contagion capacity were felt worldwide. Absent in Camdessus' talk but key to financial stability was the issue of sovereign debt in the LIEs, which was addressed in a similarly entitled *Report by the Executive Committee on Economic and Social Affairs of the United Nations* (Ecesa) published in January 1999. The report underscored the rise in market volatility as a result of the "liberalization of financial flows among industrialized and some developing countries, floating exchange rates, financial innovations, and new communications techniques", and pointed out to the increase in external debt this process was yielding (Ecesa, 1999, p. 5). The report summarized the situation as one of an "enormous discrepancy that exists between

an increasingly sophisticated and dynamic international financial world, with rapid globalization of financial portfolios, and the lack of a proper institutional framework to regulate it" (Ecesa, 1999, p. 5). It also argued in favor of external debt service suspension through a coordinated approach between lenders and borrowers, with the IMF participating, and of debt restructuring mechanisms that could deliver a more adequate structure of debt maturity in situations of sudden shifts in market sentiment, disorderly capital flight, and financial distress (op. cit., p. 20). Suggestions in banking regulation, transparency, and financial supervision were also formulated. Though not all of them were endorsed, the world's largest creditors decided thereafter to amplify the HIPC initiative's terms and create complementary arrangements to attack the debt problem in the LIEs. For, as the paper noted, "accelerated implementation of the HIPC initiative is a world priority, but bolder debt relief initiatives should also be considered" (op. cit., p. 25).

The G7 moved ahead to adopt the "Cologne Debt Initiative" in June 1999, a few months after the Russian crisis in August 1998, which raised concerns about contagion effects throughout the world (Peláez and Peláez, 2005, p. 86). They and the IMF/World Bank added specific objectives to the HIPC framework and created the "Enhanced HIPC", with increased focus on poverty; substantially higher and quicker debt relief; more beneficiary countries; resource availability for priority needs; shortening of the performance criteria; and lowering of targets and thresholds (of debt-to-export ratios) (Blackmon, 2017, p. 43). The initiative called upon the IFIs to develop mechanisms that linked more effectively the stock reduction of debt to public spending in areas deemed essential, such as health and education (Callaghy, 2002, p. 12). To this end, countries would have to develop with the IMF/World Bank a Poverty Reduction Strategy Paper (PRSP) to guide their economic reforms. Creditors agreed to cancel up to 90% of debt stocks. Of the 41 countries considered eligible, 26 participated in the initiative.

But neither HIPC nor Cologne were seen as definitive answers to the lack of a bankruptcy regime for sovereign debt. They were of no use to solve the Argentinian debt crisis of 2001-2003 and the critical issue of holdouts and private sector participation. This led the IMF to formulate a proposal to members of a Sovereign Debt Restructuring Mechanism (SMDR) in 2001, which also failed to attract commercial creditors. Because it excluded Paris Club credits from operations, it was denounced as a device to protect the IMF and official claims at their expense. However, it served its purpose to ensure private sector consent to including collective action clauses in debt contracts (Josselin, 2009, p. 532).

Instead of supporting a comprehensive and permanent mechanism to treat sovereign debt, the Group of Eight (G8) established the Evian approach in 2003, with the Paris Club assuming the key role of implementing it (Cosio-Pascal, 2008,

p. 23). It was designed to help countries not considered eligible for HIPC, mainly low-middle income countries. Cheng, Díaz-Cassou and Erce (2017) argue that this decision was taken against the backdrop of a geopolitical necessity: after the Iraq war initiated by the United States-led coalition in that year, the financial community needed a mechanism to structure the cancellation of the "odious debt" that the Saddam Hussein regime had accumulated over the previous decades (Damle, 2007). By allowing the possibility of treating stock-of-debt rather than debt flow, it also brought official methods closer to private ones (Josselin, 2009, p. 533). Another issue was the G7 ambition to show its continuing contribution to the reform of the international financial architecture following the financial crises of the late 1990s. Considering that without comprehensive treatment of all debt categories countries would continue to come back to the Paris Club demanding restructuring, Evian shifted the focus from simple short-term relief and put emphasis on long-term debt sustainability (Cosio-Pascal, 2008, p. 24).

But, despite the substantial engagement of the international financial community with the issue of unsustainable debt during the last 25 years, the debt situation in the LIEs has worsened. Unsustainable debt continued to grow in the first decades of the 21st century. After the GFC, another wave of debt accumulation ensued in LIEs, without proportional gains in terms of productivity or product growth, with a few exceptions (World Bank, 2021). The high volatility of commodities prices, which fell abruptly from 2014-2016, did not help either (IMF, 2021c). In 2016, public debt had risen 15 percentage points of the world GDP between 2000 and 2015 (Okamoto, 2020). Sub-Saharan Africa, in 2020, faced a fiscal gap amounting to US$ 44 billion, and average debt-to-GDP ratios rose from 24% to 32% in the region between 2009 and 2018. The Debt Sustainability Analysis (DSA) conducted by the World Bank and the IMF in 2019 indicated that 51 percent of IDA countries were classified "as either in or at high risk of debt distress" (Okamoto, 2020). The interest burden continued to rise for LIEs: "The average interest to revenue ratio is expected to rise to 8.7 in 2019 up by 0.9 percentage points in 2017, extending the rise from 6.3 percent in 2013" (IMF, 2020c, p. 8).

This debt landscape differs markedly from those of preceding debt crises, when official lending by States, and the IFIs that lent on concessional terms, dominated the creditors' scene. Differences refer to changes in terms of countries' debt profile, the nature of creditor and the creditor base, the distribution of the volume of claims among the creditors, and the variety of credit instruments held by debtors.

Changes in the debt profile are tied to the exponential growth of two types of creditors during the last 25 years: the private sector, and China. The 1990s, as is well known, were marked by significant changes in the relationship between States and markets, leading to a relative consensus regarding the benefits arising from financial deregulation, capital market liberation, relaxation of banking supervision

rules and trade tariff reduction, among others. With this came an enormous injection of liquidity in the global financial markets, and the private sector increased its participation in financing not only businesses but also States. In 1999, around 50 percent of the HIPC debt was owed to bilateral creditors, while 13 percent was owed to private ones (Blackmon, 2017, p. 27). Although the share of official claims in sovereign debt portfolios is still higher (75% of the total debt of LIEs), the private sector share grows fastest (World Bank, 2019, p. 8): "[t]he fall in the share of bilateral loans in total external debt by 7 percentage points is broadly matched by the rise in the share of commercial borrowing by 8 percentage points" (IMF, 2020c, p. 6). The emission of sovereign bonds in the international markets by a growing number of developing countries, as well as the growing share of credit offered by the private sector and sovereign wealth funds, has reduced the percentage of official debt on the total amount of sovereign debt across the world (Santarosa and Gerpe, 2017, p. 251). This situation of increased fragmentation of the creditor base clearly poses a challenge to any process of coordinated action to restructure foreign debts (IMF, 2020b, p. 20). This is a first and significant face of the over-indebtedness process witnessed in several nations.

The second is the result of China's continuing economic growth and the enormous trade surpluses it has been registering since the late 1990s. This dynamic caused the country to accumulate gigantic reserve balances in strong currency that have been readily available to use as a foreign policy tool. In less than two decades, China became the world's largest creditor, outstripping by far the combined Paris Club members. In 2020, of the US$ 45 billion due in servicing sovereign debt, about US$ 6,2 were owed to the Paris Club's members, US$ 14,5 billion to the private sector, and not less than US$ 24,3 billion, almost half the total, to China (Watkins, 2020). These data convey the importance of Chinese claims when assessing world debt and the inescapable necessity of including China in any serious discussion about the international debt architecture in the 21st century. This increased Chinese presence on the debt agenda has parallels in other fields and institutions in the international economy, such as the World Trade Organization (WTO), the IMF (Wang, 2018), and the MDBs. This influence and the conflict it creates with other powers, notably the United States, will have a greater consequence for the governance of international regimes and in the pattern of interactions governing interstate behavior, causing a shift toward a "geoeconomic order" (Robertson, Choer and Ferguson, 2019). It is too early to confirm this shift for sovereign debt, but there is no doubt that the changes sketched in this section are closely related to this growing Chinese influence in numerous international arenas.

A third representative group of creditors is the MDBs. In 2017, MDBs accounted for 43% of the total long-term debt of the LIEs, a still highly significant share, but relatively smaller than the one it owned in 2008, 53% (World Bank, 2019, p. 8).

As to the diversity of credit instruments in the sovereign debt portfolio, countries have also been witnessing significant changes. These include diversity in instruments, including bonds, loans, collateralized debt contracts and repurchase agreements. While bank loans have declined, since only the largest and most developed countries can access international bond markets, non-bonded debt with public guarantee remains the major source of financing for LIEs (IMF, 2020b).[4]

This changing scenario suffered a major blow with the covid-19 pandemic. In contrast to 2008, when the economic crisis erupted due to factors originating from within the global capitalist system itself, the world economy had been experiencing relative stability and modest recovery in 2020. The IMF projected world GDP growth of 3.3% in that year, more than the 2.9% recorded in 2019, and less than the 3.4% expected for 2021(IMF and World Bank, 2021). This time, the crisis was essentially caused by an external shock, which was not only the pandemic but, most importantly, the restrictive measures needed to reduce its dissemination.

When covid-19 struck, virtually all conditions that generate debt and affect the debt-carrying capacity were combined in a short period. The world saw an increased need for public spending; decline in economic growth and in tax revenues; short-term difficulty to raise funds in the markets; an increase in the risk premium and in the cost of the debt; a drop in remittances; and currency devaluation, among other impacts. The IMF and the World Bank composite indicator that measures debt sustainability takes the majority of these factors into account, and their deterioration obviously led to worsening of debt classification. Furthermore, this time the crisis also hit developed economies. It would be impracticable to put another initiative like the HIPC in place. Even the G7 countries had to drastically expand their balance sheet and issue debt on a large scale to pay for the pandemic-related costs. Average discretionary fiscal response to the pandemic in advanced nations stood at around 17% of GDP (IMF, 2020d).

Although the pandemic did not trigger a new debt crisis, it certainly added increased pressure on the debt scenario in the LIEs and helped bring more attention from the international community to a situation that had been deteriorating and needed to be addressed. This critical conjuncture is addressed next.

4. It is worth emphasizing the differences between sovereign and multilateral lenders with respect to political economy issues. Because MDBs lend in concessive terms and have strong no-toleration of arrears policies, borrowers usually do not default on their debts to those institutions. Sovereign creditors, nevertheless, have been vocal in arguing that seniority should be given to their credits vis-à-vis multilateral loans, so that bilateral flows of debt service are given precedence when debtors face financial difficulties. In the long term, this would imply increased consumption of MDB's capital, a reduction in their capacity to borrow, and entail financial losses to middle-income countries, which are the biggest contributors to those institutions. Briefly, lower and middle-income countries would be sacrificed for the sake of large creditors.

3 IMPLEMENTING CRISIS RESPONSE POLICIES: THE DSSI AND THE "ELEPHANTS IN THE ROOM"

Despite its apparently declining influence in previous years (O'Neill, 2019), once again, as in 2008, it was not the G7 but the G20 that served as the definitive forum to organize and coordinate responses to the crisis (Delabie, 2009; Scandiucci Filho, 2018). The G20, born in 1999 after the Asian crisis as a mechanism of dialogue for Finance Ministers and Central Bankers, became a forum for leaders in 2008 to develop a joint response to the GFC, following the changes in the distribution of wealth and power in the world in previous years. After that, it established a working group to discuss the "International Financial Architecture" (IFA), similarly to what was done under the G7/8 in the 1990s (DT, s.d.). From discussions within this mechanism emerged the proposal to establish the DSSI in 2020.

On April 15th, the G20 endorsed an Action Plan (AP) and announced its intention to support a time-bound suspension of debt service payments for the poorest countries, to be implemented in coordination with the Paris Club (Communiqué..., 2020). It added that "[a]ll bilateral official creditors will participate in this initiative" and called "on private creditors" to participate on comparable terms. Thus was born the DSSI, an unprecedented arrangement between the Paris Club and G20, intended as "a short-term breathing space" for LIEs (IMF and World Bank, 2021; common framework). Beneficiary countries were expected to comply with three commitments: to use the resources to increase social, health or economic spending in response to the crisis; to disclose all public sector financial commitments; to contract no new non-concessional debt during the suspension period. According to the World Bank, by June 2021 the initiative had "delivered more than $ 5 billion in relief to more than 40 eligible countries" (World Bank, 2021b).

But the main drawbacks in the DSSI design were already producing effects before its completion. In November, a G20 declaration highlighted two main shortcomings. It stated that "[a]ll official bilateral creditors should implement this initiative fully and in a transparent manner", and "strongly" encouraged private creditors "to participate on comparable terms when requested by eligible countries" (Leader's..., 2020). In these sentences, it summarized the main constraints to fully implementing the DSSI, the two "elephants in the room": China and private creditors.

As the world's largest sovereign creditor, China was expected to have a central role to play in the DSSI. Nevertheless, its commitment to the G20 arrangement would have to be adjusted to the Chinese practice in terms of transparency. China has a weak record of information-sharing where its creditor position is concerned. The country is not a Paris Club member, and only occasionally joins its meetings as an observer. It has no obligation to comply with the "information sharing" principle that guides the Paris Club's work. The report *How China Lends*

has published some key findings in this regard after analyzing 100 Chinese debt contracts and comparing them to a benchmark of other bilateral, multilateral, and commercial contracts (Gelpern et al., 2021). Specifically related to the DSSI is the conclusion that "[m]any of the contracts contain or refer to borrowers' promise not to disclose their terms – or, in some cases, even the fact of the contract's existence" (op. cit.). In this context, China's unwillingness to share the complete picture of its foreign exposure would simply impede the full implementation of the initiative. Though China, as a G20 member, approved the DSSI, it is unclear whether it would publish data of contracts with clauses such as the ones mentioned and allow closer scrutiny of compliance with the instrument. Officially, the Chinese government says it suspended US$ 2,1 billion under the first phase of the initiative (from May to December 2020), whereas sub-Saharan African countries alone owe it approximately US$ 10 billion in 2021 (Qiu and Woo, 2020). China's role should have been bigger in the first phase.

The private sector's role would also have to be of great significance. Its share in the global sovereign debt landscape has been increasing rapidly in the last few decades. When the DSSI was launched, it included only a soft message in this respect: "[p]rivate creditors will be called upon publicly to participate in the initiative on comparable terms" (Communiqué..., 2020). Nevertheless, private sector participation was considered critical, since in some cases it accounts for the majority of the debt accumulated by the country, such as Chad's, which owes the mining company Glencore US$ 379 million, and US$ 778 million to other private, bilateral, and multilateral creditors (Soto and Hoije, 2020). But of all the groups of creditors, probably the private sector was the one which contributed the least to the DSSI. This happened mainly for two reasons: new money and debt sustainability.

Firstly, private sector entities argued that their involvement in the initiative would have counterproductive effects, mainly because it could impact country-risk analysis by commercial creditors and credit rating agencies, eventually making their financial position deteriorate. A higher risk premium could be required from the LIEs in the future, affecting their capacity to fill their Sustainable Development Goals (SDGs) funding gap. This line of argument, used by the Institute of International Finance (IIF), a global association of the financial industry, in a letter to the G20 in September 2020, pointed out the "impressive" recovery in debt markets since the beginning of the pandemic, with emerging and frontier market bond spreads narrowing significantly from their peak in mid-March. The gradual normalization of financial flows even risked facing interruption because of further DSSI extension, considering that the initial market reaction to the launch of the DSSI had been "spread widening and disruption to market access for DSSI-eligible countries" (Adams, 2020b).

Other issues mentioned relate to eventual collective action problems and delays in renegotiating debts with private creditors. Furthermore, it was argued that borrowers themselves, in conversations with commercial creditors, were voicing concerns that their request to suspend payments to the private sector might be read as default by credit rating agencies and lead to higher credit risk classification. Scholarly research refers to this issue as "reputational damage", which can imply sanctions by creditors, output losses and reduced access to international markets (Reinhart and Trebesch, 2016). After the DSSI was announced, the three major credit rating agencies (Moody's, Fitch, and Standard and Poors – S&T) suggested that they would not view suspension of payments to service commercial debt as a "rating neutral event" (Kearse, 2020). IIF even published the *Terms of Reference For Voluntary Private Sector Participation* in the DSSI, but there is no evidence of considerable adherence to it (IIF, 2020). Briefly, private sector participation was considered to prevent new money, which the financial industry was eager to provide, from finding DSSI-eligible countries.[5]

Lack of private creditor participation collides with the comparability of treatment principle, a cornerstone of Paris Club negotiations that require comparable burden sharing among creditors in debt initiatives. Private Sector Involvement (PSI) was avoided to impede losses for private creditors, and this is no surprise. In fact, there are two interrelated but distinct regimes of debt restructuring: one for official debts, centered on the Paris Club, and another for commercial debt, with the London Club at its center (Josselin, 2009). Their interaction is non-hierarchical and has been marked less by coordination than by mutual pressure. Historically, after debtors agreed on terms of restructuring with their Paris Club creditors, they proceeded to negotiate with another informal group, the London Club, which gathers the private creditors. The terms were presented, and comparability of treatment demanded. There was never "reverse comparability, that is, initial negotiation at the London Club followed by comparability by the Paris Club" (Peláez and Peláez, 2005, p. 190-192).

5. These private sector claims rest on much disputed grounds. There is no precedent or guarantee as to whether a LIE will face difficulties in obtaining financing in international markets in the future if it renegotiates its private debt, or if simply suspends payments in a coordinated way, such as the one provided by the DSSI (Bulow and Rogoff, 1989). In fact, on the contrary, debt relief seems to improve the economic conditions of creditors, in terms of GDP per capita growth, rating, debt to GDP ratio, and debt service burden, at least for emerging markets and advanced economies (Reinhart and Trebesch, 2016, p. 4). On the other hand, some authors criticize initiatives such as the HIPC because, after debt pardon and financial assistance, many countries return to a path of unsustainable debt accumulation. Large portions of debts that are forgiven originate in credit operations by Export Credit Agencies (ECAs). When the countries representing these ECAs participate in pardons and reschedules at the Paris Club, their commitment to writing off debts is implemented by channeling development assistance money to the ECAs whose claim was cancelled. Developed countries, such as the United Kingdom, classify this operation as Official Development Assistance (ODA), when in fact no new money is directed toward LIEs. Secondly, reschedules are often not followed by mechanisms that ensure sustainable debt accumulation: after the old debt is restructured, ECAs and developed countries provide new public and publicly guaranteed loans to LIEs and contribute to renewing long-term debt problems. Consequently, a vicious cycle is formed "whereby developing countries are stuck in a revolving door of debt, rescheduling and more debt" (Blackmon, 2017, p. 9, 10, 54 and 56).

Therefore, the private sector would hardly agree voluntarily to suspend payments in a coordinated manner as supposed in the DSSI, especially in a context like the pandemic in which they would also suffer a blow.

The hole this caused in the DSSI was significant: "[w]ithout the participation of private creditors and China, the debt service bill will be cut by just 14 percent – and many countries will still be paying far more on debt than they are spending on safety nets and health" (Watkins, 2020). Fresnillo (2020) further argues that the debt suspension provided by the DSSI covered only "3.65% of all debt service payments to be made in 2020 by all developing countries".

Secondly, the lack of PSI has to do with the issue of debt sustainability. The keyword here is "case-by-case". Both China and the private sector have indicated that the DSSI would only postpone debt restructuring processes for several LIEs eligible for the benefit. The private creditors, in the same mentioned IIF letter, criticized what was viewed as "across-the-board, one-size-fits-all solutions", invoking as justification their principles and working-methods. The proposed approach was therefore to differentiate specific country situations. Since market liquidity had been reestablished, and new money would continue to flow to LIEs in sustainable debt position, it would be more suited for those with debt distress to transition to debt restructuring negotiations, preferably accompanied by an IMF-supported policy program. Then it would be possible to ensure comparability of treatment and restoration of debt sustainability for those who needed it.

These disagreements regarding DSSI design and implementation were taken into account in the discussions that led to the extension of the initiative for two terms. In November, the same G20 "Riyadh Summit Leaders' Declaration" that extended payments for another six months already came forth with a suggested solution for the long term, announcing a consensus in favor of a "Common Framework for Debt Treatments beyond the DSSI".

4 THE COMMON FRAMEWORK: A FRAGILE CONSENSUS

This section intends to demonstrate that in 2020 the necessary factors converged to foster an alteration of the debt regime that had regulated sovereign debt treatment for the last 70 years. Barreyre and Delalande (2020, p. xi-xii) stress that the world underwent "successive public debt regimes since the eighteenth century", meaning a "stable, dominant configuration defined by a specific articulation between the distribution of capital and markets (...), the nature of the state power (...), and the shape of the political arena". The authors argue that such regimes might be hegemonic, but they coexist with alternative modes of treatment of the object they regulate. Moreover, it is precisely when crises occur that they are "challenged and redefined, through multiple negotiations, conflicts,

and reordering". While the previously mentioned structural and underlying factors, and the dynamics of China and private creditors' financing, had been reshaping the global debt configuration during the past twenty years, they only emerged in full intensity as policy issues in that eventful year.

In the same November 2020 "Riyadh Summit Leaders' Declaration", taking into account the "significant debt vulnerabilities and deteriorating outlook in many low-income countries", the G20 recognized that "debt treatments beyond the DSSI may be required on a case-by-case basis" and endorsed the CFDT, which was also endorsed by the Paris Club. In less than two pages, the document established the basic parameters of this innovative mechanism that was added to the international debt architecture (Club de Paris, s.d.). The CFDT addressed three topics: i) need for debt treatment and debt eligible to the treatment; ii) coordination among official bilateral creditors; and iii) comparability of treatment with other creditors. The text affirms that "all official bilateral creditors with claims on a debtor country" would participate in the debt treatment of such a country. The key parameters include: i) changes in nominal debt service; ii) where applicable, the debt reduction in net present value terms; and iii) the extension of the duration of the treated claims; and calls for comparability of treatment. In stark contrast to previous initiatives, it stated that "debt treatments will not be conducted in the form of debt write-off or cancellation" (Statement..., 2020).

The simplicity of the CFDT's terms might conceal the truly sweeping nature of the process they seek to address. They create a new mechanism for debt treatment, not only beyond the DSSI, but virtually beyond the Paris Club itself.

To understand what this means, it is useful to bear in mind basic aspects regarding the Paris Club. Since it came into being in 1956, it has concluded 473 agreements, amounting to US$ 589 billion of debt, with 100 debtor countries. The Paris Club, run from within the French Treasury's premises, has always been chaired and co-chaired by senior officials of the French Treasury, and its secretary-general, also a French public official, runs a team of other French officials. Thus from a political and administrative point of view, France holds a considerable privilege in managing the Paris Club's affairs. The Paris Club is formed by twenty-two permanent members, nineteen of them also part of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). It has been expanding its membership in an effort to maintain its influence by incorporating important creditors of the developing world. Israel became a member in 2014. In June 2016, South Korea joined the Paris Club, and Brazil in September of that year (The Paris..., 2016; Brazil..., 2016). Brazil's accession was hailed by the Paris Club as "a key step forward in the Paris Club's enlargement to emerging creditors, which strengthens the Paris Club's position as the principal international forum

for restructuring official bilateral debt". Other countries, such as India, China, and South Africa, have been participating in some Paris Club regular meetings, the so-called "Tour d'horizon", on an ad-hoc basis. In a way, by reaching towards developing countries, the Paris Club seeks to fragilize the narrative of debt as a contentious North-South issue, a narrative that was developed in the 1970s in the Group of 77 (G77) and United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (Rieffel, 1985, p. 23).

Paris Club membership is measured against its benefits. As the Paris Club's official website mentioned on the occasion of Brazil's accession, they include enhanced opportunity to influence the international financial agenda and to have a greater say in future negotiations of sovereign debt restructurings, as well as privileged access to data that would enable future risk assessments of debtors. Supporters of membership also argue that it would increase bargaining power in efforts to recover claims in arrears (Santarosa and Gerpe, 2017, p. 231). Another key benefit involves the Paris Club's relationship with the IMF. The Paris Club enjoys a unique and privileged status in discussions leading to IMF facilities. The fund's policy of non-toleration of arrears owed to official bilateral creditors (non-toleration of arrears policy – NTP) impedes fund lending to countries in arrears to Paris Club creditors unless there is an agreement by the creditors covering the claim or manifestation of consent by the creditors. Besides, it also means that the ECAs of developed countries (to which debt is often owed) will only provide new insurance or guarantees for new export loans once there is an agreement with the IMF, in what Blackmon and others refer to as the "subordination strategy" (Blackmon, 2017, p. 8). This policy was reformed in 2015 to give the fund more latitude in approving facilities and avoiding situations where an individual creditor country could block a program, but the Paris Club can still act together and object to specific negotiations in the fund (IMF, 2015). Thus, the traditional steps involved in Paris Club debt restructurings include IMF/World Bank DSA of the debtors' situation, clearance of arrears with IFIs (if existing), negotiations of facilities with the IMF (if deemed necessary), which may provide for bilateral arrears clearance, and agreement with the sovereign creditors. Only then can the debtor bring the agreed terms to the private sector and require comparability of treatment.

The whole process described above is informal. That is because there is no formal bankruptcy mechanism to solve sovereign debt problems, and therefore the approach has always been based on the contracts regulating the debts concerned (IMF, 2020d). As a consequence, sovereign debt negotiations generally require a consensus among four groups: creditors, debtors, IFIs, and the IMF. And, in the "absence of a bankruptcy mechanism, the four parties must solve a coordination problem" (Truman, 2020), with all the setbacks

traditionally associated with these arrangements, namely asymmetry of information, moral hazard, the possibility of hold-outs etc.

Those against membership note that it would prevent bilateral negotiations with debtor countries, and it would increase the pressure to conform to the Paris Club's principles, including sharing sensitive information regarding bilateral financing contracts (Santarosa and Gerpe, 2017, p. 230). As Rieffel (1984, p. 94) pointed, "there are two major aspects of preparations by the creditors: exchange of data on debts subject to rescheduling, and the formulation of negotiating positions. In these phases, members are expected to share the complete picture of their claims, and the Paris Club's secretariat often serves as the trustee of creditors in their engagement with debtors.

This raises the central issue of China. The previously mentioned report *How China Lends provided* some conclusions regarding Chinese behavior as a sovereign creditor that conflict with the Paris Club's practices and principles. Beyond innovating in financing contracts by blending standard and commercial lending terms, "China's contracts also contain unique provisions, such as broad borrower confidentiality undertakings, the promise to exclude Chinese lenders from Paris Club and other collective restructuring initiatives". Moreover, Chinese contracts seek to include investment-protection clauses to "climb the 'seniority ladder'" to gain advantages over other creditors in restructuring processes (Gelpern et al., 2021).

Thus, the first critical problem that the Paris Club creditors will have to face in implementing the CFDT is to engage with China in a transparent and equal manner. Take the case of Chad, the first country to ask for debt restructuring under the CFDT. As previously mentioned, Chad's foreign debt is owed mainly to private creditors and non-Paris Club members. The Creditor Committee convened by the Paris Club to negotiate a debt treatment for Chad includes four countries, only one a Paris Club member: France, China, India, and Saudi Arabia (Club de Paris, 2021a). It is the first time a Paris Club member has negotiated debt restructuring as a minority among creditors. As of June 11st, 2021, the committee had been able to reach a consensus regarding the support for an IMF upper credit tranche (UCT) program for Chad, and announced that a Memorandum of Understanding (MoU) would be negotiated with Chad to establish the basic parameters of the debt treatment (Club de Paris, 2021b). Chad's case also illustrates the challenges that the creditors will have to face concerning PSI. Just after the G20 endorsed the CFDT in November 2020, an IIF letter to the Saudi G20 presidency urged "that development and application of the Common Framework be a consultative process including the private sector" and communicated its intention to "convene a public-private sector group of experts and provide a forum for regular consultation", but so far this has not taken place (IIF, 2020). Much of the CFDT's

success seems to depend on the outcome of Chad's negotiations. As the first one, it will set a precedent for future treatments.

So far (September 2021), the group of countries that requested debt treatment under the CFDT remains limited. Besides Chad, only Zambia and Ethiopia have made formal requests for negotiations. The Paris Club has successfully been able to form the Creditor Committee for Ethiopia after months of dialogue, but it will face great trouble in restructuring the country's debt in a timely manner. Recall that this will be needed soon, since Ethiopia is benefiting from an IMF program and needs to reprofile its debt service obligations to lower the risk of debt distress and remain eligible for the benefit. The IMF itself is encouraging Ethiopia to have "more prudence in borrowing by state-owned enterprises" (IMF, 2021b), which is an indirect reference to state-owned enterprises (SOEs) that borrow from China. In this context, creditors will also face the question of the types of debt that will be treated in future negotiations, for example, whether SOEs with loans from Chinese entities without guarantee by Ethiopia's government will become subject to restructuring or not. Traditionally, all credits extended by official creditors or with their guarantee are subject to rescheduling, with some exceptions, such as short-term debts (Rieffel, 1984, p. 99). An additional challenge will be to negotiate with several Chinese institutions that lend overseas and to ensure that the Chinese government will be able to oversee the implementation of a possible agreement. The Paris Club's creditors have never yet dealt with something of this magnitude. There is simply no precedent to consult, and there will be no shortage of challenges on the road ahead.

5 CONCLUSION

By endorsing the DSSI and the CFDT, the G20 and the Paris Club intended to provide both short and long-term answers to the urgent debt problems confronting LIEs. Their multilateral objective, in the first case, was to provide short-term relief to countries and enable them to face the covid-19 pandemic with additional fiscal space. In the second, the objective was to put in place a comprehensive mechanism that could embrace restructuring negotiations involving the whole spectrum of DSSI-eligible countries, since the Paris Club structure could not support this process alone.

The instruments used present both benefits and shortcomings. The design of the DSSI ensured immediate relief. Countries were simply able to cease transferring resources to service their foreign-denominated debts and use them to meet domestic needs. Nevertheless, there has not been adequate monitoring of the use of the resources freed up by the initiative, despite discussions in the G20 with this aim. As a simple instrument to provide relief, the DSSI was certainly a welcome

initiative; as a well-designed tool to fund pandemic-related spending, it may not have delivered enough. The US$ 5 billion that the DSSI deferred to 73 countries bear no comparison to the new money that IFIs, for example, conceded to LIEs and emerging markets to fight the pandemic. For one, Brazil received more than US$ 10 billion, 40% of which was earmarked for pandemic-related costs (Brasil, 2020). Moreover, much of the debt that was deferred was composed of arrears registered before the DSSI, and the initiative served only to regulate this situation and the arrears to inflate its numbers. Zambia, for example, owed China US$ 200 million in arrears in 2020 (Cotterill, Wheatley and Stubbington, 2020).

The CFDT is the first SMDR that was added to the international debt architecture by the G20 rather than the G7. It is said that the evolution of sovereign debt treatment went from simple "debt collection", to forgiveness, and poverty reduction (Callaghy, 2002, p. vi). These objectives were announced when initiatives such as HIPC and Evian were established. The CFDT, however, lacks a major guiding objective. Restructuring debt will not be enough to restore macroeconomic stability and growth in the LIEs (Callaghy, 2002, p. vii; Rieffel, 1985, p. 85). The CFDT should be supplemented with G20 commitments regarding market access, financing for development and other growth-supporting initiatives.

The CFDT seems less flawed than the DSSI, but it still presents enormous challenges. Although the objective of the instrument is incomparably more ambitious than that of the DSSI, its structure seems sufficiently general and firm to accommodate the process it seeks to regulate, at least for now. But its success depends on the goodwill of the creditors, especially China. Lex Rieffel wrote in 1985 that the procedures for resolving international debt crises resembled a three-ring circus with the IMF at the center, followed by the bilateral and then the private creditors (Rieffel, 1984, p. 2). It is no overstatement to say that China represents today a fourth ring, rather than an addition to the second one. It is also significant that the G20 is traditionally less a regime builder than an influence group whose role is to press institutions and nations in one direction or another, for example, the reform of the IFIs (Delabie, 2009, p. 650). Large-scale initiatives such as the CFDT represent a completely new challenge for it. Plus, the country-cases to be treated under the CFDT already present several challenges within the Creditor Committees, where only official creditors participate. After negotiations take place in these fora and debt is restructured, comparability of treatment with the private sector will require so close a coordination that interested actors will have to devise unforeseen strategies to ensure it. Furthermore, the simple structure of the CFDT hides the fact the there is no underlying great consensus giving strength to its implementation. G20 creditors agreed only on the idea that some mechanism to restructure claims on countries with insolvency issues had to be devised, but they did not agree on what they would sacrifice to

achieve the results, and neither did they communicate ambitious policy objectives. This time, creditors had neither the money nor the capacity to deliver as much as they did with the HIPC initiative.

With the CFDT, the relationship of the Paris Club with other official creditors from the G20 will become virtually permanent, and the Paris Club creditors will have to reach a compromise in several areas of negotiation: from claims that will be restructured and the data that will be shared, to the institutions that will negotiate in the name of the country creditor, the production of working papers on the situation of debtors, the monitoring of compliance, among others. And, due to the number of member countries and their natural differences in many policy areas, the G20 format implies greater transaction costs and makes consensus more difficult than within the G7 (Delabie, 2009, p. 658). Furthermore, the IMF traditionally played the role of managing the interplay between the private sector and the Paris Club (Josselin, 2009, p. 528). But as an institution dominated by Western powers, major creditors such as China and India will find it difficult to accept the IMF as an honest broker in the CFDT negotiations. How this will play out remains an open question. More than anything, the Paris Club represents a set of procedures (Rieffel, 1985, p. 3). If the players do not comply, there is simply no adjudicating authority to enforce the rules.

Reforms on specific topics of the international debt agenda have indeed been advancing in recent years. The recent changes on debt limits in IMF-supported programs, the creation of the Catastrophe Containment and Relief Trust (CCRT) to provide debt relief through grants to poor countries, and the introduction of collective action clauses (CACs) in sovereign bonds demonstrate progress. But none of these amount to changes in the scale of the CFDT, nor do they have the potential to reframe the way sovereign debt negotiations take place. If the CFDT takes off, it will be the central mechanism that delivers sovereign debt restructuring in the coming decades, and, perhaps above all, a much more diverse, non-Western-dominated one.

The year of 2020 marks a critical moment in the history of the international debt architecture. Trends that were accumulating in previous years finally made it to the surface and imposed themselves as policy issues for the international community, with the G20, above all, rising to the task of responding to them. As the principal international forum to coordinate international responses to the covid-19 pandemic, the group revealed a capacity to act together. That resolve to address big issues must be matched by the commitment to delivering results, if the group is to remain relevant.

REFERENCES

ADAMS, Timothy. **IIF letter to G20 on DSSI**. Washington: IIIF, Sept. 2020a. Retrieved from: <https://bit.ly/3NedwMZ>.

_____. **IIF letter to the G20 on DSSI extension and common framework**. Washington: IIF, Nov. 2020b. Retrieved from: <https://bit.ly/3QVW7Lf>.

BADARÓ, Celeste. Perdão de dívidas: o Brasil como credor. In: GONÇALVES, Samo. (Ed.). **Desafios da diplomacia econômica na perspectiva de jovens diplomatas**. Brasília: Funag, 2016. p. 95-122.

BARREYRE, Nicolas; DELALANDE, Nicolas. Introduction. In: BARREYRE, Nicolas; DELALANDE, Nicolas. (Ed.). **A world of public debts**: a political history. New York: Palgrave Macmillan, 2020. p. v-xxvii.

BERNANKE, Ben. **Remarks by governor Ben S. Bernanke at the meetings of the Eastern Economic Association**. Washington: The Federal Reserve Board, Feb. 2004. Retrieved from: <https://bit.ly/3m6dJpl>.

BLACKMON, Pamela. **The political economy of trade finance**: export credit agencies, the Paris Club and the IMF. New York: Routledge, 2017.

BOLTON, Patrick. et al. Born out of necessity: a debt standstill for covid-19. **Centre for Economic Policy Research**, n. 103, 2020.

BRASIL. Governo do Brasil. **Comissão aprova US$ 4 bilhões de crédito para apoio a afetados pela pandemia**. Brasília: Governo do Brasil, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3PQkrxD>.

BRAZIL becomes the 22nd member of the Paris Club. **Club de Paris**, Nov. 29, 2016. Retrieved from: <https://bit.ly/3GG5DNM>.

BULOW, Jeremy.; ROGOFF, Kenneth. Sovereign debt: is to forgive to forget? **The American Economic Review**, v. 79, p. 43-49, 1989.

CALLAGHY, Thomas. **Innovation in the sovereign debt regime**: from the Paris Club to enhanced HIPC and beyond. Washington: World Bank, July 9, 2002. (Working Paper, n. 98).

CAMDESSUS, Michel. Toward a new financial architecture for the globalized world. **IMF**, 1998. Retrieved from: <https://bit.ly/3PUc8kn>.

CHENG, Gong; DÍAZ-CASSOU, Javier; ERCE, Aitor. **From debt collection to relief provision**: 60 years of official debt restructurings through the Paris Club. Washington: IDB, Jan. 2017. (IDB Working Paper Series). Retrieved from: <https://bit.ly/3u8o88E>.

CLUB DE PARIS. **First meeting for a debt treatment for Chad**. Paris: Club de Paris, Apr. 15, 2021a. Retrieved from: <https://bit.ly/3x8SDwW>.

_____. **Fourth meeting of the creditor committee for Chad under the common framework**. Paris: Club de Paris, June 11, 2021b. Retrieved from: <https://bit.ly/3zdIGj9>.

_____. **Common framework for debt treatments beyond the DSSI**. Paris: Club de Paris, [s.d.]. Retrieved from: <https://bit.ly/3tdDSGZ>.

COMMUNIQUÉ: virtual meeting of the G20 finance ministers and central bank governors. **G20 Presidency of Indonesia**, Apr. 15, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3NSeFtg>.

COSIO-PASCAL, Enrique. **The emerging of a multilateral forum for debt restructuring**: the Paris Club. Geneva: UNCTAD, Nov. 2008. (Discussion Papers, n. 192). Retrieved from: <https://bit.ly/392eQ6J>.

COTTERILL, Joseph; WHEATLEY, Jonathan; STUBBINGTON, Tommy. Zambia to resist Chinese pressure on arrears. **Financial Times**, 2020. Retrieved from: <https://on.ft.com/3x7LGfJ>.

DAMLE, Jai. The odious debt doctrine after Iraq. **Law And Contemporary Problems**, n. 70, p. 139, 2007.

DEBT service suspension initiative. **World Bank**, Mar. 10, 2022. Retrieved from: <https://bit.ly/3Nj5faC>.

DELABIE, Lucie. Gouvernance mondiale: G8 et G20 comme modes de coopération interétatiques informels. **Annuaire Français de Droit International**, v. 55, 2009.

DT – DEPARTMENT OF THE TREASURY. **G20 Italian presidency**. Roma: MEF, [s.d.]. Retrieved from: <https://bit.ly/3udpzTj>.

ECESA – EXECUTIVE COMMITTEE ON ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **Towards a new international financial architecture**: report of the Task Force of the Executive Committee on Economic and Social Affairs of the United Nations. New York: UN, 1999. Retrieved from: <https://bit.ly/3tdDlVx>.

EICHENGREEN, Barry et al. Public debts through the ages. In: ABBAS, Ali; PIENKOWSKY, Alex. **Towards a new international financial architecture**: report of the Task Force of the Executive Committee on Economic and Social Affairs of the United Nations. New York: UN, 1999. Retrieved from: <https://bit.ly/3tdDlVx>.

_____. Public debts through the ages. In: ABBAS, Ali; PIENKOWSKY, Alex; ROGOFF, Kenneth (Ed.). **Sovereign debt**: a guide for economists and practitioners. Oxford: Oxford University Press, 2020. p. 7-55.

FRESNILLO, Iolanda. "Draining out the Titanic with a bucket": new Eurodad report shows why G20 plan to tackle covid-19 debt crisis in developing countries is failing. **Eurodad**, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3NikErB>.

GELPERN, Anna et al. **How China lends**: a rare look into 100 debt contracts with foreign governments. Virginia: AidData, 2021. Retrieved from: <https://bit.ly/3NRA5ag>.

GEORGIEVA, Kristalina. **Confronting the crisis**: priorities for the global economy. Washington: IMF, Apr. 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3MdEOlf>.

HALIFAX Summit Communiqué. **Halifax Summit**, June 16, 1995. Retrieved from: <https://bit.ly/3x74hIJ>.

IIF – INSTITUTE OF INTERNATIONAL FINANCE. **Terms of reference for voluntary private sector participation in the G20/Paris Club Debt Service Suspension Initiative ("DSSI")**. Washington: IIF, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3mbn3Zj>.

IMF – INTERNATIONAL MONETARY FUND. **Reforming the Fund's Policy on Non-Toleration of Arrears to official creditors**. Washington: IMF, Dec. 2015. Retrieved from: <https://bit.ly/3m6kFTy>.

_____. **Heavily Indebted Poor Countries (HIPC) initiative and multilateral debt relief initiative (MDRI)**: statistical update. Washington: IMF, Aug. 6, 2019. (Policy Paper, n. 19/028). Retrieved June 20, 2021, from: <https://bit.ly/3xbKUye>.

_____. Tentative stabilization, sluggish recovery? **World Economic Outlook**, Jan. 2020a. Retrieved from: <https://bit.ly/3te9cVX>.

_____. **The evolution of public debt vulnerabilities in lower income economies**. Washington: IMF, Feb. 10, 2020b. (Policy Paper, n. 20/003). Retrieved from: <https://bit.ly/3N8VQCi>.

_____. **World economic outlook**: a long and difficult ascent. Washington: IMF, Oct. 2020c. Retrieved from: <https://bit.ly/3NfCv2f>.

_____. **The international architecture for resolving sovereign debt involving private-sector creditors**: recent developments, challenges, and reform options. Washington: IMF, Oct. 2020d. (Policy Paper, n. 2020/043). Retrieved from: <https://bit.ly/3ak9uEj>.

_____. **Fiscal monitor database of country fiscal measures in response to the covid-19 pandemic**. Washington: IMF Fiscal Affairs Department, Oct. 2020e. Retrieved from: <https://bit.ly/3m9fYIA>.

_____. **World economic outlook**: recovery during a pandemic – health concerns, supply disruptions, and price pressures. Washington: IMF, Oct. 2021a. Retrieved from: <https://bit.ly/397Zb5L>.

_____. **IMF reaches a staff-level agreement for the first and second reviews of the extended credit facility and extended fund facility for Ethiopia**. Washington: IMF, Feb. 2021b. (Press Release, n. 21/46). Retrieved from: <https://bit.ly/38ZftOz>.

_____. **Fiscal monitor**: a fair shot. Washington: IMF, Apr. 2021c. Retrieved from: <https://bit.ly/3x78iM0>.

IMF – INTERNATIONAL MONETARY FUND; WORLD BANK. **World Bank Group and Internacional Monetary Fund support for debt relief**: under the common framework and beyond. Washington: IMF, Mar. 2021. Retrieved from: <https://bit.ly/3NKPtF8>.

JOSSELIN, Daphné. Regime interplay in public-private governance: taking stock of the relationship between the Paris Club and private creditors between 1982 and 2005. In: LYON, Alynna et al. **Global Governance**: a Review of Multilateralism and International Organizations, n. 521, 2009.

KEARSE, Nicole. The DSSI, defaults and credit ratings: a primer. **ALSF Academy**, June 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3td4ibF>.

KOSE, Ayhan et al. **Global waves of debt**: causes and consequences. Washington: World Bank, 2021. Retrieved from: <https://bit.ly/3NMmDUU>.

LEADER'S declaration. **G20 Presidency of Indonesia**, Nov. 21, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3a2Ik4L>.

MARFIL, Luiz Augusto. **Diplomacia financeira**: contribuições para o conceito e reflexões sobre o caso brasileiro. Brasília: IRBr, 2004.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Covid-19 and global capital flows**. Paris: OECD, July 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3PXz8yJ>.

OKAMOTO, Geoffrey. **Resolving global debt**: an urgent collective action cause. Washington: IMF, Oct. 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3NQTCrb>.

O'NEILL, Jim. Does the G20 still matter? **Chatham House**, 2019. Retrieved from: <https://bit.ly/3xbFMdt>.

PELÁEZ, Carlos Manuel; PELÁEZ, Carlos. **International financial architecture**: G7, IMF, BIS, debtors and creditors. London: Palgrave Macmillan, 2005.

QIU, Stella; WOO, Ryan. China says has given $ 2.1 billion of debt relief to poor countries. **Reuters**, 2020. Retrieved from: <https://reut.rs/3z8wr7I>.

REINHART, Carmen; TREBESCH, Cristoph. Sovereign debt relief and its aftermath. **Journal of the European Economic Association**, n. 14, 2016.

RIEFFEL, Alexis. The Paris Club, 1978-1983. **Columbia Journal of Transnational Law**, n. 23, 1984.

_____. **The role of the Paris Club in managing debt problems**. Princeton: Princeton University, 1985.

ROBERTSON, Anthea; CHOER, Henrique Moraes; FERGUSON, Victor. Toward a geoeconomic order in international trade and investment. **Journal of International Economic Law**, v. 22, 2019.

ROGOFF, Kenneth; ABBAS, Ali; PIENKOWSKI, Alex (Ed.). **Sovereign debt**: a guide for economists and practitioners. Oxford: Oxford University Press, 2019. p. 7-55.

SANTAROSA, Felipe Costi; GERPE, Mari Carmen Rial. Brasil credor: adesão do Brasil ao Clube de Paris. **Cadernos de Política Exterior**, v. 3, n. 5, 2017.

SCANDIUCCI FILHO, José Gilberto. O Brasil e o G20 (2008-2015). *In*: DESIDERÁ NETO, Walter et al. (Ed.). **Política externa brasileira em debate**: dimensões e estratégias de inserção internacional no pós-crise de 2008. Brasília: Ipea, 2018. p. 135-166.

SEGAL, Stephanie. Covid-19 and the global financial safety net. **Center for Strategic and International Studies**, June 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3x6kv3B>.

SHALAL, Andrea; LAWDER, David. IMF chief economist says 100 countries seek pandemic aid; more resources may be needed. **Reuters**, Apr. 2020. Retrieved from: <https://reut.rs/3zffkB7>.

SOTO, Alonso; HOIJE, Katarina. Chad asks to suspend payments on Glencore oil-backed loan. **Bloomberg**, 2020. Retrieved from: <https://bloom.bg/3NiDdvE>.

STATEMENT: extraordinary G20 finance ministers and central bank governors' meeting. **G20 Presidency of Indonesia**, Nov. 13, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3bDLv3h>.

THE PARIS Club welcomes the Republic of Korea's decision to become its 21st member. **Club de Paris**, June 6, 2016. Retrieved from: <https://bit.ly/3GGg0RQ>.

TRUMAN, Edwin. **Sovereign debt relief in the global pandemic**: lessons from the 1980s. Washington: PIIE, 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3NOLmbh>.

WANG, Jue. China-IMF collaboration: toward the leadership in global monetary governance. **Chinese Political Science Review**, n. 26, 2018.

WATKINS, Kevin. Delivering debt relief for the poorest. **International Monetary Fund**, Sept. 2020. Retrieved from: <https://bit.ly/3aqrFbr>.

WEF – WORLD ECONOMIC FORUM. **Geo-economics with Chinese characteristics**: how China's economic might is reshaping world politics. Geneva: WEF, 2016. Retrieved from: <https://bit.ly/3916NqX>.

WORLD BANK. **International debt statistics 2019**. Washington: World Bank, Dec. 2019. Retrieved from: <https://bit.ly/3mdZrTI>.

_____. Regional productivity: trends, explanations, and policies. In: _____. **Global productivity**: trends, drivers, and policies. Washington: World Bank, 2021a. p. 213-310. Retrieved from: <https://bit.ly/3zhDsDc>.

_____. **Annual report 2021**: from crisis to green, resilient, and inclusive recovery. Washington: World Bank, 2021b. Retrieved from: <https://bit.ly/3y1r7Rh>.

EXPERIÊNCIAS RECENTES DA UNIÃO EUROPEIA E DOS ESTADOS UNIDOS EM BIOECONOMIA E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

Adriana Mesquita Corrêa Bueno[1]
Danielle Alencar Parente Torres[2]

Este artigo apresenta os exemplos do desenvolvimento recente da bioeconomia na União Europeia (UE) e nos Estados Unidos com o intuito de identificar elementos importantes que possam contribuir para o desenvolvimento da bioeconomia no Brasil. O quadro analítico abrange quatro categorias de análise: antecedentes; governança, que busca examinar a estratégia nacional, as políticas e os atores domésticos da bioeconomia na UE e nos Estados Unidos; mensuração e monitoramento; e os principais setores e pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) da bioeconomia. Percebe-se que a coordenação entre os atores é fundamental para que haja união de esforços e avanços; também é importante definir se o núcleo da bioeconomia brasileira terá uma abordagem mais holística, como na UE, ou mais voltada para novas tecnologias, ferramentas e ciências, como nos Estados Unidos. Exemplos de parcerias público-privadas, como na UE, e programas de compras públicas, como nos Estados Unidos, são importantes mecanismos de incentivo para o desenvolvimento e o Brasil poderá aprender com essas experiências para construir seus próprios mecanismos.

Palavras-chave: bioeconomia; União Europeia; Estados Unidos; mensuração; sustentabilidade.

RECENT EXPERIENCES OF THE EUROPEAN UNION AND THE UNITED STATES IN BIOECONOMY AND OPPORTUNITIES FOR BRAZIL

This article presents examples of the recent development of the bioeconomy in the European Union (EU) and the United States, in order to identify important elements that can contribute to the development of the bioeconomy in Brazil. The analytical framework of the article comprises four categories of analysis: background information; governance, which seeks to examine the national strategy, policies and domestic actors of the bioeconomy in the EU and the US; measurement and monitoring, and the main sectors and research, development and innovation (RD&I) of the bioeconomy. Coordination among actors is essential for joining efforts and advancement; it is also important to define whether the core of the Brazilian bioeconomy will have a more holistic approach, as in the EU, or more focused on new technologies, tools, and sciences, as in the US. Examples of public-private partnerships as in the EU and public procurement programs as in the US are important incentive mechanisms for development and Brazil will be able to learn from these experiences to build its own mechanisms.

Keywords: bioeconomy; European Union; United States; measurement; sustainability.

1. Doutora em ciência política pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj); e analista na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9014-2357>. *E-mail*: <adriana.bueno@embrapa.br>.

2. Doutora em economia agrícola e recursos naturais pela Universidade da Califórnia em Davis; e pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5590-2237>. *E-mail*: <danielle.torres@embrapa.br>.

EXPERIENCIAS RECIENTES DE LA UNIÓN EUROPEA Y LOS ESTADOS UNIDOS EN MATERIA DE BIOECONOMÍA Y OPORTUNIDADES PARA BRASIL

Este artículo presenta ejemplos del desarrollo reciente de la bioeconomía en la Unión Europea (UE) y Estados Unidos con el fin de identificar elementos importantes que pueden contribuir al desarrollo de la bioeconomía en Brasil. El marco analítico del artículo comprende cuatro categorías de análisis: antecedentes; gobernanza, que busca examinar la estrategia nacional, las políticas y los actores domésticos de la bioeconomía en la UE y los EE. UU., medición y seguimiento, y los principales sectores e investigación, desarrollo y innovación (I+D+i) de la bioeconomía. Se percibe que la coordinación entre actores es fundamental para aunar esfuerzos y avances; También es importante definir si el núcleo de la bioeconomía brasileña tendrá un enfoque más holístico, como en la Unión Europea, o más centrado en nuevas tecnologías, herramientas y ciencias, como en Estados Unidos. Los ejemplos de asociaciones público-privadas, como en la UE, y los programas de contratación pública, como en los EE. UU., son importantes mecanismos de incentivo para el desarrollo y Brasil puede aprender de estas experiencias para construir sus propios mecanismos.

Palabras clave: bioeconomía; Unión Europea; Estados Unidos; mensuración; sustentabilidad.

JEL: Q01; Q57; Q58.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art7

Data de envio do artigo: 20/12/2021. Data de aceite: 2/3/2022.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios para as economias mundiais é a transição do atual modelo de desenvolvimento econômico, baseado largamente no uso de recursos fósseis, para um modelo menos intensivo em emissões de gases de efeito estufa (GEE), de natureza sustentável e que utilize fontes renováveis de energia. Ao mesmo tempo, a demanda crescente por alimentos e a necessidade de se produzir mais, e de maneira que preserve o meio ambiente, contribui para discussões sobre uma nova economia, que seja baseada em recursos biológicos renováveis. E é nesse contexto que a chamada bioeconomia pode desempenhar um papel importante, pois ela, aliada à circularidade, pode contribuir substancialmente para tornar os sistemas alimentares resilientes e sustentáveis e, em última instância, para garantir a segurança alimentar e nutricional. Explorar resíduos e subprodutos como recurso potencial para conversão em biomateriais, biocombustíveis e bioprodutos, além de investir na conversão de resíduos alimentares não comestíveis em energia e materiais, por meio da química verde e de biorrefinarias, são alguns exemplos de possíveis contribuições (Farcas *et al.*, 2021; Giudice, Caferra e Morone, 2020).

A bioeconomia tem por base o uso intensivo de conhecimentos científicos e tecnológicos, como os produzidos pela biotecnologia e por novas rotas tecnológicas, além do uso da biomassa. A necessidade de realizar a transição de matriz energética de forma a assegurar a competitividade econômica intensificou a demanda pelo desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) sustentável e por maior cooperação internacional em pesquisa, desenvolvimento

e inovação (PD&I) em temas da fronteira do conhecimento, como nanotecnologia, biotecnologia e engenharia genética.

Nesse contexto, este artigo propõe-se a contribuir para o desenvolvimento do campo da bioeconomia no Brasil, a partir do exame da consolidação dessa nova economia em dois importantes atores globais: União Europeia (UE) e Estados Unidos. Como se verá ao longo deste trabalho, a bioeconomia encontra-se em estágios distintos de amadurecimento no bloco europeu e no país norte-americano: a UE possui uma estratégia definida para a bioeconomia desde 2012; já nos Estados Unidos, embora as discussões mais relevantes também tenham se iniciado naquele mesmo ano, ainda não há estratégia nem governança organizadas. Portanto, o recorte temporal compreende os últimos três anos (2018-2021), a partir da revisão da estratégia europeia de bioeconomia (2018) e a escolha da bioeconomia como uma prioridade estratégica nacional de PD&I do governo dos Estados Unidos (2019).

Ao se olhar para o Brasil, percebe-se que o ano de 2018 também é emblemático, pois naquele ano o governo federal lançou seu primeiro documento oficial voltado especificamente para a bioeconomia: o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (Pacti) Bioeconomia. Segundo ele, a bioeconomia é um novo paradigma econômico para auxiliar na solução de parte das crises globais (Brasil, 2018). Nesse contexto, a crise econômica que tem assolado o mundo nos últimos dois anos, então, apresenta-se, ao mesmo tempo, como um desafio e uma oportunidade para o fortalecimento do campo no país e trata-se de um momento importante para reflexão acerca dos avanços da bioeconomia em outros países e no Brasil.

O artigo foi desenvolvido a partir de revisão da literatura sobre bioeconomia na UE, nos Estados Unidos e no Brasil, bem como de temas relacionados a sustentabilidade e CT&I. Para tanto, foram utilizadas as seguintes técnicas metodológicas: revisão bibliográfica, principalmente em fontes primárias (relatórios governamentais e documentos de políticas e estratégias nacionais), e artigos acadêmicos recentes[3] relacionados à bioeconomia nos atores estudados e análise documental. O quadro analítico abrange quatro categorias de análise: i) antecedentes; ii) governança, que busca examinar a estratégia nacional, as políticas e os atores domésticos da bioeconomia na UE e nos Estados Unidos; iii) mensuração e monitoramento, tema que tem se mostrado bastante

3. As autoras possuem publicação no prelo que apresenta mapeamento da governança de bioeconomia de países – Estados Unidos, Malásia, China, Alemanha, Itália e da UE – e fóruns globais selecionados – Agenda 2030 e seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), Global Bioeconomy Summit (GBS), Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organizatrion – FAO) e Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal). Este artigo busca avançar e aprofundar a análise da bioeconomia de UE e Estados Unidos a partir do panorama traçado naquele trabalho (Bueno e Torres, no prelo).

pertinente e tido pouco rebatimento na literatura brasileira sobre bioeconomia; e iv) setores e PD&I da bioeconomia.

Este artigo encontra-se dividido em quatro seções principais, além desta introdução. As segunda e terceira seções dedicam-se a examinar a bioeconomia na UE e nos Estados Unidos, respectivamente, a partir do quadro analítico mencionado acima. A quarta seção pretende indicar perspectivas para a bioeconomia do Brasil e propostas de ação para avanço do campo no país. A quinta seção, na qual constam as considerações finais, apresenta as lições aprendidas de UE e Estados Unidos para a consolidação do campo da bioeconomia brasileira.

2 A BIOECONOMIA NA UE (2018-2021)

2.1 Antecedentes e panorama geral da bioeconomia

Nesta subseção apresentam-se os pontos principais que antecederam a construção da estratégia de bioeconomia da UE. O ponto de partida foram as iniciativas, a partir de 2005, que deram impulso à construção da estratégia, lideradas pelas sucessivas presidências da UE (Reino Unido, Alemanha e Bélgica), que demonstraram um interesse continuado no tema.

O segundo ponto importante dentro da construção da estratégia foi a elaboração de um diagnóstico do que já existia e de uma consulta aos *stakeholders* para levantar percepções e possíveis demandas. A partir das informações e interações acima descritas foi construída a estratégia de bioeconomia com um conjunto de objetivos e ações a serem executadas pela UE e seus Estados-membros (European Union, 2012).

Posteriormente, quando se analisa o relatório que apresenta a revisão da estratégia de bioeconomia durante o período 2012-2017 (European Union, 2017), é possível identificar quem foram os principais participantes. No documento, um dos pontos destacados é que algumas diretorias da Comissão Europeia participaram da implementação da estratégia, no período 2012-2017: Diretoria de Pesquisa e Inovação; de Agricultura e Desenvolvimento Rural; da Indústria; do Meio Ambiente; e da Pesca e Negócios Marítimos (European Union, 2017).

Na apresentação do plano de ação da estratégia de bioeconomia (European Union, 2012), havia a expectativa de estabelecer um modelo de integração entre políticas e programas da bioeconomia, aproveitando as estruturas existentes; desenvolvendo sinergias e complementaridades; aumentando a disponibilidade de recursos; desenvolvendo ações conjuntas; e envolvendo as partes interessadas. Outro elemento essencial é o monitoramento da estratégia que permite a correção de rumos, a identificação de necessidades de avaliação e a injeção de recursos, entre outros.

Dentro dessa integração de políticas, estava previsto um painel como uma plataforma de discussão para apoiar a integração, o planejamento e a implementação da estratégia de bioeconomia. Além desse painel, havia a intenção de criar um observatório de bioeconomia europeu que teria como base as diversas fontes e bancos de dados já existentes. O papel do observatório seria o de mapear as capacidades da UE, acompanhar o desenvolvimento tecnológico, as perspectivas políticas e monitorar os mercados das diversas áreas relacionadas à bioeconomia. O fato de o observatório de bioeconomia ter se transformado posteriormente em Centro de Conhecimento em Bioeconomia (CCB) da UE indica que o painel de bioeconomia não conseguiu cumprir com os objetivos esperados. O CCB foi criado para fornecer dados, informações e análises para ajudar na construção de políticas baseadas em evidências e coerentes entres os setores. Aqui destaca-se a necessidade de dados, de metodologias para mensuração e construção de indicadores que permitam o monitoramento e elaboração de análises fundamentais para subsidiar a construção de políticas e a tomada de decisão.

2.2 A estratégia de bioeconomia e suas prioridades

Em 2018, a Comissão Europeia apresentou a estratégia de bioeconomia revisada. Antes de discutir os pontos principais dessa revisão e o que representam em termos de mudanças e direcionamento na UE, é importante começar apontando os principais elementos da bioeconomia na UE que são destacados na sua definição.

O primeiro elemento de destaque é que o documento descreve a bioeconomia europeia como sendo sustentável e circular (European Union, 2018). Em seguida, aponta que ela engloba todos os setores e sistemas que dependem de recursos biológicos. Esses últimos incluem animais, plantas, microrganismos e resíduos orgânicos. Também fazem parte os ecossistemas terrestre e aquático, seus serviços e inter-relações. Entre os setores da bioeconomia, estão os de produção primária – agrícola, florestal, aquático e pesca – e todos os setores da economia e indústria que utilizam recursos e processos biológicos na produção de alimentos, ração, produtos de base biológica, energia e serviços. A bioeconomia precisa ser sustentável e circular para direcionar a renovação da indústria, a modernização dos sistemas de produção primários, a proteção do meio ambiente e o aumento de biodiversidade.

Apesar da definição bastante ampla da bioeconomia, percebe-se que o grande objetivo é mudar o funcionamento da atual economia. Ou seja, o foco é nos recursos biológicos como insumos para uma transformação ampla, envolvendo diversos setores, com a expectativa de que sejam desenvolvidos produtos mais sustentáveis e que haja o aproveitamento máximo dos insumos, diminuindo perdas e utilizando resíduos.

Diante dessa definição mais aberta, o direcionamento, para que as mudanças desejadas ocorram nessa nova economia, é feito através dos cinco objetivos

da estratégia da UE, definidos em 2012. Mesmo após a revisão da estratégia, os objetivos continuaram sendo considerados relevantes, e para cada um dos objetivos foram reforçados aspectos relacionados à sustentabilidade, circularidade e aos compromissos assumidos internacionalmente. A seguir, esses objetivos serão brevemente apresentados.

O primeiro objetivo da Estratégia é assegurar a segurança alimentar e nutricional, objetivo extremamente importante já que 75% dos empregos e 66% das vendas da bioeconomia europeia estão dentro dos sistemas agrícolas e alimentares (European Union, 2018). A expectativa de uma população crescente e o consequente aumento de demanda podem afetar a sustentabilidade desses sistemas. Na revisão, há uma preocupação grande com a sustentabilidade, pois o excesso de demanda pode pressionar os recursos naturais. A sugestão apontada na revisão é acelerar a transformação dos sistemas agrícolas e alimentares para que se tornem mais sustentáveis, seguros, que considerem a parte nutricional, o uso mais eficiente de insumos e que sejam circulares e inclusivos (European Union, 2018).

O segundo objetivo é gerenciar os recursos naturais de forma mais sustentável. Considera-se extremamente importante e há necessidade de ações urgentes para evitar a degradação de ecossistemas e restaurá-los; aumentar a segurança alimentar e a disponibilidade de água; e contribuir para adaptação e mitigação das mudanças climáticas, por meio de emissões de GEE negativas e sumidouros de carbono.

O terceiro objetivo é reduzir a dependência de recursos não renováveis, seja de fonte doméstica ou internacional, considerado fundamental para que a UE consiga alcançar suas metas de energia e clima. A expectativa é de que a existência de um setor forte de indústrias de base biológica contribuirá para acelerar essa mudança de utilização de fontes de base não renovável para renovável.

O quarto objetivo está diretamente relacionado à adaptação e mitigação das mudanças do clima, que é um dos maiores desafios atuais. Uma bioeconomia sustentável e circular é essencial para que a Europa alcance a neutralidade climática. A capacidade da bioeconomia de utilizar os recursos de forma mais eficiente, além de uma produção primária mais sustentável, poderá impactar na redução das emissões de GEE.

Por fim, o quinto é um objetivo considerado central: fortalecer a competitividade europeia e criar empregos. Com esse intuito, serão necessários instrumentos para o desenvolvimento e implementação de inovações e fomento de mercados para os produtos de base biológica, por exemplo, compras públicas, políticas para energias renováveis e precificação de carbono, que darão apoio à transformação da indústria europeia.

Com relação ao que foi alcançado desde o lançamento da estratégia, durante o período 2012-2017, algumas ações de destaque foram os Programas-Quadro

da UE para Pesquisa e Inovação e, principalmente, o lançamento do Bio-Based Industry Joint Undertake (BBI-JU), uma parceria público-privada entre a UE e o Bio-Based Industries Consortium (BIC), que ajudou na criação de novas cadeias de valor de base biológica, no desenvolvimento de várias estratégias nacionais de bioeconomia, de plataformas regionais e de painéis de *stakeholders*, todos promovendo o desenvolvimento de bioeconomias locais, valorizando os recursos e adaptando-se às necessidades locais. Até 2021, o BBI-JU financiou 123 projetos de inovação de base biológica, envolvendo 934 beneficiários dos 37 Estados-membros da UE. Apesar de reconhecerem os avanços, também foram apontadas necessidades de melhorias. Um dos apontamentos refere-se ao fato de que ocorreram mudanças em políticas desde 2012, por exemplo, a Economia Circular da UE, a União para Energia da UE, o Acordo sobre o Clima de Paris e a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável. Diante dos novos compromissos, o conceito de uma bioeconomia sustentável e circular foi sugerido por vários *stakeholders* e incorporado na definição e nos objetivos apresentados na revisão da Estratégia da UE para bioeconomia.

2.3 Os setores e os indicadores para monitoramento da bioeconomia

A partir da estratégia europeia é possível também identificar quais são os setores da bioeconomia. Eles são divididos em dois grandes grupos: o grupo de setores, que inclui os principais fornecedores de biomassa, entre eles: agrícola; florestal; da pesca, aquicultura e algas; e resíduos. O segundo grupo engloba aqueles setores que mais utilizam biomassa, entre os quais estão: o de alimentos e nutrição; o de energia; e o das indústrias de base biológica.

Essas informações básicas são importantes porque a estratégia tem sido uma direcionadora para a bioeconomia na região. A partir dela é possível entender quais são as prioridades, os setores envolvidos e as formas de acompanhamento e de impacto dessa "nova" economia. Há uma preocupação para que sejam definidos indicadores que possam ajudar a monitorar esse desenvolvimento e apontar possíveis problemas.

Os diferentes grupos de pesquisa europeus utilizam os objetivos da estratégia como base para a definição de indicadores e mensuração. Algumas ações mais recentes merecem destaque, pois podem servir de modelo para outros países, regiões e estados, inclusive para o Brasil. O primeiro deles é o Projeto MontBioeco (sistemas de monitoramento da bioeconomia nos estados membros da UE), que teve entre os patrocinadores o Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) e seu grupo de trabalho estratégico sobre bioeconomia, tendo por objetivo identificar e comparar as abordagens de monitoramento do progresso da bioeconomia, nos diferentes países membros da UE. Mais especificamente, o projeto pretendia identificar indicadores já existentes e aqueles desejados, assim como a disponibilidade de dados

por países. A ideia era de que esses resultados poderiam ser utilizados no momento da construção de um sistema comum de monitoramento da bioeconomia europeia.

Nesse contexto, os autores fizeram uma revisão da literatura sobre indicadores existentes, submeteram uma consulta aos países-membros e analisaram essa consulta para chegar aos indicadores-chave mais adequados que pudessem contribuir na construção de um sistema que pudesse medir o progresso da bioeconomia na UE.

A partir da análise da consulta, concluiu-se que a maioria dos setores que são incluídos na bioeconomia dos diferentes Estados-membros ou faz parte dos setores tradicionais da bioeconomia que focam na produção primária de biomassa (agricultura, aquicultura, pesca e floresta) ou faz parte dos setores que utilizam tradicionalmente a biomassa (indústria de alimentos, de produção de madeira e de papel e celulose). Apesar disso, há expectativa de que setores que incluem parcialmente a bioeconomia, como construção, química e farmacêutica, comecem a aumentar sua importância e participação ao longo do tempo. O box 1 apresenta a lista dos setores (Lier *et al.*, 2018).

BOX 1
Setores e atividades da bioeconomia na UE a partir do projeto MontBioeco

Agricultura
Indústria de alimentos
Aquicultura
Bens da bioeconomia
Floresta
Produtos da indústria madeireira
Indústria de papel e celulose
Construção
Indústria química
Indústria farmacêutica
Energia renovável
Purificação e distribuição de água
Transportes de matérias-primas e produtos de base biológica
Serviços da bioeconomia
Turismo na natureza e recreação
Caça
Pesca

Fonte: Lier *et al.* (2018).
Elaboração das autoras.

Destaca-se o fato de que as perguntas sobre indicadores e dados foram realizadas para cada um dos objetivos da estratégia e foram levantados indicadores-chave e indicadores relacionados a eles, conforme o quadro 1 demonstra. Por exemplo, para o objetivo de aumentar o emprego e a competitividade, foram definidos cinco indicadores-chave e relacionados a esses indicadores estão dezoito setores/atividades da bioeconomia.

QUADRO 1
Objetivos estratégicos e indicadores da estratégia de bioeconomia da UE

Objetivo estratégico	Indicadores 1
Garantir segurança alimentar	Abastecimento doméstico de *commodities* alimentares em termos de produção, importação e variação de estoque para produtos agrícolas, produtos de pesca, produtos florestais não madeireiros, novos produtos alimentícios, apoio financeiro público e privado para reduzir a dependência de recursos não renováveis e investimento em pesquisa e inovação
Gerenciar os recursos naturais de forma sustentável	Cobertura da terra Disponibilidade de recursos (água, floresta, terras) Uso sustentável dos recursos Proteção ambiental Apoio financeiro público e privado para serviços ecossistêmicos
Reduzir dependência de recursos não renováveis de fonte doméstica e do exterior	Produção de energia renovável Produção de biocombustíveis e biogás Taxas de recuperação e de reciclagem de materiais e de resíduos Materiais que estão substituindo recursos não renováveis (biomateriais) Apoio de financiamento público e privado para reduzir a dependência de recursos não renováveis Investimento em pesquisa e inovação
Mitigar e adaptar-se às mudanças do clima	Sequestro de carbono Emissões/sumidouros de carbono florestal Emissões/sumidouros agrícolas Emissões/sumidouros de carbono de áreas aquáticas Apoio financeiro público e privado para mitigação e adaptação Investimento em pesquisa e inovação
Criar empregos e manter a competitividade	Número de pessoas empregadas rural e urbano Valor adicionado Participação no produto interno bruto (PIB) Investimento em pesquisa e inovação Exportações

Fonte: Lier *et al*. (2018).
Elaboração das autoras.
Nota: [1] Esses indicadores são considerados para as atividades apresentadas no box 1.

Em conclusão, os autores destacam a importância da padronização das fontes estatísticas para se obter resultados consistentes e comparáveis entre todos os Estados-membros da UE.

Outra iniciativa, relacionada à mensuração da bioeconomia e indicadores para acompanhar seu desenvolvimento, é o projeto Biomonitor. Esse projeto faz parte do Horizon 2020, instrumento de financiamento europeu para fomentar a inovação entre seus países-membros. O objetivo do projeto Biomonitor é estabelecer um arcabouço para monitorar a bioeconomia e seus impactos no bloco. Para isso, o projeto pretende elaborar uma base de dados e de estatísticas abrangente sobre as atividades que possuem base biológica e desenvolver um conjunto de indicadores.

Para definir quais serão os indicadores a serem desenvolvidos, foram considerados quatro critérios. O primeiro é que os indicadores estarão relacionados às indústrias de base biológica. Como exemplo, quando estiverem analisando as emissões de GEE, estarão interessados na capacidade das florestas em

sequestrar carbono e na redução de emissões pela agricultura e pelas indústrias de base biológica e não estarão interessados nas emissões de automóveis (e outras indústrias) que utilizam combustíveis (insumos) de base fóssil. O segundo critério é ter um equilíbrio entre o número de indicadores para cada um dos objetivos da estratégia. O terceiro pretende incluir as três dimensões da sustentabilidade e o quarto considera indicadores importantes atualmente, por exemplo, o número de empregos que a bioeconomia já está criando, e indicadores que podem se tornar importantes (ter impacto) no futuro, por exemplo, educação e investimento.

É interessante destacar que um dos pontos de partida para a construção dos indicadores são os resultados do projeto MontBioeco, mencionado anteriormente, e de outras experiências anteriores de projetos e instituições. Percebe-se que há um trabalho de continuidade e integração que passa pelos objetivos da estratégia europeia e pelo conhecimento já acumulado em trabalhos anteriores. Há também um canal de escuta com *stakeholders* para definir os caminhos a trilhar. Como exemplo, foi a partir de uma consulta que foram definidos os 25 principais indicadores.

Nesse projeto consideram ainda que, para medir a bioeconomia, são necessários indicadores de inovação, políticas de apoio e legislação. As políticas implementadas em diferentes níveis (global, regional, nacional, local) podem contribuir bastante para o desenvolvimento da bioeconomia e ajudar na criação de novas indústrias de base renovável. Por isso, a sugestão é que os indicadores sejam diferenciados espacialmente para que esses efeitos possam ser mensurados e mapeados. Além dessa diferenciação espacial, é importante medir o grau de circularidade e as contribuições para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Outra contribuição do projeto é desenvolver indicadores relacionados ao comércio internacional que assegurem que a produção seja sustentável, inclusive quando se utiliza biomassa importada. Para isso, o Biomonitor vai considerar a importação e exportação de matérias-primas nos produtos da bioeconomia e as vantagens comparativas na produção de biomassa, aspectos importantes para a sustentabilidade ambiental e para a disponibilidade de biomassa (Cingiz *et al.*, 2021). Esses indicadores, além de fornecerem informações sobre os cinco objetivos da estratégia separadamente, também serão utilizados para mensurar o impacto econômico, social e ambiental da bioeconomia na UE como um todo e em seus países-membros.

O terceiro exemplo de como a UE está preocupada e investindo em pesquisa, informações, mensuração da bioeconomia e indicadores para seu monitoramento é o trabalho que está sendo desenvolvido no Joint Research Center (JRC), instituição de pesquisa científica da Comunidade Europeia. Os trabalhos do JRC são elaborados para dar apoio aos tomadores de decisão e, dentro do JRC, está o Knowledge Center for Bioeconomy, uma iniciativa da Comissão Europeia que

tem por objetivo gerenciar melhor o conhecimento para apoiar a elaboração de políticas públicas. Para isso, identifica e filtra as informações relevantes e as torna acessíveis; reúne pesquisadores, formuladores de políticas e outros especialistas na área; analisa, sintetiza e comunica as evidências disponíveis; e aumenta a base de conhecimento para a formulação de políticas sobre bioeconomia.

O JRC também tem trabalhado na mensuração da bioeconomia. Para isso, foi feito um levantamento de metodologias de mensuração e definida a metodologia a ser utilizada, bem como os setores e indústrias que fazem parte da bioeconomia (Kuosmanen *et al.*, 2020). Em relação aos setores, são considerados os mesmos já identificados no trabalho do projeto MontBioeco apresentado anteriormente. Para efeitos de mensuração é feita uma subdivisão da forma clássica nas contas nacionais, ou seja, os setores são classificados em primário, secundário e terciário. Entretanto, são considerados seis setores: os três da bioeconomia e os três que não fazem parte da bioeconomia.

Em relação à mensuração, uma das possibilidades apontadas é agregar as indústrias que fazem parte da bioeconomia a partir dos dados setoriais. Essa abordagem é considerada vantajosa porque em muitos países existem estatísticas setoriais organizadas e que são frequentemente atualizadas (Kuosmanen *et al.*, 2020). No que diz respeito aos dados, utiliza-se uma combinação de várias fontes, mas a principal são as tabelas de insumo-produto dos sistemas de contas nacionais disponíveis na base de dados Eurostat. O estudo não é de modelagem de insumo-produto, mas essas tabelas são utilizadas como base de seus dados.

Atualmente, esse trabalho ainda se encontra em andamento, com o objetivo de trazer melhorias nos dados de insumo-produto, e no levantamento dos percentuais de base biológica nos diferentes produtos/indústrias/setores, e é mais um passo na direção da construção de medidas para mensuração e acompanhamento da bioeconomia.

2.4 As prioridades de pesquisa em bioeconomia

Um elemento fundamental para o desenvolvimento da bioeconomia, já mencionado diversas vezes, é a utilização do conhecimento para a criação de novas soluções, e a pesquisa é considerada um ponto crítico para a inovação. A Comissão Europeia deixa claras as três prioridades de pesquisa para o bloco. Primeiro, a pesquisa e inovação para o desenvolvimento de produtos e processos de base biológica. Nesse caso, o objetivo principal é fazer uma transição da economia baseada em recursos fósseis na direção de produtos[4] e processos sustentáveis; bem como reduzir a dependência da Europa de petróleo, carvão, gás natural e ajudar a

4. Alguns exemplos de produtos sustentáveis: bioinsumos para controle de pragas, biocombustíveis líquidos, bioplásticos, peças de automóvel a partir de fibras naturais e biolubrificantes.

alcançar as metas para 2050 nas áreas ambientais, industriais e nos compromissos internacionais relacionados às políticas do clima.

Com esse intuito, a Comissão Europeia está trabalhando em conjunto com o BBI-JU em uma agenda de pesquisa para o desenvolvimento de uma indústria competitiva e de base biológica na Europa. Um dos pontos-chave é o desenvolvimento de novas tecnologias para biorrefinarias e para a transformação sustentável de recursos naturais renováveis em produtos de base biológica. Esse consórcio construiu uma agenda com quatro pilares: i) fornecer matéria-prima a partir de biomassa sustentável para alimentar cadeias de valores já existentes e novas cadeias; ii) otimizar o processamento eficiente para biorrefinarias integradas; iii) desenvolver produtos de base biológica inovadores para aplicações de mercado já identificadas; e iv) criar e acelerar a aceitação pelo mercado de produtos e aplicações de base biológica (European Union, 2021). Em maio de 2020, 22 projetos foram selecionados para receber financiamento para acelerar a absorção de produtos de base biológica pelos mercados, desenvolver novas tecnologias, estabelecer plantas para demonstração e construir biorrefinarias (European Union, 2021).

A segunda prioridade é a bioenergia: a Comissão Europeia a define como a transformação de biomassa (inclui recursos biológicos e resíduos) em energia sob a forma de calor, eletricidade ou de combustível para transporte. Dentro dessa área, a Comissão Europeia determinou alguns focos prioritários: melhoria e diversificação de tecnologias; diversificação de matéria-prima; modernização e aumento de eficiência da cogeração de energia; medidas que permitam que haja uma absorção pelo mercado de todas as tecnologias, especificamente aviação, transporte marítimo e rodoviário pesado; incentivos a pesquisas inovadoras, por exemplo, fotossíntese sintética para produzir combustível líquido; coordenação da pesquisa com recursos para inovação e financiamento de risco para impulsionar a comercialização; integração da bioenergia com o sistema energético; e cooperação internacional para enfrentar os desafios globais (European Union, 2021).

A terceira prioridade de pesquisa vem da preocupação do aumento da população e, consequentemente, da demanda por alimentos e da percepção de que não será possível manter a capacidade produtiva com o modelo atual de produção, distribuição e consumo. A solução é desenvolver sistemas alimentares sustentáveis que sejam também mais justos e que conciliem a produção de alimentos com as necessidades do planeta. Pesquisa e inovação serão fundamentais para transformar os sistemas alimentares em mais sustentáveis, resilientes, inclusivos e saudáveis, bem como para alcançar os ODS, os objetivos da estratégia Do Prado ao Prato (From Farm to Fork) e do Pacto Verde (Green Deal) europeu (European Union, 2021).

3 A BIOECONOMIA NOS ESTADOS UNIDOS (2018-2021)

3.1 Antecedentes e panorama geral

As primeiras tentativas de definir e conceituar a bioeconomia nos Estados Unidos ocorreram ainda no início da década de 1990. Desde então, com o desenvolvimento das ciências biológicas e da biotecnologia, a necessidade de substituição de combustíveis fósseis por recursos biológicos renováveis e o entendimento crescente de que recursos genéticos da biodiversidade são insumos críticos para bioprodutos, houve aumento exponencial no interesse e na condução de pesquisas sobre a bioeconomia (Frisvold *et al.*, 2021). Em 2010, o Executivo federal, chefiado por Barack Obama (2009-2017), orientou agências federais a fomentar pesquisas para uma bioeconomia do século XXI, com foco na criação de empregos e promoção do crescimento econômico sustentável.

Neste contexto, em 2012, o governo elaborou um projeto de bioeconomia nacional. Intitulado *National Bioeconomy Blueprint* (United States, 2012), o documento delineou cinco objetivos estratégicos para uma bioeconomia que gere crescimento econômico: i) apoiar os investimentos em PD&I que fornecerão a base para a futura bioeconomia dos Estados Unidos; ii) facilitar a transição de bioinvenções do laboratório de pesquisa para o mercado, incluindo um foco maior em ciências translacionais[5] e regulatórias; iii) desenvolver e reformar regulamentações para reduzir barreiras, aumentar a velocidade e a previsibilidade de processos regulatórios e reduzir custos, protegendo a saúde humana e ambiental; iv) atualizar os programas de treinamento e alinhar os incentivos das instituições acadêmicas com o treinamento dos alunos para as necessidades da força de trabalho; e v) identificar e apoiar oportunidades para o desenvolvimento de parcerias público-privadas e colaborações pré-competitivas, em que os concorrentes reúnem recursos, conhecimento e experiência para aprender com os sucessos e fracassos (United States, 2012). Ainda, no *Blueprint* de 2012, os Estados Unidos foram o primeiro país a destacar a biotecnologia como um vetor da bioeconomia.

A partir do exercício de 2012, os Estados Unidos iniciaram discussões para definir seu conceito de bioeconomia. Naquele ano, a primeira tentativa de conceitualização considerava, em um sentido amplo, que bioeconomia é aquela baseada no uso de pesquisa e inovação nas ciências biológicas para criar atividade econômica e benefício público (United States, 2012). De acordo com German Bioeconomy Council (2018), a visão de bioeconomia norte-americana mudou de

5. Expressão cunhada inicialmente nos Estados Unidos e com aplicação voltada para o campo da saúde. Objetivava promover pesquisa interdisciplinar e acelerar a troca bidirecional entre ciência básica e clínica para mover os achados de pesquisa básica do laboratório para ambientes aplicados envolvendo pacientes e populações. Atualmente, pesquisas translacionais estão se ampliando para além das fronteiras médico-biológicas e sanitário-industriais, incorporando aspectos econômicos, sociológicos, jurídicos e éticos (Guimarães, 2013).

uma perspectiva inicial mais holística, considerando uma bioinovação e inovação de ponta em todos os setores da economia, o que a aproximava da visão europeia, para uma mais baseada em biotecnologia. As forças motrizes da bioeconomia nos Estados Unidos são crescimento econômico, benefícios sociais, saúde e meio ambiente, além da oportunidade para os Estados Unidos serem líderes no campo. Neste contexto, três tecnologias são apontadas como sendo a base da bioeconomia americana: engenharia genética, sequenciamento de DNA e manipulações automatizadas de biomoléculas.

A administração de Donald Trump (2017-2021) deu continuidade às ações no campo da bioeconomia e, em outubro de 2019, a Casa Branca sediou a Cúpula sobre Bioeconomia da América. No encontro, enfatizou-se que a bioeconomia é uma prioridade estratégica nacional de PD&I para os Estados Unidos e é considerada uma das indústrias do futuro. As principais conclusões da cúpula indicaram que é preciso construir a força de trabalho em bioeconomia do futuro; promover e salvaguardar a infraestrutura e os dados críticos da bioeconomia; aproveitar todo o ecossistema de inovação dos Estados Unidos; e identificar oportunidades e desafios regulatórios. Naquela oportunidade, a bioeconomia foi definida como a infraestrutura, a inovação, os produtos, a tecnologia e os dados derivados de processos e da ciência, relacionados a recursos biológicos, que impulsionam o crescimento econômico, melhoram a saúde pública, a agricultura e os benefícios de segurança nacional (United States, 2019a). Atualmente, a bioeconomia dos Estados Unidos representa cerca de 5% do PIB do país, totalizando quase 960 bilhões de dólares americanos (Nasem, 2020).

Também em 2019, o Conselho de Pesquisa e Desenvolvimento de Biomassa (Biomass Research and Development Board – BR&D Board) publicou uma proposta de estratégia para acelerar tecnologias inovadoras que aproveitam os recursos de biomassa do país para biocombustíveis, bioprodutos e bioenergia a preços acessíveis (BR&D Board, 2019). De acordo com o Conselho, a bioeconomia pode ser definida como a transição industrial global que utiliza, de forma sustentável, recursos renováveis de biomassa aquática e terrestre em produtos de energia, intermediários e finais para benefícios econômicos, ambientais, sociais e de segurança nacional. É interessante notar que a definição do BR&D Board considera a bioeconomia como um processo transitório (transição industrial) e aponta para a relação entre a bioeconomia e a segurança nacional, diferentemente do conceito europeu de bioeconomia. No caso da UE, não há vinculação direta entre questões de segurança e a bioeconomia, já que esta é vista muito mais como um processo de transformação ampla do funcionamento atual da economia, principalmente por meio da circularidade e do reaproveitamento de resíduos, da sustentabilidade e da liderança diplomática do bloco em questões relacionadas a meio ambiente e comércio.

Conforme visto até aqui, tanto o governo dos Estados Unidos quanto várias instituições (Academia, *think tanks* e organizações da sociedade civil) têm se dedicado a pensar a bioeconomia e a propor marcos conceituais e operativos para a economia de base biológica. Ademais, no bojo da mais recente crise econômica mundial (2020-), vários países e instituições internacionais têm focado na recuperação baseada em estratégias de sustentabilidade, resiliência, economia verde, circularidade e bioeconomia. Neste contexto, o conceito de bioeconomia mais recente formulado nos Estados Unidos encontra-se na publicação das Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina (National Academies of Sciences, Engineering, And Medicine – Nasem). Para realizar o estudo, a Nasem instituiu o Comitê para a Proteção da Bioeconomia, que iniciou os trabalhos em 2018 e, em 2020, apresentou seu relatório final *Safeguarding the Bioeconomy* (Nasem, 2020).

Segundo a Nasem (2020, p. 3, tradução nossa), a bioeconomia dos Estados Unidos é a atividade econômica impulsionada pela pesquisa e inovação nas ciências da vida e biotecnologia, e que é possibilitada por avanços tecnológicos na engenharia e nas ciências da computação e da informação". Por essa definição, é possível perceber como os estudos da bioeconomia nos Estados Unidos adotaram abordagens distintas daquelas adotadas pela UE na definição do campo da bioeconomia, ou seja, quais atividades econômicas são consideradas parte da bioeconomia e quais não o são (Frisvold *et al.*, 2021). Os principais objetivos a serem alcançados pelo país com a bioeconomia são segurança nacional, criação de empregos, crescimento econômico e qualidade ambiental.

Na construção da bioeconomia norte-americana, a Nasem propõe que as ciências da vida, a biotecnologia, a engenharia e as ciências da computação e da informação sejam os principais condutores da economia de base biológica. É interessante notar que, com o amadurecimento das discussões conceituais sobre o termo nos Estados Unidos e a evolução das ferramentas digitais, as ciências da computação e da informação passaram a ser um vetor da bioeconomia tão relevante quanto a biotecnologia e as ciências da vida.

Apesar do panorama recente traçado até aqui, é importante compreender que o governo dos Estados Unidos trabalha com o tema da bioeconomia antes mesmo de haver um conceito formal e definido para essa economia de base biológica no país. Um exemplo é o programa de compras públicas liderado pelo Departamento de Agricultura (United States Department of Agriculture – USDA) e que existe desde 2002: o BioPreferred, que busca promover a produção e o consumo de bioprodutos. Por meio da Farm Bill[6] de 2014, o programa foi

6. Trata-se da Lei Agrícola dos Estados Unidos. A primeira Farm Bill (Agricultural Adjustment Act – AAA) data de 1933 e foi aprovada no âmbito do New Deal, visando dar assistência financeira para agricultores no imediato pós-Crise de 1929. A Lei Agrícola é válida para períodos aproximados de cinco anos e, atualmente, encontra-se em sua décima segunda edição (2019-2023).

ampliado para estimular o desenvolvimento econômico, criar empregos e fornecer novos mercados para *commodities* agrícolas. O programa possui dois componentes principais: requisitos obrigatórios de compra para agências federais e seus contratados, e uma iniciativa de rotulagem voluntária para produtos de base biológica.

Relativamente ao primeiro componente, a lei federal, o Regulamento de Aquisição Federal e as Ordens Executivas Presidenciais determinam que todas as agências federais comprem produtos de base biológica em categorias identificadas pelo USDA. Até o momento, o USDA identificou 109 categorias (por exemplo, produtos de limpeza, carpetes, lubrificantes, tintas) de produtos de base biológica para os quais as agências e seus contratados têm exigências de compra. O segundo componente, por sua vez, visa a facilitar a identificação de produtos de base biológica por parte dos consumidores. O rótulo USDA Certified Biobased Product, exibido em um produto certificado pelo Departamento, foi desenvolvido para fornecer informações úteis aos consumidores sobre o conteúdo de base biológica do produto. De acordo com um relatório independente publicado em 2015, o impacto do programa BioPreferred e da bioeconomia nos Estados Unidos pode ser resumido em: existência de 40 mil produtos de base biológica no mercado (estimativa conservadora), US$ 369 bilhões em valor adicionado à economia do país (2013), emprego direto de 1,5 milhões de norte-americanos e de 4 milhões de empregos indiretos (2013) e redução do consumo da ordem de 300 milhões de galões de petróleo por ano (Golden *et al.*, 2015).

O governo do democrata Joe Biden (2021-) também tem conferido importância ao tema da bioeconomia, embora de maneira menos enfática do que seu antecessor. O campo da bioeconomia foi explicitado em seu Plano para a América Rural, ainda na campanha presidencial, com o objetivo de aumentar a bioeconomia no país e a indústria de base biológica para trazer de volta empregos de ponta para o meio rural. Após o início do governo, o presidente Biden expediu uma ordem executiva relacionada à emergência climática; embora não haja menção explícita à bioeconomia, o documento prevê que o país busque investir em PD&I para o desenvolvimento e a implementação de energia limpa e renovável, tema fortemente relacionado à bioeconomia (United States, 2021). Nessa linha, o Executivo norte-americano tem buscado avançar na área de combustíveis de aviação sustentáveis, a partir do investimento em projetos de PD&I para desenvolver tecnologias de algas e de matérias-primas voltadas para biocombustíveis.

3.2 Governança da bioeconomia nos Estados Unidos

Diferentemente da UE, os Estados Unidos não possuem uma governança definida para a bioeconomia. No momento, existem duas propostas concomitantes: a Iniciativa de Bioeconomia e sua estratégia, proposta pelo BR&D Board, e a do Comitê para Proteção da Bioeconomia/Nasem.

A proposta do BR&D Board pretende orientar as agências federais norte-americanas envolvidas no Conselho a abordarem os principais desafios científicos e técnicos que limitam a expansão da bioeconomia doméstica. O BR&D Board tem autoridade sobre a Iniciativa de Bioeconomia em termos de estratégia, direção e governança. Quanto a esta última, a estratégia proposta pelo Conselho objetiva maximizar a coordenação interagências na pesquisa de bioeconomia e outras atividades correlatas. O Conselho é composto por representantes de oito agências federais: além do USDA, os departamentos de Energia, Defesa, Interior e Transportes; Agência de Proteção Ambiental; Escritório de Política Científica e Tecnológica; e Fundação Nacional da Ciência dos Estados Unidos. É copresidido pelo USDA e Departamento de Energia e conta com um comitê de assessoramento técnico. Porém, nota-se que não se trata de uma proposta do governo dos Estados Unidos que compreenda uma estratégia nacional para todo o país, envolvendo os setores público e privado, Academia e sociedade civil. Ou seja, trata-se de uma iniciativa circunscrita às agências federais envolvidas no BR&D Board.

Todavia, Nasem (2020) reconhece que o país ainda não possui uma estratégia para a bioeconomia e, para liderar e dar direção estratégica ao tema, faz-se necessária a constituição de um órgão de coordenação específico. Devido à amplitude da bioeconomia e os mais variados setores nela envolvidos, nenhuma agência governamental norte-americana tem mandato para monitorar e avaliar a bioeconomia dos Estados Unidos de forma holística. Assim, o Comitê recomenda que o Gabinete Executivo do Presidente estabeleça um órgão de coordenação estratégica de todo o governo encarregado de proteger e atingir o potencial da bioeconomia dos Estados Unidos.

Propõe, ainda, que o órgão seja coordenado por um representante sênior da Casa Branca e conte com representantes da ciência, economia e das agências regulatórias e de segurança, além de receber subsídios e informações de partes interessadas não governamentais envolvidas na temática. Novamente, é interessante notar que a questão de segurança nacional e sua relação com a bioeconomia tem sido destacada pelas principais publicações recentes sobre bioeconomia (BR&D Board, 2019; United States, 2019a; Nasem, 2020). Por fim, o órgão coordenador seria a instituição responsável por elaborar, monitorar e atualizar a estratégia de bioeconomia norte-americana.

3.3 Mensuração e monitoramento do campo da bioeconomia nos Estados Unidos

De acordo com Nasem (2020), mensurar a bioeconomia é um desafio, pois ela se estendeu além dos setores tradicionais de base biológica da agricultura, ciências biomédicas e biotecnologia industrial. Além disso, a bioeconomia produz ativos intangíveis que precisam ser considerados e contabilizados para mensurar seu valor total. De maneira geral, o monitoramento da bioeconomia envolverá

avaliação da produção de matéria-prima; produção e consumo de produtos; mercados; empregos; vendas e receitas; e valor indireto adicionado da bioeconomia (BR&D Board, 2019). Porém, antes disso, é necessária a construção de indicadores que orientem o acompanhamento.

Visando contribuir com essa etapa anterior, o USDA lançou uma publicação, intitulada *Indicators of the U.S. Biobased Economy*, sobre indicadores da economia de base biológica dos Estados Unidos (Golden *et al.*, 2015). O documento divide os indicadores nas seguintes categorias: agropecuária; bioenergia; químicos renováveis e produtos de base biológica; e políticas. Com exceção da categoria de política, que pode ser considerada uma facilitadora da bioeconomia, os indicadores foram subdivididos em infraestrutura física, produção, consumo, uso da terra e economia. O quadro 2 apresenta exemplos de alguns dos indicadores levantados pelos autores para cada uma dessas categorias.

QUADRO 2
Exemplos de indicadores levantados para mensuração da bioeconomia nos Estados Unidos

Categoria	Indicador	Característica do indicador
Agropecuária	Quantidade de hectares de milho dedicados à produção de etanol	Uso da terra
	Produção de etanol total no país	Produção
	Valor econômico do milho sendo usado para etanol	Economia
Bioenergia	Número de plantas de etanol no país	Infraestrutura física
	Número de empregos diretos e indiretos gerados na indústria de bioetanol	Economia
	Eletricidade total gerada a partir do biogás	Produção
Químicos renováveis e produtos de base biológica	Número total de produtos certificados no programa BioPreferred do USDA	Produção
	Número de empregos diretos, indiretos ou induzidos e totais que contribuem para a economia por meio da indústria de produtos de base biológica	Economia
	Receitas de biotecnologia do país	Economia
Políticas	Número de leis e instrumentos correlatos que contribuam para o crescimento ou declínio do biocombustível, produtos químicos e produção de produtos de base biológica	N/A
	Despesas totais com P&D em centros de pesquisa e desenvolvimento financiados pelo governo federal	N/A
	Número de acordos internacionais ratificados pelo país que objetivem induzir política para a economia de base biológica	N/A

Fonte: Golden *et al*. (2015).
Elaboração das autoras.
Obs.: N/A – não se aplica.

A dificuldade em se mensurar e monitorar a bioeconomia está diretamente ligada à dificuldade de delimitá-la de maneira efetiva – ou, posto de outra maneira, quais setores efetivamente compreendem a bioeconomia? A adoção de uma definição mais ampla dos setores econômicos abrangidos pela bioeconomia traz a vantagem de que

vários deles já são mensurados e acompanhados (agricultura, por exemplo), o que facilita o monitoramento. Porém, existe um *trade-off*[7] importante: essa escolha poderá levar ao predomínio de atividades econômicas "maduras" no monitoramento e mensuração, em detrimento da inovação e novas atividades baseadas em recursos biológicos. No entanto, conforme Frisvold *et al.* (2021, p. 13, tradução nossa) destacam o seguinte.

> Ao se adotar uma definição mais restrita da paisagem da bioeconomia, baseada na penetração de inovações biológicas, pode-se estar melhor equipado para rastrear a inovação e o dinamismo em setores maduros da economia. (...) Se os critérios sobre o que incluir na bioeconomia são baseados na novidade de tecnologias, aplicações ou usos, então quais atividades ou subsetores serão incluídos na bioeconomia precisarão ser revisados frequentemente. Isso tornará mais difícil coletar dados, medir a atividade ou acompanhar o desempenho da bioeconomia ao longo do tempo e entre os países.

Considerando as dificuldades e os desafios inerentes à mensuração da bioeconomia, o Comitê para Proteção da Bioeconomia propôs, em 2020, seis segmentos que representariam a bioeconomia atual dos Estados Unidos. São eles: i) culturas e produtos geneticamente modificados; ii) materiais industriais de base biológica, incluindo as matérias-primas agrícolas usadas para fermentação e outros processos posteriores; iii) produtos biofarmacêuticos e biológicos e outros produtos farmacêuticos; iv) produtos de consumo da biotecnologia; v) serviços comerciais de PD&I de biotecnologia, incluindo testes de laboratório e serviços de equipamentos adquiridos; e vi) soluções baseadas em dados biológicos voltadas para o cuidado com a saúde do paciente. A partir da definição desses seis segmentos, o Comitê elaborou um arcabouço de valoração da bioeconomia, conforme o box 2 apresenta.

BOX 2
Arcabouço de valoração da bioeconomia

1) Estabelecer limites para a definição da bioeconomia para identificar os segmentos primários de interesse.
2) Identificar subconjuntos dos segmentos primários a serem incluídos, abrangendo investimentos em equipamentos específicos de bioeconomia (por exemplo, máquinas de sequenciamento), serviços (por exemplo, patentes de biotecnologia e serviços jurídicos) e ativos intangíveis produzidos ou curados para uso pelo setor (por exemplo, base de dados genômicos).
3) Identificar os dados de produção relevantes que mapeiam os segmentos de bioeconomia delineados a partir das três etapas abaixo.

a) Efetuar mapeamento, com base nos códigos do Sistema de Classificação da Indústria da América do Norte (Naics) atualmente usados pelo U.S. Census Bureau, para coletar dados detalhados sobre o valor da produção.

- Certas atividades de bioeconomia são inerentemente mais restritas do que os códigos Naics existentes, e medir essas atividades requer o desenvolvimento de estimativas com base em fontes auxiliares (ou novos códigos Naics) ou a construção de novos agregados a partir de pesquisas em nível de estabelecimento ou microdados administrativos.
- Para cada atividade de produção de base biológica, determinar a porção que é atualmente *versus* potencialmente (sob a tecnologia existente) de base biológica (por exemplo, determinar qual porcentagem de plásticos é feita por meio de um processo de base biológica).

b) Obter estimativas para o valor adicionado para cada atividade bioeconomia relevante com base nos mesmos métodos e dados usados nas contas nacionais (PIB por indústria).
c) Determinar as ligações interindustriais e as fontes de abastecimento apropriadas (ou seja, doméstica *versus* estrangeira) e estimar os multiplicadores de insumo-produto relevantes com base nessas ligações.

Fonte: Nasem (2020).

7. Trata-se de expressão bastante usada em economia para designar situações em que há conflitos de escolha. O conceito abrange o resultado de uma escolha ao se comparar o que foi selecionado em detrimento daquilo que se abriu mão.

Ao seguir o arcabouço proposto, os autores determinaram que a bioeconomia representava, em 2016, cerca de 5,1% do PIB dos Estados Unidos – ou 959,2 bilhões de dólares americanos. Contudo, como a inovação pode levar à substituição de produtos tradicionais, advindos de atividades econômicas "maduras", por produtos de base biológica (relevantes para a bioeconomia), é possível que essa estimativa esteja subestimada. Neste contexto, o relatório conclui que os mecanismos de coleta de dados existentes para medir a atividade econômica são insuficientes para monitorar a bioeconomia de forma holística. Aprimorar esses mecanismos é fundamental para melhor: i) compreender o escopo e alcance da bioeconomia do país; ii) fornecer uma avaliação abrangente da bioeconomia dos Estados Unidos; iii) apoiar a tomada de decisão dos Estados Unidos em relação à bioeconomia; e iv) identificar indicadores de liderança, competitividade e conexões globais.

3.4 Setores e PD&I da bioeconomia

Após discussão dos antecedentes, governança e mensuração, e monitoramento da bioeconomia, passa-se a examinar os setores que estão envolvidos na bioeconomia norte-americana e o componente de PD&I. Aqui, recupera-se um pouco da discussão sobre mensuração e monitoramento, dado que existe o desafio de se considerar determinados setores parte, ou não, da bioeconomia. Ademais, alguns setores fazem parte integralmente da bioeconomia (como PD&I em biotecnologia) e outros estão parcialmente incluídos no campo da bioeconomia. Também chamados de setores híbridos ou mistos, subsetores como o de bioplásticos e de tinta à base de óleo de soja para impressão gráfica integrariam a bioeconomia, porém os setores aos quais pertencem – indústria de plástico e fabricação de tintas para impressão, respectivamente –, não (Frisvold *et al.*, 2021).

Nos Estados Unidos, há maior ênfase nas aplicações biotecnológicas e biológicas. A substituição de produtos baseados em combustíveis fósseis por produtos de base biológica na manufatura dentro dos setores tradicionais também tem sido enfatizada. Nasem (2020) aponta três grandes setores que compõem a bioeconomia: agropecuária, biomedicina e bioindústria. No caso da agropecuária, os produtos e serviços agropecuários necessitam atender a, pelo menos, um dos quatro critérios para que sejam efetivamente incluídos: i) uso de engenharia genética ao criar semente ou variedade; ii) uso de técnicas avançadas de biologia molecular em programas de reprodução assistidas por marcadores; iii) uso de grandes bancos de dados de informática e técnicas computacionais para aplicações de reprodução ou recursos aprimorados de uso da terra (agricultura de precisão, por exemplo); e iv) uso de biomassa vegetal em processo de bioprocessamento, utilizando tecnologias de DNA recombinante e sintético.

No setor da biomedicina, o critério de inclusão na bioeconomia aplica-se a produtos ou serviços médicos que resultem de PD&I nas ciências da vida. No caso

da bioindústria, devem ser considerados produtos e compostos químicos produzidos a partir da rota biossintética ou semi-biossintética utilizando tecnologia de DNA recombinante. É importante destacar que, além desses três grandes setores, a bioeconomia também envolve ativos intangíveis, como é o caso de conjuntos de dados específicos das ciências da vida (bancos de dados de sequências genômicas), patentes e tecnologias proprietárias. Assim, ao se analisar os setores priorizados para a bioeconomia nos Estados Unidos, observa-se que a digitalização da biologia e a automação da biotecnologia são grandes indutores da temática no país.

Para se estabelecer como um dos *players* mais importantes na bioeconomia global, o governo dos Estados Unidos indicou várias áreas de pesquisa para fomento com recursos públicos e privados. Com atenção especial para a área da saúde, o documento de prioridades orçamentárias de pesquisa e desenvolvimento para o ano fiscal de 2021 (1º de outubro de 2020 a 30 de setembro de 2021) orienta que o país priorize padrões baseados em evidências e pesquisas para estabelecer rapidamente a segurança e eficácia de micro-organismos, plantas e animais para produtos desenvolvidos usando edição de genes, para melhor acelerar a adoção de produtos biotecnológicos e o uso socialmente responsável. Além disso, a PD&I deve possibilitar biotecnologia, ômicas,[8] biossegurança e análise de dados para impulsionar o crescimento econômico em vários setores, incluindo saúde, produtos farmacêuticos, fabricação e agricultura (United States, 2019b). O documento de prioridades orçamentárias de PD&I e ações transversais para o ano fiscal de 2022 (1º de outubro de 2021 a 30 de setembro de 2022) reflete a realidade da pandemia de covid-19 e indica que os investimentos em PD&I devem se concentrar em ações que possibilitem previsões e análises de coleções abrangentes de dados epidemiológicos, clínicos e genômicos capazes de impulsionar a resiliência da cadeia de suprimentos e o crescimento econômico em setores como saúde e produtos farmacêuticos, nanobiotecnologia, agricultura e indústrias do futuro (United States, 2020).

O relatório mais recente sobre a bioeconomia norte-americana (Nasem, 2020) apresenta tanto um panorama da evolução do tema no país, quanto aponta caminhos e próximos passos para a consolidação da bioeconomia, principalmente no que tange à formulação e implementação de uma estratégia para o tema e à constituição de um órgão coordenador central do governo dos Estados Unidos para a bioeconomia. Além dos desafios de mensuração e definição de setores, outros obstáculos ainda precisam ser superados pelos Estados Unidos para fortalecer a bioeconomia. Entre eles, destacam-se: falta de mão de obra qualificada em bioeconomia; falta de infraestrutura; falta de acesso a conhecimentos, dados e ferramentas para

8. Ômica é um neologismo da língua inglesa (*omics*) e se refere a um campo de estudo em biologia que termina em -ômica – como genômica, proteômica e metabolômica, por exemplo.

entender os impactos da bioeconomia; e falta de um mecanismo formal de colaboração para compartilhar conhecimento, implementar tecnologia e desenvolver atividades colaborativas com os atores envolvidos no tema (BR&D Board, 2019).

Antes de se proceder à análise da bioeconomia brasileira e potenciais oportunidades e lições aprendidas a partir das experiências europeia e norte-americana, cumpre efetuar um breve exercício comparativo entre os dois atores analisados e suas bioeconomias. Frisvold *et al*. (2021) apresentam três visões que podem pautar a bioeconomia: biotecnologia, biorrecursos e bioecologia. Essas visões não são, necessariamente, mutuamente excludentes,[9] e os planos ou estratégias nacionais dos países geralmente são compostos por elementos dessas três visões, em maior ou menor grau. A partir disso, procurou-se traçar um comparativo entre UE e Estados Unidos para essas três visões, conforme o quadro 3.

QUADRO 3
Comparação entre as visões de bioeconomia da UE e dos Estados Unidos

Visão da bioeconomia	Ênfase europeia	Ênfase norte-americana
Biotecnologia: sob a visão da biotecnologia, os avanços recentes na área são características centrais da bioeconomia	Fraca	Forte
Biorrecursos: esta visão concentra-se na substituição de combustíveis fósseis por recursos biológicos renováveis como base para combustíveis de transporte, produção de eletricidade e fabricação de produtos químicos	Forte	Média
Bioecologia: esta visão enfatiza a importância dos processos ecológicos que otimizem o uso de energia e nutrientes, promovam a biodiversidade e evitem as monoculturas e a degradação do solo	Forte	Fraca

Fonte: Frisvold *et al*. (2021).
Elaboração das autoras.

Ao se comparar as visões de bioeconomia da UE e dos Estados Unidos, começando pelas coincidências, há uma tentativa de fortalecer, nos dois casos, a utilização de biorrecursos (recursos biológicos) como insumos para a produção de substitutos aos produtos de base fósseis. Isso aparece na UE no seu objetivo estratégico "Redução da dependência de recursos não renováveis de fonte doméstica e do exterior" e, no caso dos Estados Unidos, a própria existência de um programa de compras públicas de incentivos a produtos BioPreferred são exemplos da importância dada aos biorrecursos. No caso norte-americano, fica clara a importância da biotecnologia e novas tecnologias: são várias vezes mencionadas em vários documentos e trabalhos relacionados à bioeconomia do país e há uma preocupação de liderança nessas áreas para manter a competitividade; portanto, as ferramentas ligadas à biotecnologia e às novas tecnologias possuem um grande peso. No caso da UE,

9. Os autores ressalvam que pode haver conflitos entre as três visões: algumas definições de bioeconomia que se baseiam na bioecologia, por exemplo, podem rejeitar a inclusão de grãos geneticamente modificados (biotecnologia) na bioeconomia.

que possui uma abordagem mais holística da bioeconomia, as preocupações com os recursos naturais, a biodiversidade, a conservação e preservação e os sistemas alimentares aparecem em vários documentos, predominando de forma mais forte a visão da bioecologia.

Essa análise mostra alguns elementos bastante importantes na construção da bioeconomia: o primeiro é a própria definição da bioeconomia do país (ou bloco de países); essa definição dá um norte para o desenvolvimento do campo e ajuda na priorização e na agregação dos atores. O segundo ponto importante é o envolvimento da alta gestão do país na construção, ou seja, há necessidade de se ter um órgão próximo ao chefe de governo, por exemplo, que ajude na organização e coordenação das ações de desenvolvimento da bioeconomia, começando pela estratégia nacional.

4 PROPOSTAS DE AÇÕES E REFLEXÕES PARA A BIOECONOMIA BRASILEIRA

O Brasil, devido às suas características naturais e ao investimento realizado na PD&I agropecuária[10] desde a década de 1970, possui um grande potencial para se tornar um ator fundamental na bioeconomia global. A consolidação da bioeconomia depende significativamente de um setor agrícola forte e competitivo, que tanto produza quanto consuma bens e serviços de base biológica (Nasem, 2020). Apresenta-se, então, uma importante oportunidade para que o Brasil desenvolva e fortaleça o campo da bioeconomia no país. Para tanto, faz-se necessário adotar algumas ações que estimulem o desenvolvimento do campo, conforme examinado nos contextos europeu e norte-americano. A seguir, serão destacadas quatro ações que podem contribuir sensivelmente para a consolidação da bioeconomia brasileira.

A primeira, a mais importante, é a elaboração de uma estratégia nacional para a bioeconomia. Até o momento, o principal documento do governo federal acerca da bioeconomia é o Pacti Bioeconomia, lançado em 2018. O Pacti Bioeconomia traz um conceito[11] da bioeconomia e a considera como novo

10. A bioeconomia brasileira beneficiar-se-á não somente de investimentos no setor agropecuário, mas em outros também. Importante destacar que, na área da saúde, o Brasil tem avançado bastante, com instituições como o Instituto Butantan e a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). A Fiocruz pode ser um importante catalisador na área de biofármacos, pois possui a unidade Farmanguinhos, que trabalha com os seis biomas brasileiros por meio da RedesFito. Participam da Rede diferentes atores, incluindo governo, setor privado e pesquisa. A coordenação desses atores pela Farmanguinhos permite o desenvolvimento de biofármacos a partir da biodiversidade brasileira. Além disso, a unidade possui também um programa de pós-graduação em biodiversidade e saúde, em que mestres e doutores são treinados em pesquisa, ensino e atividades técnicas relacionadas à biodiversidade e saúde humana. Esse é um exemplo de infraestrutura existente para a fabricação de vacinas e medicamentos para o Sistema Único de Saúde (SUS) que, aliada ao trabalho da RedesFito, poderá dar um grande impulso na área de biomedicina e biofármacos e, por conseguinte, na bioeconomia brasileira. Além disso, a preocupação existente com a criação de capacidades na área de biodiversidade e saúde também pode ser um fator para ajudar a alavancar o desenvolvimento de recursos humanos aptos a atuar na bioeconomia.

11. "O conjunto de atividades econômicas baseadas na utilização sustentável e inovadora de recursos biológicos renováveis (biomassa), em substituição às matérias-primas fósseis, para a produção de alimentos, rações, materiais, produtos químicos, combustíveis e energia produzidos por meio de processos biológicos, químicos, termoquímicos ou físicos, promovendo a saúde, o desenvolvimento sustentável, o crescimento nacional e o bem-estar da população" (Brasil, 2018, p. 12).

paradigma econômico para auxiliar na solução de parte das crises globais (Brasil, 2018). Contudo, o Pacti não compreende uma estratégia nacional semelhante àquela implementada pela União Europeia.

Além da estratégia, o Brasil necessita desenvolver um ambiente regulatório que não apenas traga segurança jurídica às atividades da bioeconomia, mas que também favoreça e estimule o desenvolvimento da economia de base biológica no país, e essa seria a segunda ação. No campo de propriedade intelectual, por exemplo, uma iniciativa interessante é o programa Patentes Verdes, do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), oferecido desde 2016, após quatro anos de projeto piloto. O programa objetiva acelerar o exame dos pedidos de patentes relacionados a tecnologias voltadas para o meio ambiente e identificar novas tecnologias que possam ser rapidamente usadas pela sociedade, estimulando o seu licenciamento e incentivando a inovação no país. Entre 2020 e 2021, o tempo médio entre o requerimento de patente verde e o final do processo foi de apenas oito meses (Com "patentes verdes"..., 2021). O quadro 3 apresenta os principais marcos regulatórios relacionados à bioeconomia no Brasil, identificados até dezembro de 2021.

QUADRO 4
Principais marcos regulatórios relativos à bioeconomia no Brasil (2005-2021)

Perspectiva	Marco regulatório relacionado à bioeconomia	Data de publicação
Economia verde	Estratégia Nacional de Biotecnologia	2007
	Lei da Biodiversidade	2015
Tecnologia de ponta	Plano BNDES-Finep de Apoio à Inovação dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (Paiss)	2011
	Plano Finep-BNDES de Apoio Conjunto à Inovação Tecnológica Agrícola no Setor Sucroenergético – Paiss Agrícola	2014
Pesquisa e inovação	Lei de Biossegurança	2005
	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022	2016
	Marco legal de Ciência, Tecnologia e Inovação	2016
	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia	2018
Bioenergia	Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 (PDE 2027)	2018[1]
Agricultura sustentável	Programa Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade	2019
	Política Nacional de Recursos Genéticos para a Alimentação e Agricultura (PNRGAA)[2]	-

Elaboração das autoras.
Notas: [1] O primeiro PDE (2017) foi publicado em 2006.
[2] A proposta da PNRGAA esteve em consulta pública no ano de 2020. Até o momento, a proposta ainda não foi regulamentada e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) tem se dedicado a discutir a criação de uma Plataforma Nacional de Recursos Genéticos para Alimentação e Agricultura, que atende aos grandes eixos da PNRGAA.

A terceira ação, outro ponto importante para que o Brasil desenvolva sua bioeconomia, conforme também se depreende das seções sobre setores e PD&I de UE e Estados Unidos, é o investimento público e privado contínuo em PD&I agropecuária e em outros setores de ponta relacionados à bioeconomia – como engenharia e ciências da computação e da informação. De acordo com Farcas *et al.* (2021, p. 3, tradução nossa), é importante considerar o papel da biotecnologia e da agricultura na segurança alimentar no contexto pós-pandêmico: "o aumento do investimento na agricultura e na pesquisa em biotecnologia sem dúvida teria um impacto significativo no aumento e na manutenção de uma segurança alimentar mais estável no caso de futuras pandemias".

Finalmente, a quarta ação refere-se ao desenvolvimento de metodologias e indicadores que permitam o monitoramento e a mensuração da bioeconomia. Embora ainda seja um desafio importante, já que as estatísticas oficiais não diferenciam produtos resultantes de insumos fósseis daqueles oriundos de processos de base biológica, estudo pioneiro publicado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) utilizou o modelo econômico insumo-produto, a partir de base de dados da OCDE, para realizar um primeiro exercício de quantificação da bioeconomia do Brasil (Silva, Pereira e Martins, 2018). Segundo a modelagem feita, o valor da bioeconomia brasileira, em 2016, foi de US$ 285,9 bilhões (ou 13,8% do PIB do país) no Brasil e US$ 40,2 bilhões para vendas das atividades econômicas localizadas em outros países, totalizando US$ 326,1 bilhões (*op. cit.*, p. 318).

Para que o Brasil possa realizar essas quatro grandes ações, não se pode prescindir da colaboração internacional e do intercâmbio com cientistas e formuladores de políticas de outros países, em especial daqueles que já possuem um arcabouço normativo avançado. Com relação à UE e aos Estados Unidos, o Brasil pode cooperar em temas relacionados ao monitoramento e à mensuração da bioeconomia; o bloco europeu possui experiência dos projetos MontBioeco e Biomonitor, que apoiaram a definição de atividades, setores e indicadores da bioeconomia europeia. No caso norte-americano, eventual cooperação com a Nasem pode contribuir na adaptação de um marco de valoração da bioeconomia brasileira, a partir do arcabouço de valoração da bioeconomia da Nasem (box 2). Além desse importante tema, o Brasil pode investir na cooperação científica com a UE nas áreas de desenvolvimento de estratégia nacional e marco regulatório e fortalecimento dos sistemas de PD&I para a bioeconomia, incluindo investimentos. Com os Estados Unidos, as oportunidades concentram-se nas áreas de engenharia genética, estímulo à produção e comercialização de bioprodutos e processos de certificação de produtos e programa de compras governamentais, como o BioPreferred.

Observando-se as experiências apresentadas e levantando alguns pontos críticos, pode-se dizer que atualmente o Brasil está mais próximo dos Estados Unidos, já que possui iniciativas importantes nos setores privado e público. No primeiro, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) têm promovido *workshops* desde 2012 sobre o tema, a Fundação Getulio Vargas (FGV) criou o Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia em 2021, e há a Associação Brasileira de Bioinovação (ABBI), entre outras. Já no setor público, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) possui o Plano de Ação em Bioeconomia dentro da Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia (ENCTI), o Mapa possui o Programa Brasil Bioeconomia e o Programa Nacional de Bioinsumos; no Legislativo, há uma frente parlamentar de bioeconomia, entre outras iniciativas. Nota-se que há uma base sendo estabelecida, no entanto, não há objetivos/caminhos conjuntamente definidos, ou seja, não há clareza de onde se quer chegar.

Um segundo ponto crítico para o desenvolvimento da bioeconomia é a necessidade de aporte de recursos, que têm sido cada vez mais escassos, para a pesquisa e ciência e tecnologia, pois a bioeconomia é baseada em conhecimento, necessita de inovações em processos, insumos, produtos. Pode-se pensar que, potencialmente, uma coordenação contribuiria para a integração entre setores público e privado e na alocação e captação de recursos.

O terceiro ponto crítico é a disponibilidade de recursos humanos para desenvolver e atuar nessa bioeconomia. Entende-se que UE e Estados Unidos têm tido uma preocupação em relação a esse aspecto, no Brasil talvez seja preciso uma maior atenção, pensando sobretudo do ponto de vista do ensino superior (graduação e pós-graduação).

Finalmente, a última reflexão está relacionada à necessidade de informação oficial sobre produção e disponibilidade de recursos naturais e humanos, com um olhar para a bioeconomia. A necessidade de dados oficiais frequentes com metodologias comparáveis é um gargalo que existe em geral, portanto, também será uma dificuldade no acompanhamento do desenvolvimento da bioeconomia brasileira. Uma possibilidade de resposta a esse ponto crítico seria aproveitar que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ipea estão trabalhando nos indicadores e metas dos ODS e identificar quais podem também apoiar o monitoramento da bioeconomia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência da UE, ainda que seja um bloco e não um país, na construção da bioeconomia traz muitos aprendizados que podem ser utilizados para o caso brasileiro. Em primeiro lugar, houve o envolvimento, desde o início, da

presidência do bloco como fomentador das discussões sobre bioeconomia. Com o tempo, as discussões levaram à necessidade de se oficializar o significado da bioeconomia, suas oportunidades e, inclusive, sugerir uma estratégia com planos de ação. Percebe-se, então, que houve um amadurecimento das discussões e um entendimento sobre o tema que levaram ao planejamento de objetivos e ações para concretizá-lo. Para a construção de uma estratégia nacional de bioeconomia brasileira, há necessidade de um amadurecimento entre todos os atores: governamentais, privados, acadêmicos e sociedade em geral.

O segundo ponto diz respeito à integração e coerência de políticas, extremamente importante para fortalecer e viabilizar uma governança bem-sucedida da bioeconomia. Há uma complementaridade entre as políticas e objetivos comuns que permite direcionamento e soma de esforços, o que pode levar a um alcance mais rápido ou mais fácil dos objetivos planejados.

O terceiro elemento é a definição de objetivos e planos de ação com a intenção de que sejam acompanhados e monitorados. Ou seja, há preocupação com mensuração, acompanhamento, avaliação de impacto, revisão e construção do arcabouço de monitoramento. Para tanto, há necessidade de dados, organização e parcerias para que seja possível uma padronização e regularidade das informações. A definição de um Centro de Conhecimento em Bioeconomia, coordenado pelo JRC da Comissão Europeia, mostra a importância dada a informação, análise e monitoramento para as decisões do bloco.

Por fim, um ponto crucial, e que poderia ser seguido, é que a UE entende que, para desenvolver uma bioeconomia sustentável e circular, as políticas precisam ser baseadas em ciência e coerentes entre os setores e que, para isso, há necessidade de uma base de conhecimento robusta e comum entre os países. É um pensamento que fortalece a tomada de decisão e contribui para o desenvolvimento mais rápido da bioeconomia europeia.

Quanto aos Estados Unidos, as discussões domésticas sobre a bioeconomia ganharam *momentum* a partir do envolvimento da mais alta burocracia do país: a Casa Branca, conforme se observou em United States (2012), e em 2019, com a Cúpula sobre Bioeconomia da América. A visão norte-americana para a bioeconomia pode ser caracterizada por três fases: i) ênfase em bioinovação e inovação de ponta em todos os setores da economia; ii) bioeconomia baseada em agricultura e recursos biológicos; e, mais recentemente, iii) a incorporação da biomedicina e da bioindústria à agricultura como principais setores da bioeconomia. Quanto ao desenvolvimento de aplicações no campo biomédico, a pandemia da covid-19 acelerou a alocação de recursos federais para este setor a partir de 2020 (United States, 2020).

Semelhantemente à UE, os Estados Unidos também enfrentam o desafio de monitorar e mensurar a bioeconomia. Porém, pode-se afirmar que o país possui um desafio anterior: o de desenvolver uma estratégia de longo prazo (BR&D Board, 2019; Nasem, 2020). Embora o BR&D Board tenha desenvolvido uma estratégia e governança para a bioeconomia, ela compreende apenas as oito agências federais que compõem o Conselho e não se trata de uma estratégia nacional.

Gallo (2021) reforça essa necessidade e aponta caminhos sobre o papel do Legislativo neste processo. É importante ressaltar que o relatório considera que os esforços de outros países na implementação de políticas e estratégias abrangentes para a bioeconomia podem, eventualmente, desafiar a liderança dos Estados Unidos em biotecnologia e outros setores relacionados à bioeconomia, considerados críticos para a segurança nacional e a competitividade econômica. Portanto, a bioeconomia é considerada um tema estratégico para a manutenção das capacidades competitiva e de segurança nacional de um país. No caso do Brasil, o tema pode ser entendido, ademais, como fundamental para o desenvolvimento nacional.

Quanto ao papel do Congresso, Gallo (2021) defende que o Legislativo apoie o desenvolvimento e a implementação de uma estratégia nacional de bioeconomia, os investimentos federais em PD&I relacionados à bioeconomia, a expansão da força de trabalho em bioeconomia e políticas que aumentem tanto o mercado de produtos e serviços de base biológica quanto a conscientização e aceitação pública destes produtos e serviços.

No caso do Brasil, existem várias iniciativas em curso tanto no setor público quanto no setor privado, indicando que há interesse, reconhecimento da importância do desenvolvimento de uma bioeconomia e uma base já construída. Uma possibilidade para maior amadurecimento do tema e a necessária coordenação da governança bioeconomia brasileira seria envolver a Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE) como coordenadora e agregadora das ações em curso. Os mecanismos de incentivo apresentados são experiências que podem ajudar a acelerar o desenvolvimento da bioeconomia. Importante destacar que o Brasil é um país bastante diverso e que uma abordagem mais ampla da bioeconomia pode favorecer a inclusão de mais atores trazendo maiores benefícios para a sociedade brasileira.

REFERÊNCIAS

BR&D BOARD – BIOMASS RESEARCH AND DEVELOPMENT BOARD. **The bioeconomy initiative**: implementation framework. Washington: BR& D Board, 2019. Disponível em: <https://biomassboard.gov/sites/default/files/pdfs/Bioeconomy_Initiative_Implementation_Framework_FINAL.pdf>.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de ação em ciência, tecnologia e inovação em bioeconomia**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2018.

BUENO, A. M. C.; TORRES, D. A. P. Governança, setores e Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em bioeconomia a partir do mapeamento de atores internacionais selecionados. *In*: TORRES, D. A. P. (Ed.). **Bioeconomia**: oportunidades para o setor agropecuário e para o Brasil. Brasília: Editora da Embrapa, no prelo.

CINGIZ, K. *et al*. A cross-country measurement of the EU bioeconomy: an input-output approach. **Sustainability**, 13 Mar. 2021.

COM "PATENTES VERDES", INPI acelera aprovação de "invenções sustentáveis". **Exame**, São Paulo, 20 abr. 2021. Disponível em: <https://exame.com/bussola/com-patentes-verdes-inpi-acelera-aprovacao-de-invencoes-sustentaveis/>.

DANTAS, A.; MASCARELLO, J.; SANT'ANA, N. R. Brazil's international cooperation in science, technology, and innovation in the context of the covid-19 pandemic. **Boletim de Economia e Política Internacional**, n. 27, p. 55-76, 2020.

EUROPEAN UNION. **Innovating for sustainable growth**: a bioeconomy for Europe. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, Unit F-Bioeconomy, 2012. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc0-4435-ba53-9570e47dbd51>.

_____. **Expert group report review of the EU bioeconomy strategy and its action plan**. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, Unit F-Bioeconomy, 2017. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/e5685a20-c9c9-11e7-8e69-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-51148419>.

_____. **A sustainable bioeconomy for Europe**: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated bioeconomy strategy. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, Unit F-Bioeconomy, 2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf>.

_____. Bioeconomy: research and innovation on the bioeconomy, funding, collaboration and job opportunities, projects and results, events and news. **European Union**, 2021. Disponível em: <https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/bioeconomy_en>. Acesso em 17 maio 2021.

FARCAS, A. *et al*. Food security during the pandemic and the importance of the bioeconomy in the new era. **Sustainability**, v. 13, n. 1, 2021.

FRISVOLD, G. B. *et al*. Understanding the U.S. bioeconomy: a new definition and landscape. **Sustainability**, v. 13, n. 4, 2021.

GALLO, M. E. The bioeconomy: a primer. **CRS Report**, 2021. Disponível em: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46881>.

GERMAN BIOECONOMY COUNCIL. **Bioeconomy policy**: update report of national strategies around the world. Berlin: Office of the Bioeconomy Council, 2018. Part III. Disponível em: <http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/GBS_2018_Bioeconomy-Strategies-around-the_World_Part-III.pdf>.

GIUDICE, F.; CAFERRA, R.; MORONE, P. Covid-19, the food system and the circular economy: challenges and opportunities. **Sustainability**, v. 12, n. 19, 2020.

GOLDEN, J. S. *et al*. **An economic impact analysis of the U.S. biobased products industry**: a report to the Congress of the United States of America. Washington: USDA's BioPreferred Program, 2015.

GUIMARÃES, R. Pesquisa translacional: uma interpretação. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 18, n. 6, p. 1731-1744, 2013.

KUOSMANEN, T. *et al*. **How big is the bioeconomy?** Luxembourg: European Union, 2020. (EUR 30167 EM). DOI: <10.2760/144526>.

LIER, M. *et al*. **Synthesis on bioeconomy monitoring systems in the EU Member States**: indicators for monitoring the progress of bioeconomy. Helsinki: Luke, 2018. (Natural Resources and Bioeconomy Studies, n. 38/2018).

NASEM – NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Safeguarding the bioeconomy**. Washington: The National Academies Press, 2020.

SILVA, M. F. O.; PEREIRA, F. S.; MARTINS, J. V. B. A bioeconomia brasileira em números. **BNDES Setorial**, n. 47, p. 277-332, 2018.

UNITED STATES. **National bioeconomy blueprint**. Washington: The White House, 2012. Disponível em: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/national_bioeconomy_blueprint_april_2012.pdf>.

_____. **Summary of the 2019 White House summit on America's bioeconomy**. Washington: White House, 2019a. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2019/10/Summary-of-White-House-Summit-on-Americas-Bioeconomy-October-2019.pdf>.

_____. Fiscal Year 2021 administration research and development budget priorities. **Executive Office of President**, Aug. 30, 2019b. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2019/08/FY-21-RD-Budget-Priorities.pdf>.

_____. Fiscal year (FY) 2022 administration research and development budget priorities and cross-cutting actions. **Executive Office of President**, Aug. 14, 2020. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/08/M-20-29.pdf>.

_____. White House. Tackling the climate crisis at home and abroad (Executive Order 14008 of January 27, 2021). **Federal Register**, v. 86, n. 19, Feb. 1, 2021. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2021-02-01/pdf/2021-02177.pdf>.

FOSTERING BOTTOM-UP COLLABORATIVE CONNECTIONS IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION: THE CASE OF BRAZIL-AUSTRALIA COOPERATION

Nanahira de Rabelo e Sant'Anna[1]
Cristina Elsner[2]

The purpose of this paper is to analyze the development of the cooperation between Brazil and Australia in science, technology and innovation (ST&I), as a unique collaboration resulting from a bottom-up strategy. Different from the cooperation approaches with other countries, with whom historical and cultural relations exist, it was built upon people-to-people linkages. Substantial partnerships between universities were fundamental to those linkages, fostering exchange programs and collaborative projects. They contributed to consolidate a critical mass among researchers, a condition expected by both countries' governments to move forward signing an international high-level political agreement, which is currently implementing its first Joint Committee. The paper describes both countries' institutional architecture, policy documents, agreements and exchange data, providing inputs for an exploratory analysis of their agenda and policy objectives for ST&I cooperation. It also demonstrates how people-to-people linkages can be fruitful when established in areas of common interest, such as water resources management, agriculture and tropical diseases, leading to an inevitable thickening of the ST&I cooperation. This analysis confirms the success of a bottom-up approach to ST&I cooperation in the pursuit of joint solutions for common challenges. When political will meets a strong scientific knitting and bilateral technical awareness, forthcoming results are expected to enhance strategic projects in areas of emerging importance. The expectation is to help policy makers comprehend the value of already existing partnerships, therefore stimulating innovative projects under the Brazil-Australia ST&I Agreement.

Keywords: international cooperation; science, technology and innovation; science and technology policy; Brazil; Australia.

PROMOVENDO CONEXÕES COLABORATIVAS *BOTTOM-UP* EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO: O CASO DA COOPERAÇÃO BRASIL-AUSTRÁLIA

O objetivo deste artigo é analisar o desenvolvimento da cooperação entre o Brasil e a Austrália em ciência, tecnologia e inovação (CT&I), como uma colaboração singular resultante de uma estratégia *bottom-up* (de baixo para cima). Diferentemente das abordagens de cooperação com outros países, com os quais existem relações históricas e culturais, foi construída a partir de vínculos entre pessoas. Parcerias substanciais entre universidades brasileiras e australianas foram fundamentais para essas articulações, promovendo programas de intercâmbio e projetos colaborativos. Elas contribuíram para consolidar uma massa crítica entre pesquisadores, uma condição esperada pelos governos de ambos os países para avançar na assinatura de um acordo político internacional de

1. PhD in the Postgraduate Program in Development, Society and International Cooperation at the University of Brasilia (PPGDSCI/UnB); and science and technology analyst of the Brazilian Ministry of Science, Technology and Innovation (MCTI). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4072-7250>. E-mail: <nanahira.rabelo@gmail.com>.

2. PhD in public policies, development and society at UnB; and manager for education and research of the Australian Government Department of Education Office in Mercosur. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7249-2946>. E-mail: <cristina.elsner@gmail.com>.

alto nível, que atualmente está implementando seu primeiro Comitê Conjunto. O artigo descreve a arquitetura institucional, documentos de políticas, acordos e troca de dados de ambos os países, fornecendo insumos para uma análise exploratória de sua agenda e objetivos de políticas para cooperação em CT&I. Também demonstra como as conexões entre pessoas podem ser frutíferas quando estabelecidas em áreas de interesse comum, como gestão de recursos hídricos, agricultura e doenças tropicais, levando a um inevitável adensamento da cooperação em CT&I. Esta análise confirma o sucesso de uma abordagem *bottom-up* para cooperação em CT&I na busca de soluções conjuntas para desafios comuns. Quando a vontade política encontra uma forte malha científica e consciência técnica bilateral, espera-se que os próximos resultados aprimorem projetos estratégicos em áreas de importância emergente. A expectativa é ajudar os formuladores de políticas a compreender o valor das parcerias já existentes, estimulando, assim, projetos inovadores no âmbito do Acordo de CT&I Brasil-Austrália.

Palavras-chave: cooperação internacional; ciência, tecnologia e inovação; política científica e tecnológica; Brasil; Austrália.

FOMENTANDO CONEXIONES COLABORATIVAS *BOTTOM-UP* EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN: EL CASO DE LA COOPERACIÓN BRASIL-AUSTRALIA

El objetivo de este artículo es analizar el desarrollo de la cooperación entre Brasil y Australia en ciencia, tecnología e innovación (CT&I), como una colaboración única resultante de una estrategia *bottom-up* (de abajo hacia arriba). A diferencia de los enfoques de cooperación con otros países, con los que existen relaciones históricas y culturales, fue construida a partir de vínculos entre personas. Las asociaciones sustanciales entre las universidades brasileñas y australianas fueron fundamentales para estas articulaciones, fomentando programas de intercambio y proyectos colaborativos. Contribuyeron a consolidar una masa crítica entre los investigadores, una condición esperada por los gobiernos de ambos países para avanzar en la firma de un acuerdo político internacional de alto nivel, que actualmente se encuentra implementando su primer Comité Conjunto. El artículo describe la arquitectura institucional, los documentos de política, los acuerdos y el intercambio de datos de ambos países, proporcionando insumos para un análisis exploratorio de su agenda y los objetivos de política para la cooperación en CT&I. También demuestra cómo se pueden establecer conexiones fructíferas entre personas en áreas de interés común, como gestión de los recursos hídricos, agricultura y enfermedades tropicales, lo que conduce a una inevitable profundización de la cooperación en CT&I. Este análisis confirma el éxito de un enfoque *bottom-up* para la cooperación CT&I en la búsqueda de soluciones conjuntas a desafíos comunes. Cuando la voluntad política se encuentra con una red científica fuerte y una conciencia técnica bilateral, se espera que los próximos resultados mejoren los proyectos estratégicos en áreas de importancia emergente. La expectativa es ayudar a los formuladores de políticas a comprender el valor de las asociaciones existentes, estimulando así proyectos inovadores en el marco del Acuerdo de CT&I Brasil-Australia.

Palabras clave: cooperación internacional; ciencia, tecnología e innovación; política científica y tecnológica; Brasil; Australia.

JEL: O38.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art8

Data de envio do artigo: 15/1/2022. Data de aceite: 5/3/2022.

1 INTRODUCTION

Brazil and Australia have a lot in common, from the enormous landmasses to the environmental challenges and multicultural societies, being the two biggest countries of the Southern hemisphere and among the six biggest in the world. Both countries play a central role worldwide in the production of energy, as agricultural exporters, in water and biodiversity conservation, in the development of financial technologies, as well as in public health and tropical medicine (Brasil, 2021b). Additionally, both the countries are part of international environmental agreements, such as Climate Change, Climate Change-Kyoto Protocol, Climate Change-Paris Agreement (CIA, 2022). Altogether, Brazilian and Australian researchers have gradually drawn attention to each other, recognizing similarities and complementarities in science, technology and innovation (ST&I), followed by the strengthening of trade and investment ties.

This bottom-up approach to ST&I cooperation differs from other countries' cases with whom Brazil has a long historical and cultural relationship, such as France, Germany and the United States.[3] It is also distinct to some top-down approaches, as are the cases of Japan, China and South Korea[4] (Brasil, s.d.; Fujita, Kwon and Fink, 2013). In the case of Australia, diplomatic relations were initially established in 1945, inaugurating new opportunities for Brazilian researchers to connect and learn about the other country particular features and strengths.

Since then both countries have a track record of cooperation and convergence in themes of common interest on multilateral forums, such as the United Nations (UN) forums, the Group of Twenty (G20) Summit Meetings and the World Trade Organization (WTO). However, it was just in the first two decades of the 21st century that both countries boosted bilateral cooperation in ST&I. A first Memorandum of Understanding (MoU) was signed in 2001 between the Brazilian Ministry of Science, Technology and Innovation (MCTI) and the Australian Department of Industry, with cooperation priorities oriented towards biotechnology, information and communication technology, space, mining and innovation policies. This agreement was followed by another MoU signed in 2005 between the

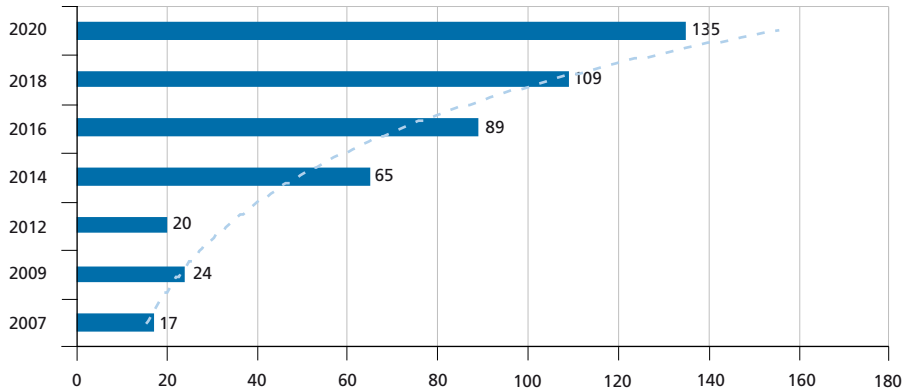
3. According to information from the Brazilian MCTI, partnerships with the United States, France and Germany were related to the establishment of ST&I institutions in Brazil in the 1950s, such as the National Council for Scientific and Technological Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq), the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes), the Institute for Pure and Applied Mathematics (Instituto de Matemática Pura e Aplicada – IMPA), the National Nuclear Energy Commission (Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN) and the Aeronautics Institute of Technology (Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA). The ST&I cooperation between Brazil and these countries are diversified, with strong historical and cultural linkages, and governed by many bilateral agreements (Brasil, s.d.).

4. The ST&I cooperation relations between Brazil and the three mentioned Asian countries are oriented by high-level joint commissions established under bilateral ST&I agreements (Brasil, s.d.). A study by Fujita, Kwon and Fink (2013) reveals that the largest share of ST&I activities with South Korea originate in the higher spheres of public administration, characterizing a top-down approach, while few initiatives arise from the bottom-up context.

Brazilian Ministry of Education (MEC) and the Australian Department of Education (Australia, 2021; Brasil, 2005; 2019; 2021c).

According to Universities Australia (2022), partnership agreements between Australian and Brazilian universities and research centers increased from 17 in 2007 to 135 in 2020,[5] as seen in figure 1. Data collected by Universities Australia in 2021 (appendix) reveals that within each Australian university there are several institutes and university's research centers collaborating with Brazilian universities, with special highlight to growing joint projects in the areas of agriculture, veterinary sciences, earth and environmental sciences.

FIGURE 1
Number of agreements between Brazilian and Australian universities



Source: Universities Australia (2022) and Dese International Education, 2020.

People-to-people links also grew rapidly, in spite of the difficulties associated with the physical distance and huge time zone differences. Many Brazilian higher education students look for opportunities in Australia, either to foster their academic experience, to participate in collaborative research projects or even to relocate themselves in the job market. In 2010, only 727 undergraduate students were enrolled in Australian universities and, in 2021, this number grew to 2,016 enrolments. The launch of Science without Borders program in 2011 marked a milestone in Brazil's international academic cooperation and Australia became the 5th most popular destination for students. Since then, even after the program termination in 2017, Brazil still remains in the top 10 countries that sends students to Australia (Castro and Gallangher, 2021).

5. The number of partnership agreements remained stable from 2018 to 2020, according to the Australian Department of Education, Skills and Employment (Dese), International Student Data, 2020. Available at: <https://bit.ly/3H9qMA3>. Accessed on: Jan. 13, 2022.

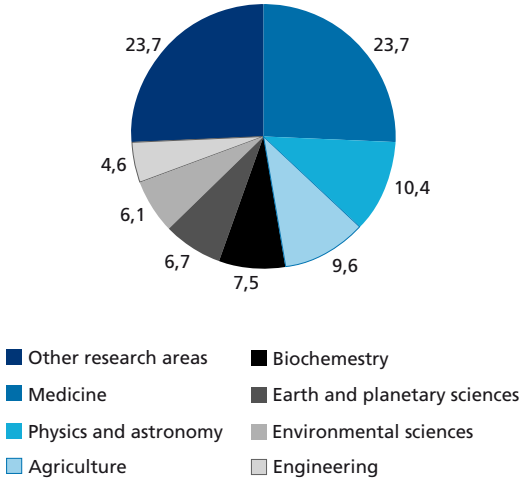
These accounts also consider students' enrolments in vocational education and training programs. In 2021,[6] there was a total of 16,601 Brazilians enrolled in Vocational Education and Training (VET) programs, the majority in areas related to management and commerce (Australia, 2021a; Universities Australia, 2022). Partly, one of the reasons for this observed growth in VET enrolments is the value placed on such diplomas and certificates for the purpose of working in Australia, facilitating individual registrations for work permits in the country, as well as necessary registrations for trade and commerce between both countries.

The increase in students exchange between Brazil and Australia can also be observed in the results of joint publication of scientific articles. According to the Scopus database, in 2020 there were only 97 collaborative scientific papers published by Brazilian and Australian researchers. In 2020, this number increased to 2,423 papers, sustaining the analysis of a mutual understanding and recognition of similarities and complementarities of joint research projects. The effect of international collaboration on Field Weighted Citation Impact, according to SciVal Platform, also increased when publications between Australian and Brazilian researchers are considered. In 2020 Brazil was Australia's 15th largest research partner globally and the largest research partner in Latin America, with a joint citation impact around 4.18. It represents an outstanding result if compared to 0.87 for Brazilians publishing alone and 1.58 for Australians publishing alone (McManus and Neves, 2021).

If considered the Brazilian positioning in the international scientific community, it can be said that Brazil has a relatively low level of international collaboration if compared to more developed countries. But if compared to the BRICS countries, Brazil has a higher level of participation (McManus et al., 2021). As per the Brazilian relationship with Australia, people-to-people linkages developed over the past decades are now showing a bigger result. According to the data produced by the Australian DESE, in regards to research snapshots,[7] in 2020 the top collaborating disciplines and research areas were medical and health sciences, engineering, biological sciences and physical sciences (Australia, 2020b). Figure 2 demonstrates how Brazil and Australia have been collaborating by subject area.

6. Available at: <https://bit.ly/3aOfu8t>. Accessed on: Jan. 13, 2022.
7. Available at: <https://bit.ly/3MznSWF>. Accessed on: Jan. 13, 2022.

FIGURE 2
Co-authored publications by subject area (2016-2020)



Source: SciVal Database. Accessed on: Oct. 28, 2021.

This significant growth in numbers related to higher education, science and research collaboration depicts the consolidation of a critical mass between Brazilian and Australian researchers. It reinforces the continuous growth in bottom-up cooperation ties among scientific and technological institutions from both countries, which led to the signing of the agreement between the government of Australia and the government of Brazil on ST&I, in 2017 (Brasil, 2021c).

The agreement reaffirmed the commitment of both countries to strengthen cooperation in the field of ST&I, in themes of mutual interest and benefit, by fostering a collaborative environment to innovation and the expansion of scientific knowledge capable to bolster economic growth. However, since the ratification process by the Brazilian Senate occurred only in 2021,[8] it is still pending the implementation of the Joint Committee for Cooperation in Science, Technology and Innovation, established by the referred agreement, to kick-off activities under the treaty.

2 METHODOLOGICAL APPROACH

This paper is based on primary sources of information, in the form of cooperation agreements in ST&I signed between Brazil and Australia, as well as documents referring to public policies of the two countries in these areas, obtained from databases and websites of governmental bodies of both countries. Other sources used were scientific articles and books on international cooperation in ST&I,

8. Available at: <https://bit.ly/3tpBqwX>. Accessed on: Dec. 19, 2021.

regarding the bottom-up and top-down approaches of international cooperation in ST&I. Documents and other references to specific cases of bilateral cooperation discussed in this paper, as individual and institutional initiatives that sustained a bottom-up approach to the cooperation between Australian and Brazilian researchers, were also used.

The paper is organized into three chapters, in addition to the introduction and the final considerations. The first chapter presents a historical overview of the bilateral cooperation in ST&I, developed from people-to people linkages to the signing an international high-level political agreement. In the second chapter, cases of partnerships carried out by institutions from governmental, academic and private sectors of both countries, exemplify the development of bottom-up relationships between the scientific communities and institutions which led to an inevitable thickening of the ST&I cooperation. The third chapter addresses characteristics of the Brazilian and Australian ST&I systems and policies, highlighting guidelines and priorities for international cooperation in both countries' ST&I policies, with a view to the implementation of the Joint Committee.

Written in a descriptive and exploratory style, the paper has the central hypothesis that ST&I cooperation between Brazil and Australia was built upon people-to-people and institution-to-institutional linkages, which characterizes a bottom-up approach to public policies. These individual linkages not only allowed the development of mutual understanding of both countries research community, but led to the signature of a national framework for cooperation in ST&I. The individual cooperation cases analyzed sustain the hypothesis, making the case of Brazil and Australia a unique case for political analysis.

3 A BOTTOM-UP COOPERATION STRATEGY BUILT UPON PEOPLE-TO-PEOPLE LINKAGES

International collaboration has become central to tackle global challenges, such as climate changes, water management, sustainable development as well as tropical diseases epidemics. These are globally recognized problems that require countries to work together to find innovative solutions. Either due to financial constraints, infrastructure and technological requirements, technical staff expertise, time pressure or even undesired socioeconomic impacts, the fact is that countries need to come together in order to face these challenges.

International relations focused on ST&I cooperation can be built upon interactions between national states, following strategies established by high-level political actors, as a top-down perspective. They can also be developed from individual initiatives arising from academic, applied research or business institutions, in which case activities emerge from common interests and needs of

two or more countries, regarded as a bottom-up approach (Wagner, 2002; Cruz Junior, 2011; Fujita, Kwon and Fink, 2013). Despite the importance of guidelines, priorities and activities defined at the governmental higher levels, or the lack of national frameworks for ST&I agreements, it is nowadays understood that modern science and research are increasingly being built on collaborations that surpass national borders, political divergences and socioeconomic conditions.

Cooperation in ST&I has expanded in the general framework of relations between Brazil and Australia, in the last two decades, including federal and state institutions, universities and research centers, as well as the private sector. Having been initiated from a bottom-up approach, pushed by joint research projects implemented by scientists from both countries, these partnerships have gained political relevance since 2001. However, it was from 2010 onwards that there was a boost in the high-level engagement,[9] when an Enhanced Partnership Agreement between Brazil and Australia was signed, further raised to a Strategic Partnership in 2012 (Australia, 2021c).

On February 13rd, 2001, the Ministry of Science and Technology of Brazil and the Department of Industry, Science and Resources of Australia signed a MoU in order to establish a joint science and technology cooperation program, when the following priority areas were defined for cooperation: biotechnology, information and communication technology, space, mining and innovation policies.[10] Nevertheless, the instrument presented limited results to promote coordination and the deepening of bilateral cooperation in science and technology. At the time, the Australian side resisted the conclusion of a bilateral agreement, advocating rather for the establishment of greater critical mass between Brazilian and Australian entities in the technical, technological and scientific areas (Brasil, 2019).

On April 24th, 2005, the governments of both countries signed the MoU for Cooperation in Education and Training, which was revised under the MoU between Brazil and Australia for the establishment of an Enhanced Partnership, signed on September 21st, 2010, with a view to reflecting priority updates. The areas of mutual interest under the Enhanced Partnership included science and technology, academic collaboration, as well as vocational education and training (Brasil, 2005; 2010).

Provisions related to science and technology defined that the governments of both countries would "pursue the conclusion of a Framework Agreement on Science and Technology" and "explore the possibility of developing common projects of research and development, in areas such as Agriculture, Mining,

9. Available in: <https://bit.ly/3H7hgNV>. Accessed on: Feb. 28, 2022.
10. Available at: <https://bit.ly/3mqCsoK>. Accessed on: Dec. 19, 2021.

Energy, Biotechnology, Nanotechnology and Space Sciences". For its turn, provisions related to higher education and vocational education and training indicated that the relations promoted under the MoU signed in 2005 "will be further developed by the governments of both countries by participation in activities oriented towards exchange of knowledge and experience which foster the achievement of common goals" (Brasil, 2010, p. 3-6).

Encouraged by the positive results of the Enhanced Partnership, Brazil and Australia raised their relations to the level of Strategic Partnership on June 21st, 2012, on the occasion of the United Nations Conference on Sustainable Development (Rio+20). In the Joint Statement of the Strategic Partnership, both countries reiterated and added new interests to those already identified in previous bilateral instruments, diversifying and boosting the establishment of partnerships between higher education institutions in both countries. Whereas it provided for more ambitious goals in areas where the relations achieved positive results, such as academic collaboration, the document maintained the goal of reinforcing some areas of incipient progress, such as joint scientific and technological projects. The number of official partnerships between Australian and Brazilian universities rose rapidly, following the growing interest of both countries in combining efforts for scientific research (Pfeiffer, 2017; Brasil, 2019).

On July 3rd, 2015, the Australian government Dese and the Brazilian MEC signed the MoU on Education, Research and Vocational Education and Training. Cooperation between countries included policy dialogues and exchange of information in areas of mutual interest, as well as fostering linkages between higher education, science and research, and vocational education and training institutions. Through this framework, collaborative academic programs, exchange of students, academics and researchers, conferences and symposia, and even exploratory joint projects have been implemented (Australia, 2015a).

In the Joint Statement regarding the Strategic Partnership between Brazil and Australia it was welcomed "the planned signature of the Agreement on Cooperation on Science, Technology and Innovation, which will support and enhance collaboration among research institutions and industries from both countries" (Brasil, 2012). Finally signed on September 7th, 2017, and recently enacted by Decree No. 10,772/2021, the agreement supports bilateral approximation efforts in ST&I and systematizes understandings already signed between universities and research institutions in both countries. The implementation of the agreement will be carried out by implementation protocols and by the Joint Committee for Cooperation in Science, Technology and Innovation (Brasil, 2018; 2019; 2021c).

4 CASES OF BOTTOM-UP COLLABORATIVE RESEARCH PROJECTS BETWEEN BRAZIL AND AUSTRALIA

As presented in the previous section, even before the Agreement for Cooperation on Science, Technology and Innovation between Australia and Brazil was ratified by the Brazilian Congress, in 2020, several shared research projects between Brazil and Australia, particularly in key industry sectors and related to science, technology, engineering and mathematics (STEM) development capabilities, were recipients of funds from both countries. The lack of a bilateral framework agreement for cooperation in ST&I did not hold back the establishment of key partnerships for collaborative research between Brazilian and Australian federal and state institutions, universities and research centers, or even private institutions from both countries.

Innumerous initiatives paved the way to the signing of a high-level political agreement, which is currently at the phase of discussing its first Joint Committee for Cooperation in Science, Technology and Innovation between Brazil and Australia. Several motivations can be highlighted when analyzing these initiatives. In some cases, federal institutions partnered after identifying a common interest on a multilateral forum. At the state level, similarities in the economic sectors or shared sustainable development challenges were observed at the core of a bilateral partnership. In the case of private sector partnerships, trade and commerce opportunities, as well as scientific-technological complementarities, were the driving forces behind these linkages. And in regards to universities and research centers networks, some of the motivations related to attracting and developing students and researchers' global competencies.

As a result of these initiatives, not only an inevitable thickening of the ST&I cooperation among researchers could be seen, but also a growing number of international collaborative research networks engaging Brazilian and Australian experts in several research areas. Through these networks, chief researchers from both countries' institutions could explore similarities and complementarities in ongoing research initiatives, and even expand their geopolitical perspectives and scientifical influence in the adopted paradigm for addressing a local problem.

4.1 Embrapa-CSIRO

In the agricultural sector, the Brazilian Agricultural Research Corporation (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa) and the Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) first signed an MoU in 2010,[11] with the goal to establish an enhanced partnership for scientific and research cooperation between both agencies. By supporting institution-to-institution and

11. Available at: <https://bit.ly/3NZK7Gf>. Accessed on: Feb. 28, 2022.

researcher-to-researcher linkages, the political intention was to create opportunities for researchers with common challenges and expertise to meet. This agreement was renewed in 2019,[12] prioritizing the semiarid region as a cooperation theme, since the development of pastures for the region subjected to limited rainfall is a major challenge in both countries (Marsicano, 2019).

Additionally, due to climate and geographic similarities between Brazil and Australia, this initiative opened the opportunity for at least 20 research units from Embrapa to cooperate with Australian research institutions in topics related to plant and animal breeding, irrigation and water resource management, animal health, with emphasis on disease control, integrated insect management with emphasis on biological control, and environmental rehabilitation and ecosystem services. Agricultural innovations are driving improvements in productivity, profitability, sustainability, aquaculture, horticulture and the food industry. Based on the concept of participative and integrated partnerships, this latest agreement aimed at bringing together both countries experts to jointly explore beneficial solutions to the community, industry and the academia (Marsicano, 2019).

The case of cooperation between Embrapa and CSIRO is a unique case, as it refers to a strategic collaboration between two major national scientific research agencies governed as a network of institutes. This network-to-network partnership is considered a milestone in both governments high-level political sphere, central to pursue the conclusion of a framework agreement on science and technology between Australia and Brazil, as it demonstrates the mutual benefits from shared research projects in one of the main economic sectors for both countries trade balance – the agricultural sector.

4.2 ITV-CSIRO

Another singular case of bottom-up collaboration between Brazil and Australia refers to the partnership connecting CSIRO and the Vale Technological Institute (Instituto Tecnológico Vale – ITV).[13] One of the few international collaborative research projects engaging a Brazilian industry partner, the CSIRO and ITV joint project was implemented in the Australian state of Tasmania and the Brazilian state of Para.[14] The goal was to monitor the bees' behavior, by attaching a micro-sensor at the bees' backs, in order to assess the influence of pesticides use and severe climate events in the environmental sustainability of both monitored states (Ereno, 2014).

A Brazilian researcher based in Australia and working at CSIRO data 61 institute was ahead of this project titled "bees with backpacks". The micro-sensing technology

12. Available at: <https://bit.ly/3H3dF3v>. Accessed on: Jan. 14, 2022.
13. Available at: <https://bit.ly/3MA2fFz>. Accessed on: Feb. 28, 2022.
14. Available at: <https://bit.ly/3H5zn6W>. Accessed on: Feb. 28, 2022.

developed allowed tracking bees on the territory, how far they traveled and the time they spent away from the hive. The results allowed researchers to analyze the effects of pesticides, air pollution, climate conditions and even mining operations on the movement of the bees and their ability to pollinate, which is a basic condition for environmental sustainability of monitored regions (Ereno, 2014).

4.3 ANA-DFAT

In the water management research area, the Brazilian National Water Agency (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA) and Australian Department of Foreign Affairs and Trade (DFAT) signed an MoU, providing an important framework for technical cooperation between countries on water scarcity and the efficient management of water resources. Signed between federal institutions of both countries, this MoU actually aims at sustaining and fostering research collaboration among universities in Australia specialized water research, gathered under the Australian Rivers Institute Network, and ANA research staff. Australia has targeted a niche research expertise of drought management organized under the Australian Water Partnership. Established in 2015, this partnership gathers a network of researchers in Australia and internationally. Since Brazil and Australia have areas that are well-known for their dry climates, such as northeast Brazil and the desert regions in Australia, both countries have joined efforts to exchange scientific knowledge and discoveries in this field of research (Teixeira et al., 2021).

This MoU already produced other tangible outcomes, including the establishment of the Tropical Water Research Alliance (TWRA)[15] to foster connections between Brazilian and Australian academics and researchers, and the delivery of distance learning on Problems and Solutions for Water Basin Management by the Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo (IFSP). Through the Brazilian TWRA, comprised of 10 Brazilian states research groups, several specialized cycles of webinars were developed since 2020, with the participation of Australian researchers, allowing an integrated participation of members from the scientific community, public authorities, productive sector as well as civil society in the discussions of sustainable water management and current environmental crisis faced by both countries.

4.4 Confap-Dese

More broadly regarding the research fields, after a two years negotiation between the Australian government Dese and the Brazilian National Council of State Funding Agencies (Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa – Confap), a research collaboration MoU was signed in 2020. The

15. Available at: <https://www.thetwra.org/>. Accessed on: Jan. 14, 2022.

main objectives of this MoU are to promote international awareness in Australia and Brazil of each other's research capabilities, as well as to identify and nurture international cooperation opportunities and partnerships between Australian and Brazilian researchers and institutions. It also paves new ways for these researchers to access both countries' expertise, research funds and infrastructure, nationally and internationally, in areas of common interest (Confap…, 2021).

As a result, the first Australia–Brazil Virtual Research Collaboration (VRC) on the topic of covid-19 (Confap…, 2021) was implemented in 2021. The VRC highlighted some health-related and covid-19 research collaborations already in place between experts from Australia and Brazil, providing a forum to strengthen people-to-people existing collaborations. It also imparted opportunities for experts to network, explore and develop new joint research, thus leading to a broader institution-to-institution partnerships. The initiative counted with the support of the Australian Academy of Science (AAS) and the Brazilian Academy of SSciences (Academia Brasileira de Ciências – ABC) (Confap…, 2021). Despite the relevance of this initiative and its promising results, it is still early to assess concrete achievements.

4.5 Parana state-Victoria state

Regarding state-to-state collaborations, the case of Parana state in Brazil and the state of Victoria in Australia is a unique benchmark of research collaboration between both countries sub-national political entities. With activities implemented under a bilateral MoU since 2016,[16] several universities agreement have been fostered successfully, including the opening of two rounds of bilateral funding for university-led joint research projects with the support of Fundação Araucária (Assessoria de Comunicação da Seti, 2015).

Under these funding opportunities, some key results were observed, such as the La Trobe University and the State University of Maringa initiative in incorporating ecosystem goods and services into water management. Another outcome refers to the La Trobe University, the Federal University of Paraná and the State University of West Paraná initiative on capacity building for primary care responses to domestic violence in regional Brazil. And there is also the Swinburne University, Deakin University and the Federal University of Paraná project on low-cost sensors for water quality control. It is important to highlight that this last project is developed in partnership with Paraná Sanitation Company (Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar), the water supply and sewage treatment company at Parana state, which partnered with national and international researchers, through the Fundação Araucária MoU with Victoria state, in order to solve its operational challenges of improving the water quality control (Assessoria de Comunicação da Seti, 2015).

16. Available at: <https://bit.ly/392Za30>. Accessed on: Jan. 14, 2022.

4.6 Australia-Brazil-Chile network of regenerative medicine

In the São Paulo state, there is also a unique research partnership established between São Paulo Research Foundation (Fapesp) and the Australian Regenerative Medicine Institute at the Monash University (Famous…, 2021), from the state of Victoria in Australia (Famous…, 2021). The Fapesp-Monash University Collaboration Seed Program (Famous)[17] aims to provide matching funds for collaborative projects on health sciences and regenerative medicine related themes. Considering the need to provide a platform for further post-pandemic scientific engagement, the program encouraged collaborative activities with minimal travel expenditures and more prominent online collaboration activities (Fapesp, 2021).

In 2021 around 100 medical researchers could connect and establish in-depth network with matching partners from Australia, Brazil and Chile. The ABC Network demonstrates that international collaboration is critical in key areas, such as biomedical research and health sciences, as this theme is a global endeavor and the outcomes from these researchers have global impacts in improving the quality of life of patients (Fapesp, 2021). Cross-country and cross-cultural partnerships allow different perspectives on the same subject to be considered, catalyzing creativity, innovation and new ways of approaching the same issue.

4.7 Unesp-UQ

Still in São Paulo, there is a singular strategic partnership in place between the São Paulo State University (Universidade Estadual Paulista – Unesp) and the University of Queensland (UQ) in Australia (Castro and Gallangher, 2021). This is a case of a bilateral university agreement focused on setting tactical partnerships at the centre of the internationalization strategy. Rather than expanding the number of international partners, both universities decided to analyse each other strengths and complementarities in order to consolidate in-depth research and academic cooperation.

With the aim to develop student's global competencies and further internationalize its research capabilities, Unesp partnered with UQ to redefine the learning outcomes of its courses and programs, as well as to pursuit global excellence in research. By supporting international collaborative research networks and alliances, through which mobility of various academics and researchers' cooperation actions are supported, both universities intend to expand their impact in global science and research. A major outcome of this partnership is the expansion of the Global Research Alliances, in the areas of tropical agriculture and forest production systems, animal production, and bioeconomy. Another outcome refers to the establishment of the Global

17. Available at: <https://bit.ly/3Qd2b1u>. Accessed on: Jan. 14, 2022.

Bioeconomy Alliance, in a triple partnership between Unesp, UQ and the Technical University of Munich in Germany.[18]

Overall, UQ currently maintains only eleven agreements with ten research and higher education institutes in Brazil, including the Fapesp.[19] UQ case shows that Australian institutions are being selective when partnering with Brazilian institutions, by choosing partners that can help strengthen the university profile to deliver globally significant research, as well as support the creation of meaningful international research networks.

4.8 PUCRS Center of Internationalization of Education Brazil-Australia

Finally, another case to be highlighted is the establishment of the Center of Internationalization of Education Brazil-Australia, in partnership with the School of Humanities of the Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul (PUCRS). Conceived to become a hub in Latin America of the ioc.global[20] movement, the center counts with the support of Dese, the Australian embassy in Brazil, as well as partner universities such as Curtin University and La Trobe University. It has been structured to advance principles and practices of internationalization at home in the Latin-American region. For that purpose, some of the mechanisms utilized are the promotion of transnational education, the fostering of the bilateral partnership using existing people-to-people and researcher-to-research links, and the building sustainable academic activities, including the implementation of virtual research matchmaking between both countries' academics[21] (Faria and Cassol, 2021).

The center can be pitched as a result of the Australia-Americas PhD Research Internship Program, implemented by the Australian government Dese, from 2017 to 2020, in partnership with the Brazilian network of the Pontifical Catholic Universities (PUCBR Network) and with the support of the AAS. The Internship Program shares the same principles and understanding explored by Mitchell (2021) that shorter student mobility programs, with up to three months of international experience, is sufficient to break down cultural barriers, foster global networks and allow researchers to know better each other work in order to develop collaborative research projects. Whether the aim is the development of

18. Available at: <https://bit.ly/3tqeQEE>. Accessed on: Jan. 14, 2022.

19. Available at: <https://bit.ly/3xjMP2K>. Accessed on: Feb. 28, 2022

20. The internationalization of the curriculum (IoC) movement is a volunteer movement that gathers researchers and professors from across the globe. It began as an outcome of Betty Leask's Australian Government-funded National Teaching Fellowship in 2010-11 entitled "Internationalisation of the Curriculum in Action". In 2013-14, the work of the fellowship was extended with further support from the Australian Government's Office of Learning and Teaching. The second project, "Embedding the IoC in Action Framework", led by Craig Whitsed and Wendy Green, produced additional resources that support the process of internationalising the curriculum within whole degree programs. Detailed information and resources can be accessed on: <www.ioc.global>.

21. Available at: <https://bit.ly/3tu68oG>. Accessed on: Feb. 28, 2022.

institutional partnerships with key international partners, or the strengthening of collaborative networks with members from different countries, the fact is short-term mobility is enough to establish deep connections, and for that purpose the selection process of candidates must considers this intended outcome from the beginning (Faria and Cassol, 2021).

Since its establishment, the center has been beneficiary of Australian grants to implement its activities. In 2021, a grant from the Council on Australia Latin America Relations (Coalar)[22] was approved for a joint partnership between the PUCRS center and Curtin University to develop higher education faculty and staff capabilities to internationalize the curriculum, by using an internationalization of the curriculum (IoC) framework adapted to the Latin American cultural and institutional environment. This initiative, though led by two institutions only, was based on the mobilization of a Latin-American network of experts in IoC. Overall, 42 experts from 8 countries in the region have been mobilized to build and validate the framework, based on the Australian IoC framework (Australia, 2021d).

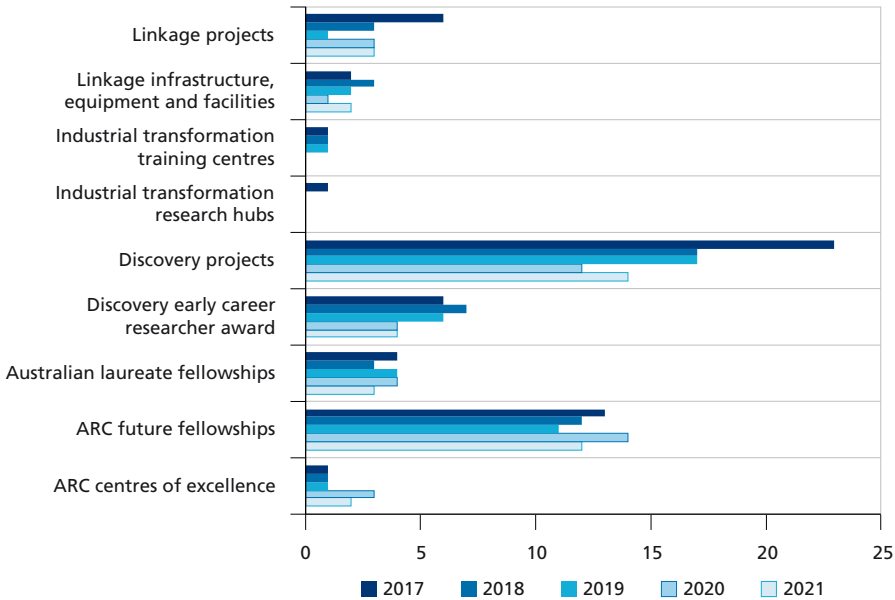
4.9 Additional remarks

As discussed in the cases above presented, Brazil and Australia have been gaining space in the global science and research scenario by joining strengths and capabilities. By working in solidarity, sharing knowledge and expertise, converging resources and infrastructure, researchers can contribute to creating innovative solutions. Australia is responsible for around 4% of all scientific contributions to the international community, many of which were materialized due to international collaboration, including Brazil. Figure 3 details the types of partnerships established between Brazilian and Australian researchers, from 2017 to 2020, according to the intent of each funding scheme.

Discovery projects and awards, as well as laureate and future fellowships, are funding schemes oriented towards the recognition of the importance of fundamental research to the innovation system. They aim to strengthen capability in fundamental research that may lead to innovative ideas, creation of jobs, economic growth and an enhanced quality of life. Linkage projects and grants, for infrastructure, equipment and facilities, refer to funding schemes aimed to encourage and extend cooperative approaches to research and improve the use of research outcomes. They also promote international research partnerships between researchers and business, industry, community organizations by strengthening links within Australia's innovation system and with innovation systems internationally.

22. Available at: <https://bit.ly/3NwjVTD>. Accessed on: Jan. 14, 2022.

FIGURE 3
New and ongoing Australian Research Council (ARC) funded projects collaborating with Brazil



Source: ARC Grants and Funding. Accessed on: Nov. 18, 2021.

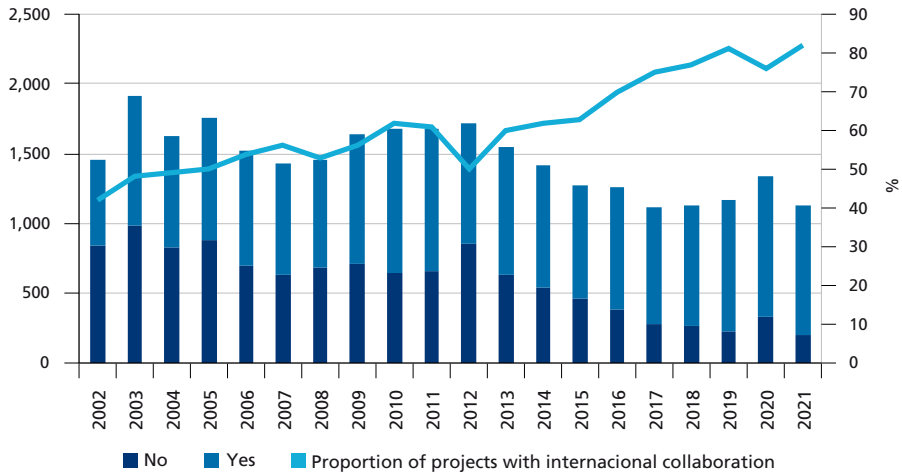
In general, grants related to discovery phases of the research and innovation, as well as fellowships, are the entry door for researchers to explore and connect with new international partners. Once this initial phase of analyzing and comprehending each other strengths and capabilities, the next phase is the submission of a project proposal for linkage projects or even for a joint collaboration under an Australian Center of Excellence or Industrial Transformation Hub. This is the reason why, in this 5-year period portrayed in figure 3, a decrease in the number of Brazilian researchers participating in discovery projects and awards can be observed. Additionally, one of the conditions to plead for next phases of the projects is to have a business, industry or community organization as a partner or direct beneficiary.

According to data from the ARC,[23] in around 60% of the research projects funded by the council under global competitive grants, aimed at brokering partnerships between researchers, industry and the private sector, close to 80% of the activities are implemented in collaboration with international partners (Australia, 2022). Figure 4 demonstrates the growth over the past two decades in the international collaboration arrangements made by Australian researchers

23. Available at: <https://bit.ly/3MqbrfG>. Accessed on: Jan. 13, 2022.

to engage with global partners in joint applied research for industry and private sector projects.

FIGURE 4
International collaboration on ARC-funded projects



Source: ARC Grants and Funding. Accessed on: Nov. 18, 2021.

In this case, it is important to notice that Brazil represents only 1% of the international collaboration in joint research projects funded by the ARC, in collaboration with industry and private sector partners. Despite the sustained growth in people-to-people linkages, institutional partnerships among universities and research centers, and even between governmental institutes, the engagement of ST&I between Brazilian and Australian researchers still lacks arrangements to bring industry and the private sector closer. Hence, this data points out to a new window of opportunity for Brazilian and Australian researchers to explore industry and the private sector collaboration in ongoing ST&I agreements and partnerships.

5 BRAZIL AND AUSTRALIA SYSTEMS AND STRATEGIES FOR INTERNATIONAL COOPERATION IN ST&I

In light of the historical record presented above, and with a view to the upcoming implementation of the Joint Committee, it is relevant to briefly discuss each country's national system of ST&I, including their actors, priority areas, main goals and general indicators, as well as both countries' strategies for international cooperation in these fields.

Brazil and Australia are countries that share a relevant similarity in its political organization as Federative States. State organizations have a strong influence in shaping public policies' design and implementation strategies, contributing to

their effectiveness. Federative systems are characterized by the union of political entities, typically found under democratic regimes, with the aim to organise the management of a national territory with shared responsibilities. However, some varieties in the Federative models must be bear in mind, in special regarding the autonomy of states and the political-administrative organization of the federal government, in order to understand specific characteristics of both countries ST&I systems and strategies.

In Brazil, the creation of the Union resulted from the independency process after an imperial period, resulting in a disaggregation process when creating the states. As a result, the political-administrative organization in Brazil is far more centralized than in Australia, where states have a larger share of legislative attributions and a bigger autonomy to shape the implementation of national policies (Arretche, 1996; Farah, 2001; Abrucio, 2010). In Australia the formative process of the federal entity – the Commonwealth – occurred through the aggregation of pre-existing colonies, which led to a bigger autonomy of states under the federative pact (Aroney, 2009).

In spite of the decentralization resulted from the Administrative Reform of the 1990's, Brazil remains as a highly centralized federative government in which the federal government maintains a certain prominence in the process of designing and implementing national policies. The centralization process in Brazil is materialized in the creation of national systems, plans and programs with incentives for adherence combined with conditionalities and specific requirements that reduces states' autonomy in the design and implementation of public policies. Whereas in Australia, the Commonwealth exercises a conciliatory role in the dialogue and convergence of the states' positions in propositions of national policies, as does the "National Cabinet". However, the legislative centre and responsibility for the effective application of public policies remain as a core responsibility of the states, who are accountable for its outputs and outcomes.

5.1 Brazilian system of ST&I

The Brazilian National System of Science, Technology, and Innovation (Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovações – SNCTI) is composed by political actors from the Executive and Legislative branches in the federal, state, and municipal levels, and by research associations, business and union representations, as well as by funding agencies and operators of the system, such as universities, research institutions, innovative companies and science and technology parks (Brasil, 2016).

Political actors such as the MCTI, coordinator of SNCTI, the Brazilian Confap and the ABC are responsible for the definition of strategic guidelines for the system's initiatives. Funding agencies such as the Brazilian CNPq, the

Capes, the Funding Agency for Studies and Projects (Financiadora de Estudos e Projetos – Finep) and the Brazilian Company of Research and Industrial Innovation (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial – Embrapii) manage instruments which allocate public resources in order to enable the implementation of decisions taken at the federal level.

According to the National Strategy of Science, Technology and Innovation (Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – ENCTI) 2016-2022, Brazil has stood out in several ST&I sectors due to large investments made in recent years with the objective of accelerating the country's scientific and technological development. Research and development (R&D) investment increased from R$ 12.5 billion to R$ 79.9 billion in the period of 2000 to 2018. In the majority of those years, most of the R&D investment was made by the public sector. Nevertheless, the resources invested in 2018 corresponded to only 1.14% of the country's GDP, far from the goal of 2% established by ENCTI (Brasil, 2016; 2022).

Nonetheless, ENCTI recognizes the weakening of the main Brazilian public instrument for funding ST&I activities, the National Fund for Scientific and Technological Development (FNDCT), in the last decade. A significant portion of FNDCT resources has been allocated as a contingency reserve – in 2021, it was approved the allocation of only R$ 534 million from the nearly R$ 5.6 billion that composed the fund (Andrade, 2021). More recently, in February 2022, the federal government announced the allocation of resources derived from a release in the blocked funds, an amount of almost R$ 1 billion, for the development of research, payment of scholarships and other actions in different areas, such as biotechnology, internet of things, agriculture and health (Brasil, 2022a).

In the period 2015 to 2020, Brazil maintained the 13th position in the global production of research publications, when around 372,000 articles were produced with the participation of at least one author linked to Brazilian institutions. In 2020, the Brazilian share reached 3.2% of world production. The research areas with the highest number of indexed articles in the period 2015-2020, according to the classification used by Web of Science (WoS), were engineering, chemistry, agriculture, and environmental sciences and ecology. The area of parasitology stands out among the research areas of global scientific production with the highest relative participation of Brazilian institutions – 15.5% of all production had the participation of an author linked to a Brazilian institution. The following areas are tropical medicine (14.3%), dentistry (12.9%), agriculture (11.1%) and forestry (11.1%) (CGEE, 2021).

Despite the prominence of Brazilian science, the country is ranked in lower positions in innovation indicators. Brazil was ranked 57th out of 132 countries in the Global Innovation Index (GII) published in 2021, improving by five positions

and achieving its best rank since 2012. The country was also ranked 11th in the upper-middle income group and 4th in Latin America and the Caribbean, after Chile, Mexico and Costa Rica (Dutta, 2021).

With the aim of placing the country among the top 20 positions of GII, the Brazilian government launched the National Innovation Policy in 2020, which was the precursor of the National Innovation Strategy initiated in 2021,[24] composed of initiatives representing the main points that demand attention in the form of public policies. International partnerships are mentioned in several of the listed initiatives, related, for example, to managing R&D infrastructure and innovation environments, raising foreign financial resources for research, development and innovation (RD&I) and attracting students, young talents and researchers from abroad (Brasil, 2021a).

ENCTI provides that the following subjects are considered as strategic areas for the Brazilian scientific and technological development: aerospace and defense, water, food, biomes and bioeconomy, social sciences and technologies, climate, digital economy and society, energy, strategic minerals, nuclear, health, and converging and enabling technologies (Brasil, 2016). These strategic areas are at the core of the debates with Australia regarding the implementation of the agreement between Brazil and Australia on ST&I.

Brazil has made continuous efforts of international cooperation in order to strengthen the SNCTI, with a view to achieving the country's goals of sustainable economic and social development. The last two decades has seen a considerable expansion of Brazil's international cooperation in ST&I, following the country's greatest projection on the international scene, in the political, economic and cultural levels. Based on ENCTI guidelines, efforts were made to complement national capacities through international cooperation activities and projects (Brasil, s.d.).

ENCTI establishes that the expansion, consolidation and integration of SNCTI shall be promoted by strengthening its five fundamental pillars, briefly named as research, infrastructure, financing, human resources and innovation. Priority actions associated to three of those pillars refer to international cooperation strategies: the pillar of "fostering basic scientific and applied research" includes the priority action of "encouraging international cooperation with leading countries and institutions in strategic areas"; the "modernization and expansion of the ST&I infrastructure" pillar mentions the action of "strengthening and implementation of national multi-user centers and laboratories in strategic areas, including in cooperation with global R&D centers"; and the pillar of "training, attracting and maintaining human resources" incorporates the action of "encouraging

24. Available at: <https://bit.ly/3mtn3Ux>. Accessed on: Jan. 13, 2022.

international mobility programs (…) at Masters and PhD levels, particularly by means of cooperative projects in strategic areas" (Brasil, 2016, p. 73-80).

5.2 Australian system of ST&I

Regarding Australia's ST&I system, and similar to Brazil, there are political and scientific actors both at the federal and state levels. The Australian Government Department of Industry, Science, Energy and Resources (Dieser)[25] take the lead on national policies and initiatives aimed at growing the Australian economy, develop its scientific and technological competencies, and improve the industries' capabilities. Key policy agendas refer to astronomy and space programs, renewable energy and the hydrogen industry, climate change and greenhouse emissions, as well as digital transformation and blockchain technology. Also among the science and research priorities there are transport, soil and water, food, health and natural resources (Australia, s.d.).

The Australia's National Science Statement,[26] dated from March 2017, recognizes science as fundamental to a sustainable economic growth and social wellbeing, setting a long-term approach to achieving a strong science system. It also positions the government to respond to the science elements of the 2030 Strategic Plan. The statement[27] provides guidance for government investment and decision making, including criteria such as encouraging and supporting collaboration across disciplines, sectors and internationally, and ensuring scientific research investment is focused on high-quality research, assuring it is stable and predictable. It also orchestrates Dieser engagement with the educational agenda from the Dese, by reinforcing the role of the universities to undertake activities along the spectrum from basic to applied research, across all disciplines, and assuring that the National STEM School Education Strategy 2016-2026 is taking action to lift foundational skills in STEM learning areas (Australia, 2017a; 2017b).

In regards to the international collaboration in ST&I, Dieser guidelines and the National Science Statement both target at increasing cooperation, connecting researchers, businesses and entrepreneurs to capitalize on strengths and complementarities of capabilities, and also further develop and commercialize innovative products and services. Through treaties and initiatives such as the National Innovation and Science Agenda's Global Innovation Strategy, Australia strengthens and expands its strategic international ST&I partnerships. Among the adopted strategies under the national plans, there are collaboration between

25. Available at: <https://bit.ly/3NOpZr7>. Accessed on: Feb. 28, 2022.
26. Available at: <https://bit.ly/3xe9a1p>. Accessed on: Feb. 28, 2022.
27. Key points from the Australia's National Science Statement are available at: <https://bit.ly/3NNUu0l>. Accessed on: Feb. 28, 2022.

individual scientists, research institutions and networks, and businesses. The government also encourages two-way mobility of scientists and researchers, from early to mid-career researchers to senior researchers, by supporting highly skilled scientists to work in and collaboratively with Australia.

The Australian government investment in research, science and innovation has grown considerably in recent years, from AU$ 6.6 billion in 2006-2007 to AU$ 10.1 billion in 2016-2017,[28] including direct support for research centers, universities, private sector business R&D, and multi-sector funding (Australia, 2015b). Announced in December 2015, the National Innovation and Science Agenda (Nisa)[29] committed AU$ 1.1 billion over four years to complement a broader government investment in science, innovation and research (Australia, 2015b). In 2020-2021 the budget allocated increased to approximately AU$ 11.9 billion. Australia's overall investment in R&D, as a percentage of GDP, ranks 15th out of 33 Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries, plus China, Taiwan and Singapore. The country also ranked 25th out of 132 countries in the GII published in 2021.

The Nisa agenda embraces critical areas in ST&I that are priorities for the federal government to power the country's economy and productivity. Along with advice from the chief scientist and bodies such as the Commonwealth Science Council and Innovation and Science Australia, Dieser works in coordination with key stakeholders to set a target for the National Science and Research Priorities, as well as systematizes the countries' strengths and gaps in its scientific capabilities. One of Nisa pillars is to support Australian entrepreneurs by opening new sources of financing and absorbing risks associated with technological innovation. Another pillar refers to foster industry and researchers' collaboration to find innovative solutions to key challenges, including the attraction of world-class talents in business and research (Australia, 2015b).

Based on the national ST&I policies, Australian states develop their own implantation strategies, designing projects, fostering collaboration between institutions and researchers, as well as seeking international partners. State governments understand their role in developing the territory economic growth, its industries competitivity and trade opportunities, not just for goods and services, but also for science and technology. Australian states are responsible to support companies doing business internationally and therefore have state agencies allocated to help the negotiations and trading of ST&I deliverables, investing in their own innovation ecosystems. These agencies, such as Trade

28. Available at: <https://bit.ly/3xe9a1p>. Accessed on: Feb. 28, 2022.
29. Available at: <https://bit.ly/3Q2HmWB>. Accessed on: Jan. 14, 2022.

and Investment Queensland (TIQ),[30] or Trade and Investment Victoria,[31] and Investment New South Wales,[32] develop their own funding opportunities oriented towards strengthening relationships between universities and research centers, boosting people-to-people links, and promoting commercial trade as well as fostering diplomatic ties.

Innovation and science themes are also at the core of the Australian federal and state governments educational policies, by orchestrating the reform process of the Australian Curriculum, supporting primary school teachers graduate with a subject specialization with priority to STEM disciplines, delivering entrepreneurs' programmes with the support of universities, reforming the employee share schemes to allow start-ups and spin-offs to attract world class staff, and improving regulation to adopting international standards where possible, among other measures. As a result, according the 2020 Survey of Commercialisation Outcomes from Public Research (SCOPR),[33] only in 2020 Australia registered 54 new spin-outs and start-ups focused on research commercialization, accumulating a total of 256 active spin-outs and start-ups. Altogether, knowledge commercialisation in Australia was responsible to generate AU$ 737 million in value of research contracts with for-profit companies and AU$ 242 million in commercialization revenue. In practice, it means that Australian commercialization revenue more than doubled in the post-pandemic recovery period, reinforcing the country position as a ST&I powerhouse (KCA, 2021).

A key stakeholder behind the orchestration of the ST&I and education policies is the ARC. Established in 2001 as an independent body under the Australian Research Act 2001, the ARC reports to Dese. It is responsible for funding excellent research and research training; measuring the quality, engagement and impact of research, either for the livelihood of the communities or for economic growth and productivity; and providing policy advice on research matters. The ARC also administers the National Competitive Grants Program (NCGP), through which it supports excellent research and research training across all disciplines, awarding funding on the basis of a competitive peer review process, and encourages partnerships between researchers and industry, government, community organizations and international partners, including Brazil.

Adding to the ST&I stakeholders of the country, Australia has more than 50 independent research institutes and 43 public and private universities that undertake scientific research, from basic to applied research. Among these

30. Available at: <https://www.tiq.qld.gov.au/>. Accessed on: Jan. 14, 2022.
31. Available at: <https://www.invest.vic.gov.au/>. Accessed on: Jan. 14, 2022.
32. Available at: <https://invest.nsw.gov.au/>. Accessed on: Jan. 14, 2022.
33. Available at: <https://bit.ly/3H5WbDu>. Accessed on: Jan. 14, 2022.

independent research institutes there are the CSIRO, Australian Institute of Marine Science, Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO), Geoscience Australia, the Bureau of Meteorology, the Australian Antarctic Division, the Defence Science and Technology Group, and the Australian Centre for International Agricultural Research.

Universities and independent research institutes are spread around the country, many based in rural areas, playing a relevant role in the development of science and implementation of national and international research projects through the Cooperative Research Centers (CRCs). Established in 1990, the CRCs foster collaboration among universities and between public-private research centers to enhance major national challenges, as well as enhance the country's industrial, commercial and economic growth. Being run by universities, the CRCs projects offer opportunities for graduate and postgraduate students to take part in short-term industry-led collaborative research projects.

There is also the Industry Growth Centre (IGC) initiative, which is a strategic, sector-based program that aligns government activities to industry needs in order to grow industries' capabilities and create qualified jobs. In addition, there are numerous hospitals and other organizations that undertake research, for example the CSIRO, an agency of the Australian government that contributes to a diverse range of scientific research.

Between 2016 and 2020, Australia's research actors produced over 580,000 publications across all fields of research, nearly 3.8% of global output. Of those publications, over 300,000 were with international partners from over 200 different countries, and over 10,000 were with at least one Brazilian partner. This figure demonstrates a mutual commitment to joint scientific, research and innovation projects.

Regarding the funding system in Australia, there are major funds run by the federal government, adding to private sector investments and other international sources. The federal government operates a dual funding system for university-led research, made up of research block grants and competitive research grants. Research block grants aim to support the systemic costs of research, including the training of domestic and international students undertaking research doctorate and research master's courses. The Research Support Program provides funding to costs of research not supported directly through competitive and other grants, such as libraries, laboratories, consumables, computing centres and the salaries of support and technical staff. Additionally, the federal government runs numerous nationally competitive research grant programs through, for example, the ARC and the National Health and Medical Research Council (NHMRC). Most of these funds support projects and initiatives that are priorities under the Australian

government Nisa, through which a strong international research and business connections and collaborations have been fostered.

The Strategic University Reform Fund,[34] coordinated by Dese, encourages universities to undertake projects in priority areas that also have a strong link to local communities (Australia, 2021b). It also supports initiatives oriented towards the achievement of the National Infrastructure Investment Program,[35] which provides support for projects that meet Australia's infrastructure needs as identified in the National Infrastructure Roadmap, such as digital infrastructure, supercomputers, platforms for urban research and environmental information, as well as a network of data stores and services and a national research cloud offering digital tools and virtual laboratories (Australia, 2020a).

6 FINAL CONSIDERATIONS

Science and technology are evolving incredibly fast, creating benefits for every individual's life. Rethinking international cooperation through ST&I lenses, in face of growing global challenges, is an emerging role for governments, universities and science institutes, and researchers, to which bilateral high-level agreements can be of great value. In view of the current stage of ST&I cooperation between Brazil and Australia, both countries policy guidelines and statements, as well as the current developments for the implementation of the first Joint Committee, this paper sought to draw the attention of researchers and policymakers to the unique feature of a bottom-up approach to existing cooperation schemes, and to explore synergies for international cooperation opportunities and possibilities under both ST&I systems.

Although the positions of Brazil and Australia have traditionally converged in multilateral forums, in areas of common interest, strong partnerships and closer governmental linkages have been developed only over the past two decades. Considerable academic and researchers' mobility resulting from agreements between universities, state and federal institutions, and businesses have been at the core of both countries' ST&I cooperation approach. We expect that the information provided by this article may contribute to a better understanding of the international dimension of ST&I policies and existing mechanisms that may be accessed by researchers and institutions from both countries in order to seek jointly funded projects. There are several topics of shared interest, as well as complementing research capabilities and installed infrastructure, which allows the exploration of new areas of scientific and technological collaboration.

34. Available at: <https://bit.ly/399KhME>. Accessed on: Jan. 13, 2022.
35. Available at: <https://bit.ly/3O4kuE2>. Accessed on: Jan. 13, 2022.

However, it is important to recollect key features of the Australia ST&I system for forthcoming collaborative projects with Brazil, in order to have a bigger share in competitive grants managed by the Australian government. The first aspect refers to the Australia's National Science Statement, which prioritizes projects that contributes to build new scientific capabilities and skills with direct impact in the economy, environment and wellbeing of the population. Close partnerships with community, public managers and decision makers, industry and private sector representatives are fundamental to this approach. Additionally, researchers need to approach their project proposals considering the potential to transform its outputs into marketable products, services and processes, highlighting its commercialization potential. Therefore, linking world-class scientific developments with current community problems, opportunities for decision making applications, short-term industry needs and future trends, or considering the formation of a joint venture with one of more partners, are growing conditions for several applied research funds.

A second aspect refers to encouraging research collaboration across disciplines, cultural backgrounds and economic sectors, engaging both national and international partners. Collaborative solutions, bringing together teams from diverse disciplines and career stages, as well as economic sectors and cultural dimensions, is a high value asset to tackle global and local challenges. It includes engaging in project proposals not only community, decision makers, industry and private sector representatives, but also a mixed group of researchers – together with early and mid-career researchers – who can bring complementing views and approaches to the same challenge.

A third aspect refers to ensuring government support for stable and predictable research investments. Long term plans and goals are central to foster scientific development, from basic science to its applications, and to produce new research, knowledge and technologies. Long term guidelines articulate the role of governments and public funding in developing a strong and stable ST&I system, by securing a guide to decision makers and policy makers according to the country's intended outcomes.

In regards to the Brazilian ST&I system, the greatest challenge to broaden the international collaboration in ST&I refers to the formulation and implementation of long-term policies, with clear international guidelines, which could be boosted by the coordination of investments in the prioritized sectors. Lack of long-term policies and guidelines frequently impact in discontinuity of funding for ongoing research projects, especially in more advanced stages. It also affects the country position at global innovation ranks, as the capacity of researchers to demonstrate potential applications of scientific solutions to the community, industry and policy makers is weakened. Despite this challenge, it is worth highlighting the resilience of the Brazilian researchers and institutions, since the country's scientific production continued to grow even when facing budget constraints in the last decade.

Considering the limitations addressed above, in order to deepen and diversify the ST&I cooperation with Australian researchers and institutions need to explore priorities already stated under ST&I policies such as ENCTI 2016-2022 and the National Innovation Strategy of 2021. New windows of opportunity for bilateral projects and activities are also expanding after the consideration of Brazil to enter the OECD, as it requires advancements in the education, science and research fields, in special related to the ST&I regulations, the country's capacity to transform scientific knowledge into applications for industry development, community wellbeing and environmental sustainability. Partnering with Australia can be beneficial for sharing science and research policies benchmarks, identifying additional research capabilities and levering off complementing infrastructure.

The hopes are that the signing of this new ST&I agreement may foster the identification and facilitate the access to local and international networks of excellence existing in both countries, and even third parties, in pursuit of the development of innovative solutions to common problems and challenges that for the past two decades have brought together researchers from both Brazil and Australia in a unique bottom-up movement.

Based on the themes that inspired this research, there are several other aspects that deserve further study. A first topic could be an in-depth analysis of top-down and bottom-up approaches for international cooperation in ST&I, including studies/investigation of result-oriented and mission-oriented cooperation. Another topic could relate to the possibilities of new colonialism practices through ST&I international policies, as well as the role of science and innovation diplomacy in fostering researchers' approximation in spite of political borders. In particular, comparative studies on cooperation in ST&I between Brazil and different countries could reveal the prevalence of one or another of the mentioned approaches in Brazilian international cooperation in ST&I and other patterns and trends.

REFERENCES

ABRUCIO, F. **Desafios contemporâneos para a reforma da administração pública brasileira**. In: PETERS, B. G.; PIERRE, J. (Ed.). Administração pública: coletânea. São Paulo: Unesp; Enap, 2010. p. 537-548.

ANDRADE, R. O. Ciência à míngua. **Pesquisa Fapesp,** n. 304, p. 34-40, jun. 2021.

ARONEY, N. **The constitution of a Federal Commonwealth**: the making and the meaning of the Australian constitution. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2009.

ARRETCHE, M. Mitos da descentralização: mais democracia e eficiência nas políticas públicas? **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 11, n. 31, p. 44-66, 1996.

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO DA SETI. Paraná amplia parceiras com o estado australiano de Victoria. **Fundação Araucária**, 27 abr. 2015. Retrieved Jan. 14, 2022, from: <https://bit.ly/392Za30>.

AUSTRALIA. Department of Foreign Affairs and Trade. **Memorandum of Understanding between Australia and Brazil for the establishment of an enhanced partnership**. New York: DFAT, Sept. 21, 2010. Retrieved Feb. 28, 2022, from: <https://bit.ly/3NZK7Gf>.

_____. Department of Education, Skills and Employment. **Memorandum of Understanding on education, research and vocational education and training between the Australian Department of Education and Training and the Brazilian Ministry of Education**. Canberra: Dese, 2015a. Retrieved Dec. 16, 2021, from: <https://bit.ly/3MEsACA>.

_____. Department of Industry, Science, Energy and Resources. **National innovation and science agenda report**. Canberra: Commonwealth of Australia, 2015b. Retrieved Dec. 13, 2021, from: <https://bit.ly/3xtJhMA>.

_____. **Australia's National Science Statement**. Canberra: Commonwealth of Australia, 2017a. Retrieved Mar. 2, 2022, from: <https://bit.ly/3xe9a1p>.

_____. Department of Industry, Science, Energy and Resources. **Key points from Australia's National Science Statement**. Canberra: Diser, 2017b. Retrieved Mar. 2, 2022, from: <https://bit.ly/3NNUu0l>.

_____. Department of Education, Skills and Employment. **2020 research infrastructure investment plan**. Canberra: Dese, 2020a. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/3O4kuE2>.

_____. Department of Education, Skills and Employment. **Research snapshots**. Canberra: Dese, 2020b. Retrieved Dec. 13, 2021, from: <https://bit.ly/3MznSWF>.

_____. Department of Education, Skills and Employment. **International student statistics by nationality**. Canberra: Dese, 2021a. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/3aOfu8t>.

_____. Department of Education, Skills and Employment. **Strategic university reform fund**. Canberra: Dese, 2021b. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/399KhME>.

_____. Department of Foreign Affairs and Trade. **Brazil country brief**: bilateral fact sheet. Canberra: DFAT, 2021c. Retrieved Dec. 13, 2021, from: <https://bit.ly/3H7hgNV>.

_____. Department of Foreign Affairs and Trade. **Internationalisation of education in Latin America**. Canberra: DFAT, 2021d. Retrieved Feb. 28, 2022, from: <https://bit.ly/3NwjVTD>.

_____. **NCGP trends**: international collaboration. Canberra: Australian Research Council, 2022. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/3MqbrfG>.

_____. Department of Industry, Science, Energy and Resources. **Policies and initiatives**. Canberra: Diser, [s.d.]. Retrieved Mar. 2, 2022, from: <https://bit.ly/3NOpZr7>.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Memorandum of understanding between the government of Australia and the government of Brazil on cooperation in the field of education and training**. São Paulo: MRE, Apr. 25, 2005. Retrieved Dec. 16, 2021, from: <https://bit.ly/3Q95aIa>.

_____. Ministério das Relações Exteriores. **Memorando de entendimento entre o governo da República Federativa do Brasil e o governo da Austrália para o estabelecimento de parceria reforçada**. Nova York: MRE, Sept. 22, 2010. Retrieved Dec. 16, 2021, from: <https://bit.ly/3zqjfLq>.

_____. Ministério das Relações Exteriores. **Brazil-Australia joint statement**: Rio de Janeiro, June 21, 2012. Brasília: MRE, 2012. Retrieved Dec. 19, 2021, from: <https://bit.ly/3HjJsgV>.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação 2016-2022**. Brasília: MCTIC, 2016.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Gabinete do Ministro. **Agreement between the government of the Federative Republic of Brazil and the government of Australia for Cooperation on Science, Technology and Innovation**. Brasília: Assin, 2018. (Nota Técnica, n. 4734/2018).

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Material informativo para reunião entre o ministro Marcos Pontes e o embaixador da Austrália no Brasil, Timothy Kane, em 4 de setembro de 2019**. Brasília: Deaic; Sepla, 2019.

_____. Resolução CI nº 1, de 23 de julho de 2021. Aprova a Estratégia Nacional de Inovação e os planos de ação para os eixos de fomento, base tecnológica, cultura de inovação, mercado para produtos e serviços inovadores e sistemas educacionais. **Diário Oficial**, Brasília, p. 27, 2021a. Seção 1. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/3mtn3Ux>.

_____. Ministério das Relações Exteriores. **Comunidade da Austrália**. Brasília: MRE, 2021b. Retrieved Dec. 13, 2021, from: <https://bit.ly/3H7ackg>.

_____. Decreto nº 10.772, de 20 de agosto de 2021. Promulga o acordo entre o governo da República Federativa do Brasil e o governo da Austrália para cooperação em ciência, tecnologia e inovação, firmado em Camberra, em 7 de setembro de 2017. **Diário Oficial**, Brasília, 2021c. Retrieved Dec. 19, 2021, from: <https://bit.ly/3tpBqwX>.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **MCTI divulga investimentos de quase R$ 1 bilhão para a ciência, tecnologia e inovação nacional**. Brasília: MCTI, 2022a. Retrieved Mar. 2, 2022, from: <https://bit.ly/3mvyxqO>.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Indicadores nacionais de ciência, tecnologia e inovação 2021**. Brasília: MCTIC, 2022b. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/3zqKC89>.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Cooperação Internacional**. Brasília: MCTIC, [s.d.]. Retrieved Dec. 19, 2021, from: <https://bit.ly/3zojBCk>.

CASTRO, J. C. F. de; GALLANGHER, J. Developing a strategic partnership: a concrete example from two Brazilian and Australian top universities. In: MOROSINI, M. et al. (Org.). **Internationalization of higher education**: practices and reflections from Brazil and Australia. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2021. Retrieved Jan. 14, 2022, from: <https://bit.ly/3MCdrSa>.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. Panorama da ciência brasileira: 2015-2020. **Boletim Anual OCTI**, v. 1, jun. 2021. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/3H36uZ7>.

CIA – CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. Environment: international agreements. **The World Factbook**, 2022. Retrieved Feb. 22, 2022, from: <https://bit.ly/3H5nttU>.

CONFAP e Ministério Australiano (Dese) promovem evento virtual para conectar pesquisadores brasileiros e australianos com estudos relacionados à covid-19. **Confap**, Nov. 8, 2021. Retrieved Jan. 14, 2022, from: <https://bit.ly/3mxjmxj>.

CRUZ JUNIOR, A. S. **Diplomacia, desenvolvimento e sistemas nacionais de inovação**: estudo comparado entre Brasil, China e Reino Unido. Brasilia: Funag, 2011.

CSIRO – COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. **Our achievements**: advancing Australia since 1916. Canberra: CSIRO, 2022. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/3O43JJc>.

DUTTA, S. et al. (Org.). **Global innovation index 2021**: tracking innovation through the covid-19 crisis. 14th ed. Geneva: Wipo, 2021.

ERENO, D. Abelhas vigiadas. **Pesquisa Fapesp**, jul. 2014. Retrieved Feb. 28, 2022, from: <https://bit.ly/3MA2fFz>.

FAMOUS program launches, bringing together Australia and Brazilian scientists. **Armi**, Nov. 22, 2021. Retrieved Jan. 14, 2022, from: <https://bit.ly/3zlb0Ap>.

FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Launch of Famous**: Fapesp and Monash University Collaboration Seed Program. São Paulo: FAPESP, Oct. 7, 2021. Retrieved Jan. 14, 2022, from: <https://bit.ly/3Qd2b1u>.

FARAH, M. F. Parcerias, novos arranjos institucionais e políticas públicas no nível local de governo. **Revista de Administração Pública**, v. 35, n. 1, p. 119-144, 2001.

FARIA, C. E.; CASSOL, C. C. A brief history about the Center of Internationalization of Education Brazil-Australia. In: MOROSINI, M. et al. (Org.). **Internationalization of higher education**: practices and reflections from Brazil and Australia. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2021. Retrieved Jan. 14, 2022, from: <https://bit.ly/3MCdrSa>.

FUJITA, E.; KWON, Y.; FINK, D. Análise comparativa das trajetórias de produção de conhecimento entre o Brasil e a Coreia do Sul: tendências e possibilidades. In: BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Mundo afora**: políticas de incentivo à inovação. Brasília: MRE, 2013. n. 10, p. 174-202. Retrieved Feb. 28, 2022, from: <https://bit.ly/39cleIQ>.

KCA – KNOWLEDGE COMMERCIALISATION AUSTRALASIA. **Survey of commercial outcomes from public research** (**SCOPR**). Crows Nest: KCA, 2021. Retrieved Jan. 14, 2022, from: <https://bit.ly/3H5WbDu>.

MARSICANO, K. Semiarid region a priority in cooperation between Embrapa and Embassy of Australia. **Embrapa**, Mar. 13, 2019. Retrieved Jan. 14, 2022, from: <https://bit.ly/3H3dF3v>.

MCMANUS, C. M. et al. Profiles not metrics: the case of Brazilian universities. In: **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 4, 2021. Retrieved Feb. 28, 2022, from: <https://bit.ly/3NDYqQW>.

MCMANUS, C. M., NEVES, A. A. B. Some insights into internationalisation of postgraduate education from the Brazilian perspective. In: MOROSINI, M. et al. (Org.). **Internationalization of higher education**: practices and reflections from Brazil and Australia. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2021.

MITCHELL, N. Shorter student mobility "widens participation": study. **University World News**, June 24, 2021. Retrieved Feb. 28, 2022, from: <https://bit.ly/39cxJUJ>.

PFEIFFER, H. **Brazil and Australia**: beyond the tyranny of distance. In: BARBOSA, P. H. B. (Org.). Challenges and opportunities in the Brazil-Asia relationship from the perspective of young diplomats. Brasília: Funag, 2017. p. 275-300.

SILVA, R. G. L. et al. The institutional building of science and innovation diplomacy in Latin America: toward a comprehensive analytical typology. **Frontiers in Research Metrics and Analytics**, v. 6, 2021. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/3N7jiQu>.

TEIXEIRA, A. L. F. et al. Operationalizing water security concept in water investment planning: case study of São Francisco river basin. **Water**, v. 13, n. 24, 2021. Retrieved Feb. 28, 2022, from: <https://bit.ly/3mxEbc0>.

UNIVERSITIES AUSTRALIA. **International links (member universities)**. Deakin: Universities Australia, 2022. Retrieved Jan. 13, 2022, from: <https://bit.ly/39mBUx3>.

WAGNER, C. S. The elusive partnership: science and foreign policy. **Science and Public Policy**, v. 29, n. 6, p. 409-417, Dec. 2002.

APPENDIX

TABLE A.1
Collaboration between Australian universities and Brazilian educational and research institutions (2021)

Institution	**Total**	Agriculture and veterinary sciences	Environmental sciences
University of Sydney	**128 collaborating institutions** **1,293 co-authored publications**	33 collaborating institutions 44 co-authored publications	37 collaborating institutions 55 co-authored publications
University of Melbourne	**116 collaborating institutions** **1,237 co-authored publications**	21 collaborating institutions 25 co-authored publications	22 collaborating institutions 27 co-authored publications
University of Queensland	**113 collaborating institutions** **650 co-authored publications**	34 collaborating institutions 86 co-authored publications	44 collaborating institutions 58 co-authored publications
University of Western Australia	**95 collaborating institutions** **465 co-authored publications**	27 collaborating institutions 41 co-authored publications	32 collaborating institutions 46 co-authored publications
University of Adelaide	**94 collaborating institutions** **920 co-authored publications**	26 collaborating institutions 20 co-authored publications	24 collaborating institutions 17 co-authored publications
Monash University	**91 collaborating institutions** **771 co-authored publications**	12 collaborating institutions 6 co-authored publications	15 collaborating institutions 22 co-authored publications
University of New South Wales (UNSW)	**91 collaborating institutions** **521 co-authored publications**	21 collaborating institutions 16 co-authored publications	23 collaborating institutions 28 co-authored publications
James Cook University	**89 collaborating institutions** **306 co-authored publications**	35 collaborating institutions 48 co-authored publications	53 collaborating institutions 82 co-authored publications
Curtin University	**83 collaborating institutions** **221 co-authored publications**	8 collaborating institutions 6 co-authored publications	22 collaborating institutions 17 co-authored publications
Australian National University (ANU)	**77 collaborating institutions** **425 co-authored publications**	18 collaborating institutions 25 co-authored publications	32 collaborating institutions 32 co-authored publications
Deakin University	**77 collaborating institutions** **276 co-authored publications**	2 collaborating institutions 4 co-authored publications	37 collaborating institutions 14 co-authored publications
La Trobe University	**77 collaborating institutions** **169 co-authored publications**	9 collaborating institutions 5 co-authored publications	39 collaborating institutions 16 co-authored publications
Queensland University of Technology (QUT)	**68 collaborating institutions** **177 co-authored publications**	9 collaborating institutions 5 co-authored publications	10 collaborating institutions 15 co-authored publications
Griffith University	**68 collaborating institutions** **170 co-authored publications**	13 collaborating institutions 9 co-authored publications	22 collaborating institutions 20 co-authored publications
Western Sydney University	**68 collaborating institutions** **166 co-authored publications**	16 collaborating institutions 8 co-authored publications	29 collaborating institutions 13 co-authored publications
University of Tasmania	**67 collaborating institutions** **156 co-authored publications**	15 collaborating institutions 18 co-authored publications	30 collaborating institutions 23 co-authored publications
Macquarie University	**65 collaborating institutions** **178 co-authored publications**	10 collaborating institutions 11 co-authored publications	29 collaborating institutions 16 co-authored publications
University of Newcastle	**60 collaborating institutions** **137 co-authored publications**	6 collaborating institutions 5 co-authored publications	8 collaborating institutions 8 co-authored publications
Flinders University	**59 collaborating institutions** **144 co-authored publications**	3 collaborating institutions 3 co-authored publications	9 collaborating institutions 8 co-authored publications
University of Technology Sydney (UTS)	**55 collaborating institutions** **148 co-authored publications**	11 collaborating institutions 11 co-authored publications	12 collaborating institutions 19 co-authored publications

(Continues)

(Continuation)

Institution	**Total**	Agriculture and veterinary sciences	Environmental sciences
Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT)	**53 collaborating institutions** **83 co-authored publications**	8 collaborating institutions 7 co-authored publications	17 collaborating institutions 9 co-authored publications
University of South Australia	**50 collaborating institutions** **75 co-authored publications**	1 collaborating institution 1 co-authored publication	4 collaborating institutions 3 co-authored publications
Charles Darwin University	**48 collaborating institutions** **59 co-authored publications**	8 collaborating institutions 8 co-authored publications	40 collaborating institutions 34 co-authored publications
Murdoch University	**47 collaborating institutions** **58 co-authored publications**	9 collaborating institutions 9 co-authored publications	6 collaborating institutions 6 co-authored publications
University of Canberra	**45 collaborating institutions** **99 co-authored publications**	4 collaborating institutions 3 co-authored publications	22 collaborating institutions 13 co-authored publications
University of Southern Queensland	**37 collaborating institutions** **41 co-authored publications**	1 collaborating institution 2 co-authored publications	4 collaborating institutions 4 co-authored publications
Edith Cowan University	**36 collaborating institutions** **60 co-authored publications**	0 collaborating institutions 0 co-authored publications	16 collaborating institutions 7 co-authored publications
University of New England	**36 collaborating institutions** **48 co-authored publications**	12 collaborating institutions 14 co-authored publications	12 collaborating institutions 14 co-authored publications
University of Wollongong	**34 collaborating institutions** **84 co-authored publications**	10 collaborating institutions 8 co-authored publications	7 collaborating institutions 8 co-authored publications
Swinburne	**33 collaborating institutions** **119 co-authored publications**	1 collaborating institution 2 co-authored publications	2 collaborating institutions 2 co-authored publications
Southern Cross University	**31 collaborating institutions** **45 co-authored publications**	9 collaborating institutions 10 co-authored publications	13 collaborating institutions 12 co-authored publications
Charles Sturt University	**30 collaborating institutions** **119 co-authored publications**	8 collaborating institutions 10 co-authored publications	10 collaborating institutions 9 co-authored publications
Federation University Australia	**29 collaborating institutions** **17 co-authored publications**	12 collaborating institutions 1 co-authored publication	3 collaborating institutions 2 co-authored publications
Australian Catholic University	**28 collaborating institutions** **58 co-authored publications**	1 collaborating institution 1 co-authored publication	4 collaborating institutions 2 co-authored publications
Central Queensland University (CQU)	**10 collaborating institutions** **12 co-authored publications**	3 collaborating institutions 2 co-authored publications	3 collaborating institutions 2 co-authored publications
Victoria University	**0 collaborating institutions** **0 co-authored publications**	0 collaborating institutions 0 co-authored publications	0 collaborating institutions 0 co-authored publications

Source: Universities Australia (2022).

THE EFFECTS OF THE HIGHER EDUCATION EXCHANGE PROGRAMS ON THE ELITES' IMAGE OF BRAZIL

Gabriela Gomes Coelho Ferreira[1]
Lucas Damasceno Pereira[2]
Amâncio Jorge de Oliveira[3]
Janina Onuki[4]

This article reflects on the Brazilian educational and scientific diplomacy programs, Program for Partner Undergraduate Students (Programa de Estudantes-Convênio de Graduação – PEC-G) and Program for Partner Graduate Students (Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação – PEC-PG). The first section stands on documental analyses to fund the claim that the program was designed and functions as a soft power tool. In the suit, the article moves on to quantitative analysis aiming to explore the effects of the programs on the recipients' image of Brazil. Although the country's image has suffered due to the political and economic crises, the recipients of the programs reported a less negative image of the country than their peers who were not part of the program.

Keywords: scientific diplomacy; education diplomacy; soft power; Brazil.

OS EFEITOS DOS PROGRAMAS DE INTERCÂMBIO NA EDUCAÇÃO SUPERIOR NA PERCEPÇÃO DAS ELITES SOBRE O BRASIL

Este artigo reflete sobre as estratégias de diplomacia educacional e científica do Estado brasileiro, Programa de Estudantes-Convênio de Graduação (PEC-G) e PEC de Pós-Graduação (PEC-PG). A primeira parte do artigo dedica-se à análise documental para estabelecer as bases da interpretação dos programas como estratégia de *soft power*. Em seguida, é utilizada análise quantitativa para avaliar o efeito dos respectivos programas na imagem do Brasil por parte dos receptores dos benefícios. A análise mostrou que, apesar da imagem negativa compartilhada, os beneficiários dos programas possuem uma imagem do Brasil superior àqueles que não fizeram parte do programa.

Palavras-chave: diplomacia científica; diplomacia da educação; *soft power*; Brasil.

LOS EFECTOS DE LOS PROGRAMAS DE INTERCAMBIO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA PERCEPCION DE LAS ELITES SOBRE BRASIL

Este artículo estudia las estrategias de diplomacia educacional y científica del Estado brasileño, Programa de Estudantes-Convênio de Graduação (PEC-G) y PEC de Pós-Graduação (PEC-PG). La primera sección del artículo utiliza análisis documental para sostener el análisis de que los programas fueron diseñados y siguen siendo una herramienta de *soft power* brasileño. La segunda parte, utiliza el análisis cuantitativo para evaluar el efecto de los programas en la imagen de los

1. Postdoctoral researcher at the Political Science Department of University of São Paulo (DCP/USP). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3548-395X>. E-mail: <gabrielaferreira@usp.br>.
2. PhD candidate at the International Relations Institute (IRI) of USP. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2716-8252>. E-mail: <lucas.damasceno.pereira@usp.br>.
3. Full professor at IRI/USP. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9272-779X>. E-mail: <amancioj@usp.br>.
4. Full professor at DCP/USP. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9033-1863>. E-mail: <janonuki@usp.br>.

participantes sobre Brasil. Aunque el país sea mal percibido de manera general, los participantes de los programas muestran una imagen menos negativa del país cuando comparado a aquellos que no participaron del programa.

Palabras clave: diplomacia científica; diplomacia de la educación; poder blando; Brasil.

JEL: I23; I28.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art9

Data de envio do artigo: 15/1/2022. Data de aceite: 30/3/2022.

1 INTRODUCTION

This article analyzes how Brazilian international scholarships granted to international students through the Program for Partner Undergraduate Students (Programa de Estudantes-Convênio de Graduação – PEC-G) and Program for Partner Graduate Students (Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação – PEC-PG) impact long-term the perception of these students about Brazil.

We argue that these scholarships could be thought of as soft power tools that use science to promote national interests, also called science diplomacy. The PECs represent more than a strategy to promote the development of countries of the Global South: they are science diplomacy instruments (Ferreira and Oliveira, 2020). To support this analysis, we conducted an online survey with international students currently studying or that have previously studied in Brazil. This survey compared the perception of students who received the PEC scholarships with those who did not receive them, to evaluate the impact of granting this benefit on their perception of the country.

Recently, the international relations literature has referred to international scholarship programs focused on graduate education as science diplomacy (Ferreira and Oliveira, 2020). Some authors specialized in evaluating higher education scholarships to international students, a very common instrument in developed countries, divide their specific objectives into two broad categories: i) development grants: for humanitarian purposes (usually funded by government departments that work with international assistance); and ii) public diplomacy/soft power scholarships: for political purposes, such as the creation of long-term bilateral relations and positive feelings towards donor countries (grants usually funded through foreign policy-related departments) (Mawer, 2014).

Despite these divisions, these goals are not mutually exclusive, and scholarships generally include development and public diplomacy goals. Therefore, it is to expect that many of the observations and conclusions relevant to one of the purposes to be relevant to the other. Another essential aspect for the evaluation of international scholarship programs, especially those designed to be

both a development and a foreign policy tool, will be measuring the students' rate of return to their countries of origin and the factors involved in this trend since the return is required for fulfilling both objectives of international scholarships.

In any case, it is necessary to evaluate them constantly to ascertain whether these international scholarships achieve their objectives, measuring the success of the strategy. Moreover, the program may be reformulated based on the information obtained from the study of these evaluations. The *Commonwealth Scholarship Report* (2016) shows that high-income countries usually fund international scholarships because of investment. However, middle-income countries such as Brazil have increasingly deployed granting scholarships. Unlike the grants awarded by high-income countries, though, there is a lack of evaluation data on scholarships in these countries. Since one of the objectives of the PECs is to impact positively the students/researchers' perceptions about Brazil, this research intends to help fill this gap by providing this answer.

2 INTERNATIONAL HIGHER EDUCATION SCHOLARSHIPS: SCIENCE DIPLOMACY AND SOFT POWER

International scholarship programs for higher education allow thousands of people worldwide to study outside their country of origin every year. These initiatives are supported by governments, supranational organizations, and charities as part of both public diplomacy and development assistance commitments (Mawer, 2014).

Scholarship providers/donors increasingly invest in evaluating the results of these systems by analyzing the trajectories of students and alumni during and after the scholarship to assess their progress toward the objectives of the scholarship program policy. According to the *Commonwealth Scholarship Commission* report (Mawer, 2014), despite the high importance of evaluation practices to understand the results and to ensure renewal of funding, few analyses have been conducted on the evaluation practices employed in scholarship programs.

As discussed earlier, international scholarships for higher education are very common in developed countries, and their objectives can be divided into *development grants* for humanitarian purposes – usually funded through State departments acting to assist the development of other countries; and *public diplomacy/soft power grants* with political objectives, such as creating long-standing relations between the donor and the recipient country and fostering positive feelings towards the former – normally funded through State and foreign affairs departments (Mawer, 2014, p. 2).

Although these objectives are not mutually exclusive, for scholarships usually involve both development and public diplomacy goals, I have restrained my analysis to the latter, as this research evaluates the use of PEC-G and PEC-PG international scholarships as a tool of public diplomacy/soft power.

3 PUBLIC DIPLOMACY AND SOFT POWER

According to Melissen (2005, p. 4), public diplomacy is one of the most important instruments to soft power. Key words, following a traditional school, defines public diplomacy as the attempt of an international actor to conduct its foreign policy by engaging with foreign publics, therefore, a government-to-people action. However, as Villa (1999), scholars have recently pointed to the new configuration of the transnational arena as a more horizontal structure that gives space to emerging non-governmental actors in public diplomacy because of new technologies available, as discussed in chapter 1.

To understand public diplomacy, it is necessary to appropriate some conceptual distinctions made by Nye (2008) between public diplomacy and soft power – herein, the *soft forms of power*. Understanding power as the ability to obtain certain conduct from others to achieve desired results, I will mainly deal with soft forms of power – or simply *soft power*, as per the terminology introduced by Nye.

Soft power would then be the ability to shape the preferences of others, causing them to perform certain actions without the use (or threat of use) of economic or military force to coerce them. This means using attraction instead of coercion and payment.[5] According to Nye (2008, p. 95-96), not only is soft power the power to persuade; it is also the power to attract and seduce: it is the power of attraction in behavioral terms. Moreover, it is also important to note that, according to Nye, soft power, that is, a country's capacity to attract others, has three main sources/resources – when it is legitimate: the attractiveness of its culture and its knowledge; its political values; and of its foreign policy (in terms of practices and policies). Still, according to Nye (2008, p. 95), public diplomacy, on the other hand, is an *instrument* that governments use to mobilize power resources, including soft power, in order to attract audiences from other countries – and not specifically governments.

At this point, the specification made in the first section as to soft power being a capacity and the difference between resource and result become essential for the analysis: if the contents of power resources (in the case of soft power, culture, values, and policies) are not attractive, then public diplomacy does not produce soft power – and perhaps produces the opposite effect.[6]

Thus, Nye (2008) and Leonard, Stead and Smewing (2002) divide public diplomacy into three complementary dimensions: the first and most immediate one relates to daily communication about government decisions in both

5. "Payment", here, refers to the payment of pecuniary advantage against specific advantages. The problem of legitimacy of monetary incentive will be dealt with on the basis of Grant (2006; 2012). According to Grant, incentives have varying degrees of legitimacy, since "I can also give you something that you want in exchange for your compliance with what I want. Coercion, persuasion, and bargaining are alternative forms of power. Each is sometimes legitimate and sometimes not" (Grant, 2006, p. 30).

6. In epidemiology, the term "iatrogenesis" describes a healing activity that produces undesired effects.

domestic and foreign policy; the second is dedicated to strategic communication on specific themes, as in political campaigns; the third dimension – which is the main focus of this research – is the one that creates and fosters long-term relationships with key individuals through, for example, scholarships, exchange programs, seminars, and conferences.

Another important point about public diplomacy important for the central argument of this text is that it is not just about attracting the public from other countries by promoting the image of a particular country in a positive way – through the production of information and the generic projection of a positive image. Public diplomacy, especially in its third dimension, is also founded on building long-term relationships, especially with key individuals who can create a positive environment for government policies.

Consequently, public diplomacy can be conceptualized as a way for a government to exercise power by attracting the audience from another country, making them want the same projects as the country's nationals. The *effectiveness* of public diplomacy, therefore, rests on the attraction for the creation of shared values between the issuer and the recipient, which guarantees the *legitimacy* of these policies.[7]

Given that soft forms of power linked to co-option require shared values, they are considered a two-way street (Nye, 2008, p. 103): the effectiveness of public diplomacy increases when, besides issuing information, a country is also able to hear its interlocutor. This allows the issuer to access the way information is being received and understood and thus to fine-tune their relationship with the audience.

For these reasons, and refining what has been discussed so far, the focus of this research leans on the third dimension of public diplomacy as defined by Nye, considering that international scholarships are a tool for building long-term relationships with key individuals. Some of the most used forms of public diplomacy are those related to education, science, and technology through scholarships, exchange programs, research projects, seminars, and conferences.[8] Consequently, the third dimension of public diplomacy relates to the concept of education and science diplomacy.

4 SCIENCE AND INNOVATION DIPLOMACY

Domingues (2018) affirms policies linked to education, science, and technology activities have historically stimulated integration among nations and reinforced

7. Shared values are an assumption of legitimacy that will be addressed later as the foundation of authority and incentives.
8. One of the results of these strategies is the emergence of scientific diplomacy, defined as a strategy used by political actors to stimulate scientific interaction among nations, reinforcing partnerships, proposing solutions to common problems and building knowledge (Fedoroff, 2009; Royal Society, 2010).

long-lasting partnership ties, in line with the third dimension of public diplomacy and the concept of science diplomacy.

Turekian and Lord (2009) define science diplomacy as the "scientific cooperation and engagement with the explicit intent of building positive relationships with foreign governments and societies." Some examples of the use of science as a diplomatic tool are: i) the interactions between the Weizmann Institute of Israel and the Max Planck Society of Germany in the 1950s helped establish diplomatic relations between the two countries, paving the way for a historic agreement in 1964 between the countries, which facilitated the transfer of funds from Germany to Israel; and ii) in the years following the Cold War, the North Atlantic Treaty Organization (Nato) – through its scientific committee – initiated talks to create a new educational institution for the training of scientists and engineers from Eastern European countries. Although the institution was never created, this spirit of integration would have contributed to the formation of the European Union[9] (Skolnikoff, 2001).

In light of the concepts of scientific diplomacy and public diplomacy, Fialho and Wallin (2013, p. 7), as well as several scientific journals and national webpages,[10] consider scientific diplomacy as a subtype of public diplomacy. Moreover, they claim that science is a universal language and, therefore, is an important instrument for bringing nations together.

> Because science is a universal language, science diplomacy is one way to make a positive impact and foster dialogue while leaving politics aside, particularly between countries with strained relationships (Fialho and Wallin, 2013, p. 7).

For the same reasons, exchange programs and scholarships are standard tools for bringing countries together: not only science in the strict sense – with projects and professional researchers, but also science as education, training future scientists, politicians, and workers, is an universal language.

In this sense, scholarship programs that enable the exchange of students – considered in this research as future political elites, scientists, and decision-makers in the private sector – are one of the main contemporary instruments of public/scientific diplomacy. Nye (2008), for instance, stresses the importance of exchange programs in the formation of leaders such as Helmut Schmidt and Margaret Thatcher, who have participated in US programs. Similarly, the report by The Association of Commonwealth Universities points out students such as Álvaro Uribe Vélez (president of Colombia), Reid Hoffman (founder and Chief Executive Officer – CEO of

9. Although the institution recognized science and technology as a tool for social development, its true goal was to increase European integration, connecting the countries of the East with those of the West in order to increase the power of the capitalist bloc.

10. Examples are available at: <http://dfat.gov.au/people-to-people/public-diplomacy/Pages/science-diplomacy.aspx>, <http://uscpublicdiplomacy.org/blog/science-diplomacy-age-globalization>, <http://www.sciencediplomacy.org/author-info>, and <http://www.aaas.org>. Accessed on: June 25, 2022.

LinkedIn), and Wang Lili (executive director of the Industrial and Commercial Bank of China), who received scholarships from the United Kingdom.

According to Nye's concept, the main focus of public diplomacy is reaching the public of other countries. However, when it comes to establishing long-term relationships, the use of policies related to education, science, and technology are the most common. Next, I discuss four factors that may explain this option.

The first political factor relates to the very history of modern education: the constitution of the modern State. According to Hamilton (2012, p. 69), the idea that school training was an instrument of great value to the church and the State comes from the Hoole (1913), in *A New Discovery of the Old Art of Teaching School*. Schools would give political support to the State and the church, causing their members to perform their "correct" function, according to the assumptions of these institutions.

The second factor concerns the logic of knowledge and technology development itself. Education, science, and technology are eminently collective activities, which depend on prior knowledge to be developed as either continuity or rupture.

The third economic factor is linked to the pattern of international trade, both in production and consumption, and has undergone profound transformations: companies began to distribute their operations around the world, from the purchase of supplies and product design to the manufacture of parts, assembly, and marketing. Truly international production chains have been created, which also require a standardization of knowledge/education that allows for efficient synchronization of the so-called global/regional value chains.

Finally, the fourth factor: these policies focus on higher education (undergraduate and graduate) and science and technology activities, which form teachers and decision-makers who will occupy strategic positions in schools, universities, companies, institutions, and governments. These individuals are key to the dissemination of ideas to groups of people in their countries, and therefore can be considered vectors of public diplomacy/soft power.

5 THE OBJECTIVES OF THE PROGRAMS FOR PARTNER STUDENTS: PEC-G AND PEC-PG

Science, technology, and innovation are considered power resources in IR from both hard[11] and soft power perspectives. The use of science and education as foreign policy tools was usually associated with developed countries. However, major developing countries have been increasingly designing strategies adapted to the new transnational arena, constantly modified by technological transformations.

11. Hard power and soft power are usually described in the IR literature as distinct forms of exercising influence over another state by military and economic power or cultural and educational influence, respectively.

Those strategies include scientific and educational agreements that aim, among other objectives, to exchange knowledge and shape public opinion.[12]

Moreover, per a study of research methodology presented by the Commonwealth Scholarship Commission in the United Kingdom, there is a lack of evaluation data on countries which are not part of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) regarding the use of international scholarships to this end. One of the most recognized – but scarcely evaluated – strategies is developed by Brazil, that offers educational opportunities to international students – preferably from developing countries – through two programs: the PEC-G and the PEC-PG.

Under PEC-G, students can take their undergraduate studies in Brazil for free. Moreover, in cases related to merit or economic needs, Brazil may provide funds for these students after the first year of study. The Brazilian government also provides these students with return tickets to their country of origin in some cases – an strategy aimed at certifying that these students will go back to their origin countries, becoming potential points of contact for Brazil. The PEC-PG program is slightly different: since it is focused on graduate students – and, therefore, on research and knowledge production, not only does it offer the course for free, but it also comprehends a grant in the same value received by Brazilian students, as well as the return tickets.

Currently, both programs are part of the Brazilian Cooperation for International Development (Cooperação Brasileira para o Desenvolvimento Internacional – Cobradi). According to the last report released in 2013 by the Brazilian Agency for Cooperation (Agência Brasileira para Cooperação – ABC) and the Ipea on Cobradi, this policy is classified as educational cooperation. Still, as argued above, it should be understood as scientific diplomacy (Flink and Schreiterer, 2010).

The official discourse stresses three main lines through which education is used as a foreign policy tool. Culturally, it fosters people from different backgrounds, enhancing mutual understanding and tolerance. As a cooperation, it intends to help other global South countries develop by qualifying their human capital, which would help attract foreign investment and technology. Furthermore, politically, it tries to *construct* Brazil's image as an essential factor to these foreign citizens, projecting the country in the transnational arena and its ideas, values, and discourse.

12. It is essential to highlight that graduate education should also be understood as bridging the gap between scientific and educational diplomacy (Flink and Schreiterer, 2010), especially in cases like Brazil, where graduate students conduct most scientific research (Almeida and Guimarães, 2017).

Those three perspectives make higher education an important asset for Brazilian foreign policy, aligned with the traditional Brazilian diplomatic discourse in the transnational arena – until 2018, at least. However, what matters the most to our hypothesis here is the political perspective of the policy – which is, nevertheless, intertwined with the other two, in agreement with the traditional Brazilian diplomatic narrative of solidarity among countries.

In this sense, the Brazilian National Graduate Plan (Plano Nacional de Pós-Graduação – PNPG) 2011-2020 released in 2010 stated that the internationalization of higher education is a strategy that intends to influence the transnational arena and, literally, "to increase Brazil's role on the international scene" through qualified human capital.

This statement allows us to conclude that Brazil has a mixed foreign policy that aims to foster development but, at the same time, benefit from it by having developing countries' elites connect with the country: a foreign policy towards soft power/influence. This is also deductible from the organization of the programs since the Ministry of Foreign Affairs (Ministério das Relações Exteriores – MRE) occupies an important position in both administrations. The management of the two programs is shared among ministries, reflecting the complexity of the programs and their goals.

As already mentioned, the Division of Educational Themes of the Brazilian MRE shares responsibilities with the Ministry of Education (MEC) in managing PEC- G; and with MEC, through the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes) and the Ministry of Science, Technology, and Communication (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC) through the National Council of Technological and Scientific Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) in managing PEC-PG.

Both programs were created during the dictatorship in Brazil (1964-1985): the PEC- G program was built in 1965, soon after the military coup in 1964 by the first military president of the period, president Castelo Branco, while PEC-PG was created during the last military government of the period, president Figueiredo's, in 1981. Since then, they have been continuously updated, the last amendments being held, respectively, in 2013 and 2006, during the left-wing governments of the Brazilian Workers' Party (Partido dos Trabalhadores – PT). During these administrations, PEC-G and PEC-PG received particular attention, in line with the cooperation policy heralded by them: the so-called South-South cooperation, which, as mentioned above, was thought of as being more horizontal than the preceding model, the North-South cooperation.

Brazil has been using culture, education, and science as foreign policy tools since the 1960s to spread Brazilian culture, create bonds, and build a good image before other

countries. Some of the most important expedients for such were Brazilian Cultural Agreements – the main focus of this research – in which the Brazilian Foreign Ministry would typically grant scholarships to international students. Many of these documents show a considerable influx of students from various countries, especially from Latin America and Africa (Ferreira and Oliveira, 2020). The policy itself is pretty old and survived all drastic changes in ideological orientation, indicating that the bureaucracy had an independent and steady line of action. Despite these changes, this policy was constant – and, to date, remains in place.

The cultural agreements, since their creation, were instruments used in favor of the political and economic interests of the country, since the Foreign Ministry considered education as a means for a foreign policy promotion and not as an end in itself. The objective of promoting a positive image of Brazil abroad was an important objective is also evident when the chief of the Culture and Information Department reports to the Foreign Policy Secretary his concern about the difficulties Nigerian students under cultural agreements had when trying to enroll in Brazilian universities (annex 2, doc. 17). He claims that this "could cause the worst impression on Nigeria, turning the scholarships counter-productive."

With the increasing number of students since 1960 – around 600 students per year from other Latin American countries under cultural agreements. Doing the math, if the students were to stay around five years, the number of agreement students in Brazil would totalize 3,000 people to be managed by the Brazilian Foreign Ministry, revealing the necessity of systematization from the agreement signature to the end of the scholarship period. This led to the creation of PEC-G in 1965 to answer Brazil's interest in using science and education as a foreign policy tool embodied in cultural agreements. It aimed not only to tackle management issues but also to standardize and integrate the foreign educational policy with the political and economic interests of the country. Its soft power or influence features appear not only in signing individual agreements but also in creating the program itself.

As discussed above, Brazilian scholarships are attractive because most international scholarships available worldwide – the development-focused, the public diplomacy/soft power, and the blended scholarships – are funded by developed countries. Not only because they require funds available to this end, but also because, according to many scholars, soft power aims to co-opt and seduce. Therefore, the primary goal of these policies would be to provoke emulation.

In its traditional concept, soft power is generally understood as a result of other power resources and, therefore, more likely to be deployed by developed countries. However, Brazil's case demonstrates that developing countries can deploy strategies designed to persuade potential allies towards common goals, enabling international action with legitimacy rather than interaction determined by material capabilities.

One of the main PECs' focuses is to influence the perception of the target public, considering education through a financial nature or not.

The main point that remains unanswered is: how do these programs impact the recipients' perception of Brazil? We intend to address this question with our survey.

6 SURVEY: INTERNATIONAL STUDENTS' PERCEPTION ABOUT BRAZIL

To gather the answers of foreign researchers and students, we used an internet platform called SurveyMonkey, sending an invitation through email to a database of 65,493 contacts. The survey was conducted in Portuguese based on two main assumptions: i) the students and scientists inscribed on Lattes Platform come from many different countries, however, considering that they have, at some extent, an experience in Brazil, it is more likely they will have some knowledge of Portuguese than other language, regardless their origin; and ii) the translation of the survey in different languages would enclose different or disputed meanings relatively to the answers, harming the analysis.

The e-mail database was created based on the Lattes Platform as of 2017 when they were available and public in the curricula. This platform has a filter for foreign researchers and students, which made the exploration easier, and the searching character used was a blank space. We changed the number of page exhibitions in the Uniform Resource Locator (URL) and downloaded the curricula with the emails to facilitate the process.

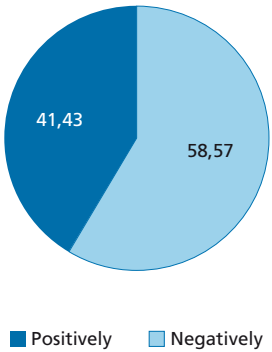
Therefore, in June 2019, we sent 65,493 invitations in 7 days, respecting the day-limit of SurveyMonkey: 6 days sending 10,000 invitations per day, and one day sending the last 5,493. Until June 24, the survey had been opened by 4,984 people or 7.6% of the total – which was above expected.

Nevertheless, out of these 4,984 students, only 65% completed the survey. Since we had a heterogeneous dataset containing all international students and researchers with a curriculum at Lattes Platform, we divided the survey into three main groups. The first primary division was between those who never studied in Brazil (G1) and those who did or were presently having an educational experience in Brazil (G2). This second group (G2), the group of students, was subdivided between those who are still students (G2.1) and those who had this experience in the past (G2.2): the division makes sense since the verb tenses used in the questions had to be different for them.

All three groups answered the page concerning the perception of Brazil and provided socioeconomic details. Nevertheless, only those who are/were students in Brazil answered the extended version regarding this experience – and the factors that could have shaped their perception (see the *Methodology* item).

The dependent variables relate to the perception international students and researchers have about Brazil. According to the survey, 58.57% of the 3,333 respondents have a current negative perception of Brazil.

FIGURE 1
In general, how do you currently evaluate Brazil's image?
(In %)



Authors' elaboration.

Interestingly, among the 3,333 answers, 90.74% of the 2,339 respondents who had the experience as students in Brazil had a good image before their experience in Brazil. The tendency diminishes after their experience in the country, as shown in table 1.

TABLE 1
Comparison between previous and current perception of Brazil's image

Students of Brazilian educational institutions		In general, how do you currently evaluate Brazil's image?		
		Negative	Positive	**Total**
		Count	Count	**Count**
How did you evaluate the image of Brazil before living in the country as a student of a Brazilian institution of higher education?	Negative	150	65	**215**
	Positive	1,277	847	**2,124**

Authors' elaboration.

This indicates that the experience in Brazil plays an important role in the perception of all respondents. However, this research is concerned with the effect PECs have on this perception. Aiming to test the influence of PECs in the respondents' perception, three independent variables were created based on the answers received regarding their participation – or no – in the main Brazilian programs on education and research. In the first one, we oppose the PECs (589) to all the remaining respondents (2,769); the second opposes the PECs (589) to other Brazilian programs (1,490).

The main issue considered to create them was the fact that many who participated in PECs were also part of other Brazilian programs. To solve it, the PECs were a preponderant category, phagocytosing any other program. Finally, the third variable considers all Brazilian programs (2019) against the rest of the respondents (1,279). A description of the variables used in the regressions follows in table 2.

TABLE 2
Variables description

Name	Description	Type	Observations
Brazilian funding	Having participated in a Brazilian program on education and research: Capes, CNPq, PEC-G, PEC-PG, Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs) (1) All other respondents (0)	Binary	3,333
PECs1	Having participated in a PEC-G or PG (1) All other respondents (0)	Binary	3,333
PECs2	Having participated in a PEC-G or PG (1) Having participated in any *other* Brazilian program, different from PEC-G or PG (0)	Binary	2,055
Latin America	Residents in Latin America (1) Other respondents (0)	Binary	3,333
Gender	Female (1) Male (0)	Binary	3,333
Humanities	Studied social sciences, linguistics, literature, and arts in Brazil (1) Studied in other areas (0)	Binary	2,126
Duration	Time spent in Brazil (number of weeks)	Continuous	1,913
Southeast	Studied in Southeast (1) Other regions (0)	Binary	1,940
Age	Age (years)	Continuos	1,845

Authors' elaboration.

To elucidate this point, a new variable was created opposing the participants of PECs to those who took part in other Brazilian programs. A *t*-test was performed to compare the perceptions, and the results are presented in table 3.

TABLE 3
T-test on the difference of perception about Brazil
(In %)

In general, how do you evaluate Brazil's image currently?	PECs2	
	Other Brazilian programs	PECs
	Column N	Column N
Negative	$62{,}9_a$	$56{,}3_b$
Positive	$37{,}1_a$	$43{,}7_b$

Authors' elaboration.
Obs.: 1. Values in the same row and subtable not sharing the same subscript are significantly different at $p < ,05$ in the two-sided test of equality for column proportions. Cells with no subscript are not included in the test. Tests assume equal variances.
2. Tests are adjusted for all pairwise comparisons within a row of each innermost subtable using the Bonferroni correction.

According to table 3, the PECs evaluation of Brazil's image is significantly more positive than the other group. This subject will be deeper explored in the statistical section, where logistic regressions will help to shed more light on the matter. Now, it is possible to elaborate some hypotheses on the results of tables 5 and 7, as follows.

1) The experience in Brazil contributes strongly to turning a positive perception of Brazil into a negative one. Nevertheless, the PECs influence this perception positively.

2) The survey was taken in 2019, amongst Brazil's political moment of high polarization and international exposure of scandals. Therefore, since the main goal is to compare answers of the students coming from different Brazilian programs, the results can present a bias, but a uniform one, affecting the answers globally. However, the PECs positively influence this perception.

7 INFERENTIAL ANALYSIS

The statistical analysis – which does not aim to demonstrate causality, only correlation between the variables of interest – uses three different models for each independent variable and logistic regression. The logistic regression, also called a *logit model*, is used to model dichotomous outcome variables. In the logit model, the log odds of the outcome are modeled as a linear combination of the predictor variables. Three tables were used to test three different independent variables using three models each, organized according to the number of observations for each variable, so as to keep a pattern in all tables.

The first independent variable tested is PECs2 (table 4): PECs compared to other Brazilian programs. The goal is to verify how that is correlated to the image respondents who are/were international students have about Brazil. PECs2 is highly significant (99%) and positively correlated to the positive image of Brazil in the first and the second model. The odds of having a positive image of Brazil increase by 43% and 52%, respectively. Living in Latin America behaves similarly (highly significant and positively correlated), and the odds of having a positive image increase to 90% in model 1 and 86% in model 2. In both models, gender is significant and negatively correlated. Studying humanities, in model 2, is highly significant and negatively correlated, and the Odds Ratio (OR) of having a positive image of Brazil decreases by 65% if the respondent studied a course in humanities.

In model 3, there is a decrease in the significance of PECs2, but the variable remains positively correlated, and the OR, steady. In this model, Latin America also is positively correlated but loses significance, and the OR also decreases. The variable humanities, like in model 2, is highly significant and negatively correlated.

TABLE 4
PECs and the perception of participants of other Brazilian programs

	Model 1		Model 2		Model 3	
	β	OR	β	OR	β	OR
PECs2	0.358*** (0.102)	1.43	0.423*** (0.112)	1.52	0.369* (.145)	1.44
Latin America	0.646*** (0.117)	1.90	0.621*** (0.128)	1.86	0.383* (0.167)	1.46
Gender	-0.273** (0.093)	0.760	-0.175* (0.102)	0.841	-0.221 (0.137)	0.801
Humanities	-	-	-1.06*** (0.115)	0.345	-1.16*** (0.163)	0.312
Duration	-	-	-	-	-0.0008* (0.0003)	0.999
Southeast	-	-	-	-	0.194 (0.128)	1.26
Age	-	-	-	-	0.008 (0.007)	1.00
Constant	-0.959*** (0.118)	-	-0.697*** (0.132)	-	-0.906*** (0.388)	-
Observations	3.333	-	2.126	-	1.155	-
LogLikelihood	-1350.25	-	-1165.58	-	-669.98	-
Pseudo R^2	0.01	-	0.05	-	0.05	-

Authors' elaboration.
Obs.: *** 99%; ** 95%; * 90%.

While table 4 compares the PECs perception with the students of other Brazilian programs, the main focus of table 5 is to test the correlation between PECs1-PECs participants against all respondents – and the positive image of Brazil. In the first model, only being resident in Latin America has a highly significant (99%) and positive correlation. Gender is significant (90%) and negatively correlated to the positive image of Brazil.

In model 2, two variables appear highly significant and positively correlated: PECs1 and Humanities. The odds of having a positive image of Brazil increase by 42% if the respondent is/was part of the PECs and 81% if they live in Latin America. The variable humanities is highly significant but negatively correlated, and the odds of having a positive image decline by almost 64% if the respondent studied any humanities course. In the third model, only the humanities variable continues highly significant for 70% of the odds.

TABLE 5
PECs and the perception of all respondents about Brazil

	Model 1		Model 2		Model 3	
	β	OR	β	OR	β	OR
PECs1	0.119 (0.093)	1.12	0.351*** (0.108)	1.42	0.334 (0.142)	1.39
Latin America	0.428*** (0.078)	1.53	0.595*** (0.118)	1.81	0.370 (0.158)	1.44
Gender	-0.204* (0.073)	0.815	-0.164 (0.095)	0.848	-0.200 (0.132)	0.81
Humanities	-	-	-1.01*** (0.103)	0.360	-1.19*** (0.154)	0.30
Duration	-	-	-	-	-0.0006 (0.0003)	0.99
Southeast	-	-	-	-	0.219 (0.129)	1.24
Age	-	-	-	-	0.008 (0.007)	1.00
Constant	-0.592*** (0.072)	-	-0.622 (0.120)	-	-0.845 (0.321)	-
Observations	3.333	-	2.126	-	1.155	-
LogLikelihood	-2241.85	-	-1344.31	-	-721.60	-
Likelihood ratio test	-	-	-	-	-	-
Pseudo R^2	0.0085	-	0.05	-	0.05	-

Authors' elaboration.
Obs.: *** 99%; ** 95%; * 90%.

Table 6 analyzes the perception of students from *all* listed Brazilian educational and research programs. Brazilian Funding is highly significant (99%) and negatively correlated to the positive image of Brazil in the first model, meaning that the odds of having a positive image of Brazil are 32% smaller when receiving a Brazilian funding – differently from the previous independent variables. Also, in model 1, being resident in Latin America is highly significant (99%) and positively correlated to a positive image, while being a woman is significant (95%) and negatively correlated.

In model 2, one more variable was added: being a humanities student in Brazil. The variable has high significance (99%) and is negatively correlated to the positive image. The odds of having a positive image of Brazil are 32% smaller when the area of study in humanities. Brazilian funding and gender (being a female) lose part of significance and strength but continue significant and negatively correlated. Being a Latin America resident sustains both a positive effect and a high significance.

TABLE 6
Educational and research programs and the perception about Brazil

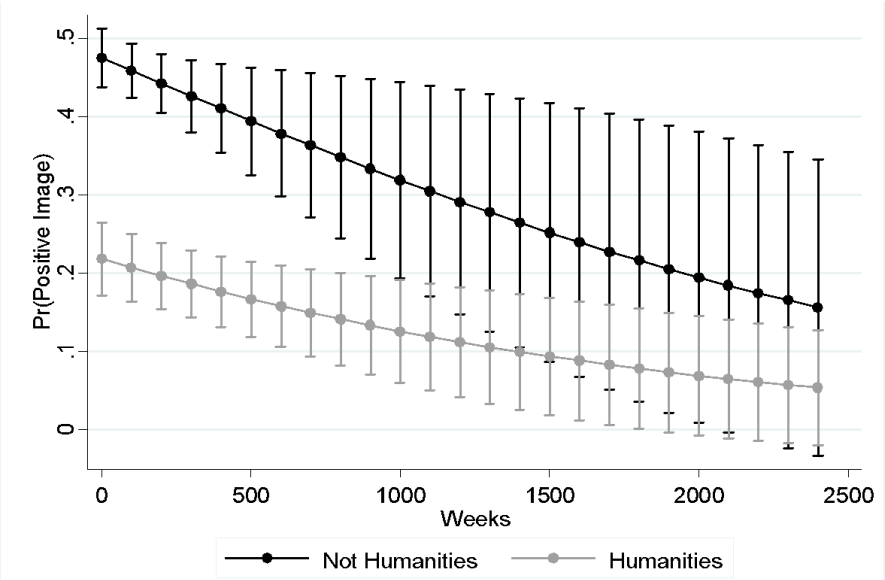
	Model 1		Model 2		Model 3	
	β	OR	β	OR	β	OR
Brazilian funding	-0.384*** (0.075)	0.680	-0.286* (0.139)	0.750	-0.233 (0.235)	0.791
Latin America	0.531*** (0.081)	1.70	0.560*** (0.118)	1.75	0.325* (0.158)	1.38
Gender	-0.185** (0.073)	0.830	-0.160 (0.094)	0.851	-0.202 (0.131)	0.817
Humanities	-	-	-1.05*** (.105)	0.349	-1.18*** (0.155)	0.304
Duration	-	-	-	-	-0.0006* (0.0003)	0.999
Southeast	-	-	-	-	0.194 (0.128)	1.21
Age	-	-	-	-	0.006 (0.007)	1.00
Constant	-.474*** (.073)	-	-.250 (.167)	-	-0.419 (0.388)	-
Observations	3.333	-	2.126	-	1.155	-
LogLikelihood	-2229.63	-	-1347.49	-	-723.88	-
Likelihood ratio test	-	-	-	-	-	-
Pseudo R^2	0.01	-	0.05	-	0.05	-

Authors' elaboration.
Obs.: *** 99%; ** 95%; * 90%.

The third model adds 3 more variables: duration, Southeast, and age. In this model, significance and strength decline for all variables. Latin America is significant (90%) and positively correlated, while humanities is highly significant and negatively correlated. According to this model, the odds of having a positive image of Brazil increases by 38% if the respondent lives in Latin America and decline by almost 70% if the respondent took any course in the humanities area.

The variable duration is also significant with a negative correlation effect. To visualize the effect of humanities over time, a *marginsplot* was created. Time course diminishes the difference of the humanities effect on the positive image. After 18 years, the area of study loses its effect on the image of Brazil.

FIGURE 2
The effect of studying humanities on a time course



Authors' elaboration.
Obs.: Figure whose layout and texts could not be formatted and proofread due to the technical characteristics of the original files (Publisher's note).

The construction of the independent variable is, obviously, crucial to its correlation to the perception of Brazil declines. When the perception of PECs participants is compared to a restricted universe (PECs2), that is, international students who were part of Brazilian programs other than the PECs, there is a significant positive correlation with the positive image of Brazil. However, the results are weaker when the perception of PECs participants is compared to the perception of all respondents (PECs1). In order to test another cluster against all respondents, the third independent variable created was the sum of all international students who participated in Brazilian programs. In this case, the correlation is inverted and becomes negative. This seems to point to the importance of the PECs specifically considered as an educational program and its special impact on international students.

8 BRAIN DRAIN, BRAIN GAIN, AND BRAIN CIRCULATION

According to the literature, brain drain is the movement of attraction – either deliberate or not – of qualified professionals from one country to another, increasing the capital stock of the latter; in this case, human capital. In this sense, researchers point to education's role in increasing a country's capacity for innovation and transmitting the knowledge necessary for new technologies to be assimilated and used (Aghion et al., 1998; Benhabib and Spiegel, 2005;

Nelson and Phelps, 1966). The literature also emphasizes the impact of human capital qualification on the different growth rates in countries/regions (Barro, 2001; Hanushek and Woessmann, 2012; Mankiw, Romer and Weil, 1990; Vandenbussche, Aghion and Meghir, 2006).

As previously discussed, brain drain is considered a possible negative externality of education programs with soft power and cooperation objectives. The rationale behind these programs is to create long-lasting relationships between international students and Brazilian citizens and institutions to create a positive image of the country amongst international elites.

Thus, it is necessary to analyze whether the recipient of the scholarship returned to their country of origin and thus maintained the bond that would make it possible to exert the type of influence that, as we believe, is expected from a scholarship. This possible externality of policy needs to be detected if it is to be corrected or, even better, used by the donor country in another policy.

Consequently, if PEC students remain in Brazil, where they receive higher education training and create important professional connections, they will not return them to their country of origin, making returning to the home country an important aspect of the programs' goal.

Among the survey respondents, 418 are ex-students of PECs, 63% live in the same country of citizenship, 24% live in Brazil, and 13% live in a third country. In other words, 66% of those who live in a country other than their country of origin stay in Brazil. Nevertheless, if we were to consider the goal of approximating Brazil of international elites, 79% of the respondents live outside of the country, potentially contributing to the goal of ameliorating the countries image abroad.

As indicated and made evident by communications analyzed amongst the concerned Brazilian ministries, preventing the stay was an essential part of the programs' design as it could pervert its spirit (Fereira and Oliveira, 2020). As already stated, it is crucial to shed light on these numbers to evaluate if the PECs are reaching their proposed objectives, and brain drain appears both in the literature and in Itamaraty's documents as an undesired externality program like PEC. However, it was never the goal of the program to gain brains.

As Bénassy and Brezis (2013) pointed out, even the literature on brain drain has started to recognize the complexities involved in the development externalities of scholarship programs. As the authors show with their quantitative analysis, the burden on developing countries should not be underestimated. However, the dual aspect of the phenomenon becomes to clarify itself. Migration return could eventually produce a brain gain in developing countries, besides the original loss at the first moment.

Even if studying abroad increases the chances of living abroad (Oosterbeek and Webbink, 2011), the literature progressively highlights the importance of brain circulation. It becomes clear how the goal of the programs, PEC-G and PEC-PG, can be indirectly achieved through relocation to a third country, even if it is to continue the recipients' education with a different degree. In this case, the only goals eventually disrupted are those attributed to the programs by a specific government as it would like to focus on strengthening relations with specific countries or regions (as was the case with the PT governments and its aim to improve Brazilian relations with the African continent). However, they would not impact the state's general goal of improving the countries image with international elites as a tool of soft power (Ferreira and Oliveira, 2020). In this sense, even if including third countries, brain circulation could be understood as a potential positive consequence.

9 CONCLUSION: WHAT IS NEXT?

Regarding the analysis proposed in this research, it is possible to affirm – according to interviews made and documents analyzed – that PEC-G and PEC-PG are scholarship programs with both cooperation and soft power objectives since their genesis. On the other hand, the survey showed that most respondents have a negative image of Brazil. The bias affects the sample since the country goes through an intricate political context. However, what matters to this research is not the image itself but the effect of the PECs on this image. Although it was impossible to achieve the criterion of randomness and a significant sample, compromising inference for the entire student population, we argue the correlation found is an important finding that should be expanded and detailed in future randomized quantitative studies and in-depth qualitative ones.

Many factors can contribute to one's perception of the country, which is one of the dimensions to be analyzed when using soft power/influence as a conceptual tool. Logistic regressions were used to compare the perception of PEC participants with that of other groups to find the correlation between the programs and the perception of Brazil. A correlation was found between being a PEC student and having a positive image of the country compared with international students of other programs and all other respondents.

Power in the contemporary world is complex. Its exercise involves the interplay of behaviors and resources available to each actor, depending on the evaluation of each situation through cost-benefit estimation. The literature explains patterns by creating concepts of power; one of them is *soft power*, herein defined as a modality of power that does not use coercion or co-option but rather attractiveness and persuasion.

This definition seems to fit perfectly the main activity of diplomacy, especially as regards *public diplomacy* – so developed nowadays thanks to the possibilities brought forth by technological development. There is also a more profound interplay between public diplomacy and technological development since the main engine to a country's development – in welfare, economy, and so on – is its knowledge and technology.

Cooperation programs are used as assets to create connections at different levels. This seems to be one of the reasons why the literature is increasingly paying attention to education, science, and technology as foreign policy/diplomatic tools. This literature is consistent with Brazilian diplomatic practices found in Itamaraty's documents and the interviews regarding PECs, an educational cooperation program.

The most significant novelty is that developed countries usually implement these programs, while Brazil has a challenging position in the transnational arena as a developing country. Even if it is not considered developed, Brazil's position as a "middle power" places it below the most developed countries. It is still an important player globally, especially influential in the region. Therefore, these Brazilian educational cooperation programs – PEC-G and PEC-PG – are consistent with the literature on soft power and public diplomacy, mainly because it works as a legal umbrella for bilateral agreements that can be modeled and analyzed as vectors: an amount with magnitude and direction.

This work has demonstrated that the policy currently presented in the PECs started in 1930 with the signature Brazil of bilateral agreements for cultural and educational cooperation. Given the massive number of international students in Brazil due to these agreements, the program was created to standardize procedures and effectively manage such cooperation.

In this perspective, during the last left-wing administrations, Brazil continued to invest in this foreign educational policy; it has also strengthened and inserted it into a broader government program aligned with the solidarity discourse and focused on Global South countries.

An important feature of this policy is the lack of institutional evaluation by the MRE. Although some academic work has been done on the subject, mainly because of the focus on South-South cooperation adopted by the last governments, there is no evaluation being carried out concomitantly with the policy itself to evaluate its desired complex outcomes and to assess the factors that contribute to either the success or failure of this educational policy. Through the interviews, it is also clear that the government lacks a strategic approach to the programs in economic and regional goals. The program is still to be combined with other soft and hard power forms, including financing of investment and infrastructure – a

field in which Brasil tried to consolidate itself through the funds made available by the National Bank for Economic and Social Development (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES).

A structured evaluation of the selection processes, for instance, could provide important information according to up-to-date methodological designs. In this sense, the government could greatly benefit from establishing partnerships with universities' research institutes. Such data would permit not only to improve the policy according to its complex goals but also to provide accountability tools to the actors involved and Brazilian citizens. Implementing a systematic evaluation process for both programs seems to be the next main challenge to policy-makers.

Moreover, accountability processes are now much more accessible than twenty years ago, thanks to improved data storage and transmission available to many citizens. In a world so profoundly transformed by technological development, legitimate policies that seek to build common ground, allowing values to be shared, are becoming increasingly important.

The survey presented in this work is a frame and sheds light on the part of the issues related to the PECs. The consistent repetition of the survey, creating a longitudinal analysis, would be a more practical design for deeper public policy analysis. Another design – that could be used in combination with the one just mentioned – is the application of a survey to all PEC candidates before their selection, and again after the results, reapplying the survey periodically to both groups to measure the difference between them over time. Those are indications for further analysis.

REFERENCES

ACU – ASSOCIATION OF COMMONWEALTH UNIVERSITIES. **Universities, scholarships and soft power**: written submission to the house of lords select committee on soft power and the UK's influence. London: ACU, 2013.

AGHION, P. et al. **Endogenous growth theory**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1998.

ALMEIDA, E. C. E. de; GUIMARÃES, J. A. **A pós-graduação e a evolução da produção científica brasileira**. São Paulo: Editora Senac, 2017.

BARRO, R. J. Human capital and growth. **The American Economic Review**, v. 91, n. 2, p. 12-17, 2001.

BÉNASSY, J.-P.; BREZIS, E. S. Brain drain and development traps. **Journal of Development Economics**, v. 102, p. 15-22, 2013.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. M. Human capital and technology diffusion. In: AGHION, P.; DURLAUF, S. (Ed.). **Handbook of economic growth**. 1st ed. [s.l.]: Elsevier, 2005. p. 935-966.

DOMINGUES, A. A. **Política externa e diplomacia científica**: desenvolvimento e inserção internacional. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FEDOROFF, N. V. Science diplomacy in the 21st century. **Cell**, v. 136, n. 1, p. 9-11, Jan. 2009.

FERREIRA, G. G. C.; OLIVEIRA, A. J. N. S. Da diplomacia da ciência à diplomacia da educação: o caso brasileiro. **Conjuntura Austral**, v. 11, n. 54, p. 90-104, 2020.

FIALHO, L. P.; WALLIN, M. **Reaching for an audience**: US public diplomacy towards Iran. Washington: American Security Project, 2013.

FLINK, T.; SCHREITERER, U. Science diplomacy at the intersection of S&T policies and foreign affairs: toward a typology of national approaches. **Science and Public Policy**, v. 37, n. 9, p. 665-677, 2010.

GRANT, R. W. Ethics and incentives: a political approach. **American Political Science Review**, v. 100, n. 1, p. 29-39, 2006.

_____. **Strings attached**: untangling the ethics of incentives. [s.l.]: Princeton University Press, 2012.

HAMILTON, D. Notas de lugar nenhum: sobre os primórdios da escolarização moderna. **Revista Brasileira de História da Educação**, v. 1, n. 1, p. 45-73, 2012.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. Schooling, educational achievement, and the Latin American growth puzzle. **Journal of Development Economics**, v. 99, n. 2, p. 497-512, 2012.

HOOLE, C. **A new discovery of the old art of teaching schoole**: in four small treatises. Liverpool: University Press, 1913.

LEONARD, M.; STEAD, C.; SMEWING, C. **Public diplomacy**. London: Foreign Policy Centre London, 2002.

MANKIW, N. G.; ROMER, D.; WEIL, D. N. **A contribution to the empirics of economic growth**. Cambridge, Massachusetts: NBER, 1990. (Working Paper, n. 3541).

MAWER, M. **A study of research methodology used in evaluations of international scholarship schemes for higher education**. London: CSC, 2014.

MELISSEN, J. **The new public diplomacy**: soft power in international relations. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2005.

NELSON, R. R.; PHELPS, E. S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. **The American Economic Review**, v. 56, n. 1-2, p. 69-75, 1966.

NYE, J. S. Public diplomacy and soft power. **The Annals of the American Academy of Political and Social Science**, v. 616, n. 1, p. 94-109, Mar. 2008.

OOSTERBEEK, H.; WEBBINK, D. Does studying abroad induce a brain drain? **Economica**, v. 78, n. 310, p. 347-366, 2011.

ROYAL SOCIETY. **The scientific century**: securing our future prosperity. London: Royal Society, 2010.

SHENG-KAI, C. C. **Higher education scholarships as a soft power tool**: an analysis of its role in the EU and Singapore. Singapore: EU Centre in Singapore, 2015. (Working Paper, n. 23).

SKOLNIKOFF, E. B. The political role of scientific cooperation. **Technology in Society**, v. 23, n. 3, p. 461-471, 2001.

STATCOM ESTADÍSTICOS CONSULTORES. **Evaluación en profundidad**: programas de becas de postgrado – informe final. Santiago: Mineduc, 2007.

SUCHMAN, M. C. Managing legitimacy: strategic and institutional approaches. **Academy of Management Review**, v. 20, n. 3, p. 571-610, 1995.

TRILOKEKAR, R. D. International education as soft power? The contributions and challenges of Canadian foreign policy to the internationalization of higher education. **Higher Education**, v. 59, n. 2, p. 131-147, 2010.

TUREKIAN, V. et al. The emergence of science diplomacy. In: LLOYD, D.; PATMAN, R. (Ed.). **Science diplomacy**: new day or false dawn? Singapore: World Scientific, 2015. p. 3-24.

TUREKIAN, V.; LORD, K. M. The science of diplomacy. **Foreign Policy**, v. 5, 2009.

VANDENBUSSCHE, J.; AGHION, P.; MEGHIR, C. Growth, distance to frontier and composition of human capital. **Journal of Economic Growth**, v. 11, n. 2, p. 97-127, 2006.

VILLA, R. D. A segurança global multidimensional. **Lua Nova**: Revista de Cultura e Política, n. 46, p. 99-118, 1999.

WATANABE, Y.; MCCONNELL, D. L. (Ed.). **Soft power superpowers**: cultural and national assets of Japan and the United States. Armonk: M.E. Sharpe, 2008. 328 p.

WEBER, M. **Economy and society**: an outline of interpretive sociology. California: University of California Press, 1978.

O SISTEMA ALEMÃO DE QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL: COMPLEMENTARIDADES INSTITUCIONAIS E DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS[1]

Felipe Vella Pateo[2]
Sandro Pereira Silva[3]

O objetivo deste estudo é analisar o funcionamento do sistema de qualificação profissional da Alemanha à luz das complementariedades institucionais, bem como verificar as respostas que os atores envolvidos no seu funcionamento vêm apresentando para adaptá-lo às transformações na realidade econômica. Foi possível verificar que o funcionamento coletivista do sistema está sendo pressionado através da redução da participação no número de empresas e da flexibilização e modularização dos regimes de qualificação, com a criação ou fortalecimento de novas modalidades de qualificação que escapam à capacidade regulatória estatal. Contudo, diante desse diagnóstico, há uma postura ativa do governo e dos parceiros sociais participantes na gestão do Instituto Federal de Qualificação em buscar soluções incluindo o apoio estatal à provisão de vagas pelas pequenas e médias empresas e tentativas de maior incidência sobre as formas de qualificação não regulamentadas.

Palavras-chave: qualificação profissional; complementaridades institucionais; variedades de capitalismo; inovação tecnológica; capacidade regulatória estatal.

THE GERMAN VOCATIONAL EDUCATION SYSTEM: INSTITUTIONAL COMPLEMENTARITIES AND CONTEMPORARY CHALLENGES

The goal of this study is to analyze the functioning of the skill formation regime in Germany in the light of institutional complementarities, as well as to verify the responses that the actors involved in its operation have been presenting to adapt it to changes in economic reality. It was possible to verify that the collectivist functioning of the system is being pressured through the reduction of participation in the number of companies and the flexibilization and modularization of qualification regimes, with the creation or strengthening of new qualification modalities that escape the state regulatory capacity. However, faced with this diagnosis, there is an active posture of the government and social partners participating in the management of the Federal Institute of Qualification in seeking solutions including state support for the provision of vacancies by small and medium-sized enterprises and attempts to increase the incidence on unregulated forms of qualification.

Keywords: skill formation; institutional complementarities; varieties of capitalism; technological innovation; state regulatory capacity.

---

1. Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (Capes) – Código de Financiamento nº 001.

2. Doutor em ciências sociais pela Universidade de Brasília (UnB). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0754-2051>. *E-mail*: <felipe.pateo@gmail.com>.

3. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Sociais (Disoc) do Ipea; e doutor em políticas públicas, estratégias e desenvolvimento pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8836-0128>. *E-mail*: <sandro.pereira@ipea.gov.br>.

EL SISTEMA ALEMÁN DE EDUCACIÓN PROFESIONAL: COMPLEMENTARIEDADES INSTITUCIONALES Y RETOS ACTUALES

El objetivo de este estudio es analizar el funcionamiento del sistema de calificación profesional en Alemania a la luz de las complementariedades institucionales, así como verificar las respuestas que los actores involucrados en su funcionamiento han venido presentando para adaptarlo a los cambios de la realidad económica. Se pudo comprobar que el funcionamiento colectivista del sistema está siendo presionado a través de la reducción de la participación en el número de empresas y la flexibilización y modularización de los regímenes de calificación, con la creación o el fortalecimiento de nuevas modalidades de calificación que escapan a la capacidad regulatoria estatal. Sin embargo, ante este diagnóstico, existe una postura activa del gobierno y de los interlocutores sociales que participan en la gestión del Instituto Federal de Calificación en la búsqueda de soluciones que incluyen el apoyo estatal para la provisión de vacantes por parte de las pequeñas y medianas empresas y los intentos de aumentar la incidencia en las formas no reguladas de calificación.

Palabras clave: calificación profesional; complementariedad institucional; variedades de capitalismo; innovación tecnológica; capacidad reguladora del Estado.

JEL: I28; J24; O33; P16.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art10

Data de envio do artigo: 15/1/2022. Data de aceite: 21/2/2022.

1 INTRODUÇÃO

Nos debates sobre políticas de educação profissional, o caso da Alemanha costuma ser lembrado como exemplo de sucesso pelo investimento maciço e resultados obtidos, com frequente destaque dado à segmentação do ensino médio em escolas preparatórias para a universidade e escolas técnicas. Neste artigo, vamos abordar outro elemento de relevância para a constituição do sistema alemão de qualificação profissional, o sistema de aprendizagem dual, que concilia ações de qualificação no ambiente escolar com o exercício de atividades nas empresas, para o qual são encaminhados grande parte dos alunos que concluem o ensino médio técnico. Com origens no final do século XIX, a versão atual do sistema, que remonta a 1969, envolve um complexo arranjo institucional, fruto de um grande pacto social. Destaca-se a forte participação empresarial, oferecendo diretamente parte significativa da carga horária formativa, com suas câmaras setoriais, associadas aos sindicatos locais, sendo responsáveis por monitoramento, controle de qualidade e aplicação das provas nacionalmente padronizadas. Pelo lado estatal, os governos subnacionais geram as escolas técnicas que oferecem a complementação teórica ao ensino prático, enquanto o governo federal tem função de coordenação, orientando o processo participativo de definição e atualização de currículos e padrões de ensino.

A literatura tem apontado esse sistema de qualificação profissional como um dos eixos de sustentação do modelo econômico alemão, caracterizado por alta

tecnologia, qualidade e capacidade de adaptação da produção industrial (Streeck, 1991; Estevez-Abe, 2001; Thelen e Busemeyer, 2008; Emmenegger, 2009; Busemeyer, 2009; Busemeyer e Trampusch, 2012). Não obstante, no período contemporâneo, um conjunto de tendências no sistema produtivo global tem gerado desconfiança na capacidade do sistema de manter sua relevância, bem como da própria economia alemã em manter sua competitividade.

Neste estudo, o objetivo foi revisitar o funcionamento desse sistema à luz das complementaridades estabelecidas com o conjunto de instituições existentes na economia alemã, além de verificar as respostas que os atores envolvidos no seu funcionamento vêm apresentando para adaptá-lo às transformações na realidade econômica. Para tanto, o texto está dividido em quatro seções, segundo a primeira a introdução e a quarta, a conclusão. Na segunda, a discussão centrou-se no estado da arte da pesquisa no campo da economia política comparada sobre regimes de qualificação profissional, iniciando com o resgate dos primeiros trabalhos que apontaram para a especificidade e a importância do sistema de qualificação profissional para modelos coordenados de economia de mercado. A seguir, é apresentada a formulação da abordagem de variedades de capitalismo, com base em seus princípios mais gerais, e o conjunto de interações institucionais vinculadas à qualificação profissional. Por fim, são discutidas as críticas e os aperfeiçoamentos contemporâneos a esse modelo teórico-conceitual.

A seção 3 dedica-se a verificar os elementos específicos do sistema alemão de qualificação. Ela se inicia com um resgate dos processos históricos que levaram à sua constituição e conformação nos moldes atuais, para depois passar a uma análise das respostas que vêm sendo dadas a dois grandes desafios com os quais o sistema vem se deparando: o processo de liberalização/dualização da economia alemã como um todo e o processo global de digitalização e transição para a economia do conhecimento, com perda de relevância ou transformação do conteúdo das atividades industriais. A seção se encerra com a problematização das contribuições que esse sistema de qualificação oferece para o processo de difusão da inovação, com destaque para os procedimentos participativos de atualização e monitoramento da implementação dos perfis ocupacionais e dos currículos a ele associados.

Na conclusão, mostra-se que o sistema está sendo pressionado no sentido de perder algumas características do seu funcionamento coletivista, especialmente por meio da redução da participação no número de empresas e da flexibilização e modularização dos regimes de qualificação, com a criação ou fortalecimento de novas modalidades de qualificação que escapam à capacidade regulatória estatal. Contudo, diante desse diagnóstico, há uma postura ativa do governo e dos parceiros sociais na gestão do Instituto Federal de Qualificação em buscar solucionar esses problemas, incluindo a implementação de soluções estatais para

apoiar a provisão de vagas pelas pequenas e médias empresas e as tentativas de maior incidência sobre as formas de qualificação não regulamentadas.

2 ABORDAGEM INSTITUCIONAL DOS REGIMES DE QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

Esta seção apresenta a evolução da compreensão teórica a respeito da diversidade de modelos de regimes de qualificação profissional existentes nos países de capitalismo avançado e sua interação com aspectos institucionais do ambiente político e econômico. Este desenvolvimento teórico será apresentado sempre com ilustrações referentes ao regime de qualificação profissional alemão, o que se justifica à medida em que a Alemanha é tratada como caso paradigmático nesta literatura.

2.1 A construção de um regime de produção diversificada de qualidade

Um dos pioneiros na proposição da importância dos regimes de qualificação profissional para análise das configurações específicas de economias capitalistas é Wolfgang Streeck. Ele construiu o conceito de produção diversificada de qualidade para designar a estratégia competitiva da indústria alemã baseada na qualidade do produto e caracterizada pela combinação de escala, qualidade e flexibilidade a partir do uso da tecnologia microeletrônica (Sorge e Streeck, 1988; Streeck, 1991; 1997; 2011). Para os autores, a produção diversificada de qualidade diferencia-se de outras estratégias produtivas (como a produção em massa, artesanal ou especializada) por ser capaz de combinar alto volume de produção com produtos customizados, e cuja competitividade se dá pela qualidade.

Diferentemente de uma estratégia de competição por custo, Streeck (1997) enfatiza que ela só se viabiliza pela presença de um exoesqueleto institucional que, ao forçar a construção de obrigações coletivas, constrange os atores econômicos a superarem uma perspectiva de racionalidade individualista. Para designar esse fenômeno, o autor cunhou o termo restrições benéficas (*beneficial constraints*), entendidas como aquelas restrições que levam os atores, mesmo os que as rejeitam em um primeiro momento, a atuarem de forma mais lucrativa do que fariam na sua ausência, através da construção de estratégias que permitem o aumento das margens a partir do investimento na qualidade do produto.

Neste sentido, a restrição benéfica viabiliza investimentos que não seriam feitos a partir do cálculo maximizador simples, levando à construção de capacidades redundantes em itens como coesão social, construção de conhecimento e habilidades dos trabalhadores. Exemplos de restrições benéficas são os mecanismos de proteção ao emprego, os sistemas de codeterminação e negociação coletiva, e o próprio sistema publicamente supervisionado de qualificação profissional.

Em relação a esse aspecto, Streeck (1997) defende que a presença de uma obrigação coletiva, plasmada em um sistema de qualificação supervisionado por instâncias de participação social e associada ao sistema de codeterminação em cada empresa, faz com que sejam produzidos, para além do que seria justificado por uma ótica de departamentos de recursos humanos maximizadores de utilidade, um excedente no total de trabalhadores qualificados e de qualificação em cada trabalhador. Destaca-se que o principal elemento explicativo do excedente de qualificação é a presença de um currículo nacionalmente padronizado, obrigando as empresas treinadoras a garantir um patamar comum de qualificação mesmo nos casos em que as empresas treinadoras não necessitem imediatamente de parte do conteúdo de formação oferecido ao trabalhador.

Todo esse processo permitiria a construção de uma organização do trabalho capaz de se reestruturar de forma flexível, contribuindo para a construção da produção diversificada de qualidade. Ademais, Streeck (1991) aponta que tal sistema interage de maneira positiva – beneficiando e sendo beneficiado – com outras restrições benéficas, como no caso do mecanismo de negociação salarial coletiva – que gera pequenas diferenças salariais e incentiva os empregadores a não concentrarem seus investimentos em qualificação em uma parcela reduzida de trabalhadores. Também seria o caso da forte proteção ao emprego, que garante o retorno ao investimento em habilidades realizado.

2.2 Qualificação e variedades de capitalismo

O destaque para as complementaridades positivas entre diferentes esferas institucionais tornou-se o núcleo da abordagem recente da literatura de variedades de capitalismo.[4] Para análise destas complementaridades, Hall e Soskice (2001) identificam cinco esferas assumidas como centrais relacionadas à coordenação entre empresas: i) relações industriais (negociação salarial); ii) relações interempresariais (especialmente fornecedores e clientes); iii) governança corporativa (acesso a financiamento); iv) relações com seus empregados; e v) o modelo de ensino técnico e qualificação profissional.

Com o pressuposto de que as empresas fazem escolhas racionais a partir do ambiente em que estão inseridas, Hall e Soskice (2001) apontam que nas economias de mercado coordenadas (EMC) – em que a coordenação é apoiada por organizações e instituições – as empresas estariam mais dispostas a investir em ativos específicos e coespecíficos. Já nas economias de mercado liberais (EML) – em que a coordenação

4. A abordagem de variedades capitalismo estabeleceu-se, no início do século XXI, como dominante no campo mais amplo da discussão sobre comparação de capitalismos ou da economia política comparativa. Desde então, uma série de críticas e aperfeiçoamentos ao modelo original foram apresentados, como Jackson e Deeg (2006), Schneider (2009), Clift (2014) e Ebenau *et al*. (2015), por exemplo. Por razões de espaço, as discussões neste artigo se centram na abordagem original de variedades de capitalismo e nos desenvolvimentos relacionados à sua aplicação para análise específica de regimes de qualificação profissional.

ocorre principalmente através do mercado – as empresas investiriam em ativos mais facilmente intercambiáveis. Enquanto a Alemanha é geralmente apontada como caso paradigmático de EMC, os Estados Unidos o é para as EML.

No que se refere ao componente de investimento em habilidades, Hall e Soskice (2001, p. 25) propõem que as EMCs fazem uso extensivo de trabalho com habilidades específicas ao setor ou à empresa, dependendo de sistemas de educação e treinamento que as provejam. As questões de coordenação nesse caso estão relacionadas, pelo lado dos trabalhadores, à garantia de que a aprendizagem resulte em emprego favorável, e, pelo lado das empresas, de que os trabalhadores adquiram habilidades úteis e não sejam cooptados por outras empresas que não façam investimentos equivalentes.

As associações empresariais, nessa perspectiva, apresentam a capacidade de evitar a cooptação ao pressionarem as principais empresas a aceitarem aprendizes a serem qualificados, restringindo comportamentos aproveitadores. Além disso, a existência de processos coletivos de definição de categorias ocupacionais e protocolos de treinamento garante, de um lado, que a qualificação seja adequada às necessidades empresariais; e, de outro, a presença de uma demanda externa para graduados não empregados diretamente pela empresa formadora, garantindo o valor do conhecimento adquirido para os aprendizes.

Hall e Soskice (2001) abordam ainda uma diversidade de interações entre a esfera de desenvolvimento de habilidades e as demais esferas de coordenação, alguns já mencionados em Streeck, (1991; 1997), como no caso do sistema coletivo de negociação salarial. Também no campo das relações industriais, a existência de conselhos de trabalhadores compostos por representantes classistas eleitos e com autoridade sobre demissões e condições de trabalho provê segurança contra mudanças arbitrárias, encorajando empregados a investir em habilidades específicas.

Na esfera da governança corporativa, o investimento em qualificação profissional é favorecido pelo acesso via sistema financeiro nacional a "capital paciente", que permite às empresas reterem trabalhadores qualificados em períodos de crise. Por fim, o sistema de qualificação profissional contribui ainda para a capacidade de cooperação entre empresas e para a difusão de tecnologias devido à existência de uma base de conhecimento comum. Ademais, esse sistema de colaboração levaria as empresas a focar na diferenciação de produtos, o que dificulta a competição por preço entre elas. Com isso, entre as estratégias de inovação, favorece-se a "inovação incremental",[5] já que a força de trabalho é suficientemente qualificada para propor mudanças e suficientemente segura para se arriscar a propô-las (Hall e Soskice, 2001).

5. Para o debate a respeito da diferenciação entre inovação incremental (referindo-se a melhoras graduais em processos ou produtos) e inovação radical (referindo-se à criação de produtos ou processos completamente novos) ver, por exemplo, Storz e Schafer (2011).

Estevez-Abe *et al*. (2001) agregam a este sistema de inter-relações o elemento das políticas de proteção social, com base em uma análise focada no incentivo dado aos trabalhadores para o investimento em habilidades específicas com três diferentes escopos de portabilidade (gerais, específicas do setor e específicas da empresa). Essa análise toma como pressupostos que os trabalhadores calculam o retorno sobre os investimentos em educação e investem preferencialmente naquelas que tenham maior retorno e menor risco. Este cálculo então tomaria como base o custo de aquisição da habilidade, seu futuro prêmio salarial e o risco associado a perdê-lo. O risco de perder o prêmio salarial, por sua vez, está diretamente relacionado com a portabilidade das habilidades: quanto menos portáteis, maior o risco de perder o prêmio. A conclusão é que as políticas de proteção salarial se fazem necessárias para proteger o investimento em habilidades pouco portáteis. Nessa perspectiva, políticas que protegem o emprego, garantindo estabilidade aos trabalhadores, funcionam como garantia ao investimento em habilidades específicas à empresa; enquanto políticas de seguro-desemprego, garantindo manutenção da renda em períodos de desemprego, funcionam como garantia ao investimento em habilidades específicas ao setor, ao evitar que os trabalhadores sejam levados a procurar empregos fora da sua área de qualificação.[6]

Ao aplicarem este modelo, Estevez-Abe *et al*. (2001) apontam a Alemanha como um caso que combina alta proteção ao emprego e alta proteção ao desemprego, o que colocaria o país em uma situação de combinação entre habilidades específicas ao setor e habilidades específicas à empresa. Em contraponto, os autores identificam que no Japão a baixa proteção ao desemprego leva ao investimento em habilidades específicas à empresa, enquanto na Dinamarca a baixa proteção ao emprego leva ao investimento prioritário em habilidades específicas ao setor.

Em suma, a abordagem de variedades de capitalismo permite consolidar um entendimento do sistema de ensino técnico e qualificação profissional a partir do desenho de um conjunto de complementaridades com outras esferas institucionais, conforme ilustrado na figura 1.

6. Sobre a concepção de políticas de proteção e promoção ao emprego conforme o modelo defendido pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), ver Silva (2020).

FIGURA 1
Complementaridades institucionais para o regime de qualificação profissional em EMCs a partir do caso alemão

Elaboração dos autores.

2.3 Questionamentos e aprimoramento do marco analítico

Entre os elementos mais polêmicos deste marco analítico, destaca-se a divisão das habilidades entre específicas e genéricas. Emmenegger (2009) aponta que tal divisão põe em segundo plano a diferença de interesses entre trabalhadores qualificados e não qualificados, estes últimos tendo também interesse em políticas de proteção ao emprego. O autor critica ainda o pressuposto de que o trabalhador tenha alto nível de capacidade de escolha racional, inerente ao arcabouço de Estevez-Abe *et al.* (2001).

Por sua vez, Busemeyer (2009) propõe a necessidade de distinguir entre especificidade como característica da habilidade em si e portabilidade dessa habilidade, relacionada à existência de processos reconhecidos de certificação. Para o caso da Alemanha, por exemplo, ele argumenta que, apesar de a teoria relacionar qualificação profissional e envolvimento das firmas com habilidades específicas, a presença de um sistema publicamente supervisionado e certificado garante a provisão de habilidades polivalentes e transferíveis.[7]

Streeck (2011) combina os elementos críticos apresentados por Busemeyer (2009) e Emmenegger (2009). Para ele, Hall e Soskice (2001) não apenas confundem especificidade com portabilidade, como também fazem uma associação automática entre habilidade acadêmica e nível de generalidade, o que não

7. Estatísticas apresentadas mostram que 45% dos qualificados trabalham em uma ocupação diferente da qual foram treinados.

se aplicaria na realidade. Para Streeck (2011), portanto, os autores da variedade de capitalismo propõem uma "megadistinção" bipolar, enquanto o correto seria permitir a possibilidade de existência de diferentes tipos de habilidades, formados a partir da combinação das características de: portabilidade (presente ou ausente); nível educacional (alto ou intermediário); e conteúdo substantivo (amplo ou estreito). O trabalhador qualificado alemão se diferenciaria nessa perspectiva por apresentar uma combinação de habilidades amplas (tendo sua abrangência deliberadamente ampliada com o tempo), altas (devido aos rígidos controles de qualidade) e historicamente portáteis, não se enquadrando nos esquemas rígidos de classificação. Também no plano teórico, Streeck (2011) defende que as escolhas devem ser analisadas a partir da distribuição de poder entre capital e trabalho em momentos cruciais da história, criticando a excessiva ênfase nas empresas do institucionalismo de escolha racional.

Busemeyer e Trampusch (2012) propõem um modelo de análise que busca integrar as perspectivas, acrescentando à centralidade nas firmas uma análise das contingências históricas e das disputas entre as empresas, suas associações, os sindicatos e o próprio Estado na tomada de decisão e construção das instituições de formação de habilidades. Os autores identificam três junções críticas que influenciaram a conformação de diferentes regimes de qualificação profissional nas sociedades do norte. A primeira delas é o período de aceleração do processo de industrialização, da virada do século XIX para o século XX, no qual se consolidaram diferentes modelos de mercado de trabalho. Em seguida, o período pós-guerra, dos anos 1960 e 1970, com a ascensão do paradigma neocorporatista. Por fim, o período corrente marcado pela ascensão da economia do conhecimento e suas consequências na estrutura de demanda por habilidades nas economias nacionais.

Já com relação aos processos de disputa de poder, Busemeyer e Trampusch (2012) propõem uma classificação ampla dos regimes de formação de habilidades a partir de duas dimensões de variação: o grau de envolvimento das empresas e o grau de compromisso do Estado – o que pode significar uma diversidade de itens como subsídio, monitoramento, certificação e mesmo a provisão direta. Com isso, eles chegam a uma categorização mais complexa do que a divisão binária entre regimes liberais e coordenados, abrangendo quatro possíveis regimes: estatista, liberal, coletivo e segmentalista.

QUADRO 1
Regimes de qualificação profissional

		Envolvimento das firmas	
		Baixo	Alto
Compromisso do poder público	Alto	Regime estatista – qualificação. Exemplo: Suécia, França.	Regime coletivo – colaboração de empresas, associações e o Estado. Exemplo: Alemanha, Áustria.
	Baixo	Regime liberal – qualificação restrita no local de trabalho. Exemplo: Estados Unidos, Irlanda.	Regime segmentalista – qualificação ampliada no local de trabalho. Exemplo: Japão.

Fonte: Busemeyer e Trampusch (2012).

Interessante notar que as definições em torno desses pontos variam também de acordo com segmentações internas ao campo empresarial, costumeiramente com uma oposição entre grandes empresas que tendem a defender modelos mais segmentalistas, enquanto pequenas e médias empresas tendem a contar mais com a participação do Estado. Além disso, Busemeyer (2009) já apontava que o envolvimento das organizações no processo de aprendizagem pode ocorrer por diferentes motivos, com as grandes firmas tendo interesse em recrutar trabalhadores para sua força de trabalho e as pequenas mais interessadas na redução dos custos de contratação, formando aprendizes que depois irão buscar se inserir no mercado de trabalho.

3 O REGIME ALEMÃO DE QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

Nesta seção, começaremos apresentando o processo histórico de formação do sistema alemão de qualificação profissional a partir de suas principais junções críticas. Na sequência, abordaremos os dois grandes desafios que se apresentam ao sistema (o processo de liberalização/dualização da economia alemã e o processo de digitalização/transição para a economia do conhecimento) e analisaremos a sua reação. Por fim, abordaremos especificamente como o marco regulatório atual do sistema contribui para enfrentar este desafio através da promoção da difusão da inovação.

3.1 Coalizões e conflitos na construção do Sistema Alemão de Qualificação

De acordo com Thelen (2004), o primeiro momento de consolidação institucional do sistema alemão de qualificação profissional foi a aprovação da Lei de Proteção do Artesanato, de 1897, quando o governo imperial, com interesses políticos em fortalecer o setor artesanal (em especial os mestres artesãos) em contraponto à organização social-democrata dos trabalhadores da indústria, ofereceu autoridade sobre o processo de certificação de habilidades para instituições paraestatais de natureza compulsória denominadas de câmaras do setor artesanal. Assim, a legislação promoveu uma autorregulação do processo de aprendizagem, excluindo tanto os trabalhadores quanto o setor industrial.

Esse mecanismo garantiu a realização de padrões mínimos de qualidade no processo de treinamento – mestres poderiam perder as licenças caso seus aprendizes falhassem recorrentemente nos exames – e o cumprimento de compromissos entre mestres e aprendizes. As indústrias se beneficiavam da presença de mão de obra qualificada formada por aprendizes, estes se beneficiavam da melhoria de suas perspectivas de emprego, e o setor artesanal se beneficiava da oferta de trabalho de baixo custo que podia ser dispensada ao final do processo de aprendizagem. Tal arranjo se assemelha à divisão do trabalho apontada contemporaneamente por Busemeyer (2009) entre pequenas e médias e grandes empresas.

O equilíbrio do sistema viria a ser contestado a partir do rápido desenvolvimento tecnológico das grandes indústrias de maquinários, que gerou escassez de trabalhadores qualificados e levou à obsolescência da qualificação ofertada pelo setor artesanal. A solução encontrada inicialmente foi a provisão de treinamento dentro da fábrica, próximo à perspectiva segmentalista. Não obstante, as firmas se ressentiam da impossibilidade de certificar os trabalhadores qualificados, prejudicando sua competitividade na disputa por jovens aprendizes bem preparados.

A demanda pelo poder de certificação permaneceria constante e só seria suprida após a Segunda Guerra Mundial. No entanto, a ascensão das pequenas e médias empresas fez com que a associação patronal do setor passasse a reivindicar soluções coletivas para os processos de qualificação. Dessa forma, mesmo sem o poder formal de certificação, a associação avançou em processos de padronização e sistematização das habilidades e desenvolvimento de perfis ocupacionais, que viriam a ser a base do sistema moderno de qualificação profissional.

Como é possível perceber, nessa primeira junção crítica a disputa sobre a constituição do sistema foi entre o setor artesanal e segmentos do setor industrial, mas com certa convergência em direção a um modelo coletivo de certificação. Para o período da segunda junção crítica, pós-Segunda Guerra Mundial, o conflito se deslocaria para as demandas de participação dos trabalhadores, já que desde 1956 foi reconhecido o direito de certificação de habilidades pelas associações ligadas à indústria e ao comércio.

A consolidação institucional das disputas deste período ocorreu com a aprovação da Lei de Qualificação Profissional, de 1969. Essa lei, ainda que atualizada, segue como principal referência do funcionamento do sistema de qualificação profissional alemão, tendo trazido unidade para um arcabouço legal previamente fragmentado e garantido voz aos sindicatos nas funções regulatórias relacionadas ao treinamento e certificação ocupacional. Uma das suas principais inovações foi a criação do Instituto Federal de Qualificação Profissional, cujo presidente é definido pelo governo federal. O instituto é gerido por um conselho com representantes do governo federal, dos estados alemães, dos sindicatos e das

associações empresariais. Além de realizar pesquisas e elaborar recomendações ao governo, o instituto tem a missão de aprovar a atualização de perfis ocupacionais e regulamentações de treinamento (BIBB, 2017a).

A construção deste arcabouço institucional representou, de um lado, a conquista de direitos de participação pelos sindicatos, reivindicação histórica que se tornou possível com a presença de um governo de coalizão liderado pelo Partido Social Democrata. De outro, manteve-se grande parte da autonomia desejada pelas associações empresariais no nível operacional, com algumas funções mais importantes de supervisão e monitoramento sob controle das câmaras, havendo participação restrita de comitês tripartites em processos como administração de exames.[8]

Ao final, os sindicatos se mostraram contrariados com o nível restrito de participação que a lei lhes permitiu. Contudo, para Thelen (2004), a legislação não deixou de refletir a existência de acordos mínimos em torno de elementos fundantes do sistema como a subordinação do âmbito da formação escolar ao âmbito da formação do chão de fábrica.

3.2 Liberalização e dualização: transformações no conjunto de complementaridades institucionais e impactos no sistema

No início do século XXI esse sistema de qualificação historicamente constituído viria a sofrer um conjunto de pressões provenientes de mudanças tecnológicas e institucionais. Destaca-se, nesse quadro, o processo de liberalização econômica pelo qual passaram diversos países no início do século XXI, com consequências sobre os arranjos institucionais alemães.

Hassel (2015) aponta a presença de duas grandes interpretações sobre esse processo. Uma, proposta por Streeck (2009), de que a economia alemã passou por um processo de liberalização profunda na qual perdeu em larga escala sua especificidade como economia coordenada, enquanto Iversen e Soskice (2009) defendem que todas as características principais de uma economia coordenada de mercado quedaram-se mantidas. Hassel (2015), assim como Thelen (2014), propõem uma formulação alternativa, de que a contínua coordenação no centro da economia e a crescente liberalização e dualização na periferia são duas faces da mesma moeda.

Thelen (2014) formula a questão em termos da distinção entre coordenação e solidariedade social ou, mais diretamente, entre coordenação e abrangência destes mecanismos. Nesse sentido, a dualização envolve uma contínua coordenação no lado dos empregadores, mas com um constante estreitamento das empresas e trabalhadores cobertos por tais mecanismos. Outras formas de dualização são a manutenção de forte proteção ao emprego para trabalhadores

8. Ver detalhamento destes processos na subseção 3.4.

regulares enquanto o número de trabalhadores irregulares cresce, ou a defesa de instituições tradicionais de qualificação enquanto o número de oportunidades para qualificação encolhe.

Seja entendido como um processo de liberalização direta ou como liberalização através da dualização, o fato é que há um consenso a respeito da realização de mudanças importantes em diversos mecanismos institucionais que compunham o quadro de complementaridades, afetando o regime de formação de habilidades. Faz-se necessária uma análise das principais mudanças e seus possíveis impactos.

Streeck (2009) analisou esses processos de mudança sistêmica com base em cinco elementos institucionais: i) negociação coletiva e determinação de salários – que passaram por um processo de fragmentação do sistema antes centralizado e unificado; ii) organizações intermediárias – declínio e fragmentação das organizações sindicais e empresariais, com direcionamento para uma lógica mais pluralista de organização; iii) política social – retração/flexibilização completa, especialmente as políticas de proteção ao emprego e de seguro-desemprego; iv) finanças públicas – austeridade, privatização de ativos públicos e objetivos de política pública; e v) governança corporativa – desmantelamento das relações previamente próximas entre bancos e empresas industriais.

É possível perceber que a mudança em cada um desses itens tem impacto direto nas complementaridades institucionais frente ao sistema de qualificação profissional. Por exemplo, a ausência do capital paciente dificulta às empresas manter os trabalhadores em período de baixa, aumentando a rotatividade e diminuindo os incentivos para investimento em qualificação. Os outros três elementos são abordados em maior profundidade por Thelen e Busemeyer (2008) a partir de um entendimento baseado na ideia de dualização como forma específica de liberalização, traduzida no sistema de qualificação profissional como transição do coletivismo para o segmentalismo.

Iniciando pela decadência das organizações intermediárias, o modelo analítico indica que o declínio na base associativa reduz as pressões normativas de expansão de número de vagas em situações de necessidade ou interesse social. Há ainda um paralelo entre a permanência predominante das médias e grandes empresas nas associações e sua maior participação no sistema de qualificação profissional, levando em conta ainda que são estas associações dominadas pelas grandes empresas que têm influência direta nos processos de reforma do sistema de qualificação. Como as empresas maiores se interessam em incrementar os perfis de treinamento, tais decisões acabam se refletindo na estrutura de custos nas firmas menores. Ademais, a desorganização das instituições representativas teria contribuído para um aumento da contenciosidade nas discussões sobre reformas e atualizações do sistema de qualificação.

A flexibilização da negociação coletiva, por sua vez, afeta o sistema de qualificação pelo aumento das possibilidades de diferenciação salarial, reduzindo o incentivo a investimentos em qualificação. Thelen e Busemeyer (2008) apontam que, nas indústrias metalúrgica e elétrica, havia ainda uma conexão direta entre qualificação e salário acordado coletivamente que foi desfeita em 2003, passando o salário a estar vinculado apenas à ocupação desempenhada e não à qualificação alcançada.

Por fim, especialmente entre as mudanças na política social, as reformas no mercado de trabalho intensificaram a dualização, com a divisão entre trabalhadores em empregos seguros e uma crescente categoria de trabalhadores atípicos. Thelen (2014) cita a conexão entre o número de vagas de aprendizagem e o número de contratações em empregos de tempo integral, cuja redução criou uma categoria de aprendizagem denominada sistema de transição, que pode ser considerada análoga ao trabalho atípico. Trata-se de um conjunto de medidas organizadas pelo governo para alocar jovens que não conseguem vagas em empresas. Busemeyer e Thelen (2015) apontam que 31% dos jovens que passam por esse sistema não chegam a ter uma relação de trabalho estável mesmo anos após deixarem o sistema.

Essa dualização é caracterizada na qualificação profissional em si como processo de segmentação, caracterizado por: i) redução na cobertura, com redução da taxa de participação das empresas e crescimento do sistema de transição; ii) tendências de flexibilização nos perfis de treinamento e regras de aplicação; e iii) aumento da contenciosidade em torno das reformas e atualizações do sistema.

Em relação ao primeiro ponto, os autores apontam que entre 1993 e 2006 houve redução da participação das empresas de 35% para 26% e manutenção do número de ofertas de vagas de aprendizagem no patamar de 600 mil, frente a um aumento da entrada de jovens no mercado de trabalho. Uma atualização desses dados, baseada em BIBB (2018), mostra que há uma tendência de continuidade da queda, com a participação das empresas chegando a apenas 20% em 2016 e o número de vagas ofertadas a 563.808.

Não obstante, o acompanhamento do número de participantes no sistema de transição aponta uma tendência contínua de queda nos últimos anos. Frente a uma grande expansão de 200 mil vagas em 1992 para 378 mil em 2006, houve queda de 165 mil vagas entre 2005 e 2014, com aumentos nos anos seguintes atribuídos a programas especiais de ensino de alemão a imigrantes e refugiados (BIBB, 2018).

A concomitância de relativa estabilidade nos números absolutos de vagas de aprendizagem ofertadas com uma quantidade menor de jovens ocupando o sistema de transição pode ser explicada pelo aumento da participação nos cursos superiores. Não havendo falta de vagas em absoluto, o debate público se direciona para uma questão de descasamento entre jovens e vagas, com vagas sobrando

em ocupações de menor reconhecimento social e escassez de jovens considerados qualificados o suficiente para realizarem aprendizagem em ocupações mais complexas (BIBB, 2018).[9]

Quanto à questão da flexibilização nos perfis de treinamento, o debate gira em torno da ideia de manutenção de uma unidade e padronização de perfis ocupacionais – defendida pelos sindicatos – frente a ideia de mais flexibilidade e especificidade – defendida especialmente pelos grandes empregadores com interesse em promover maior diferenciação e investimentos específicos na força de trabalho, debate que remete à distinção entre habilidades específicas e gerais apresentado na seção anterior.

Esse debate se traduz em alguns itens específicos, tais como: i) oferta de opções de especialização dentro de um perfil; ii) modularização, com substituição de perfis monolíticos com perfis divididos em blocos; iii) possibilidades de redução do tempo necessário com aumento de perfis que requisitam curta duração de treinamento; e iv) reorganização do processo de realização dos exames com maior autonomia para as empresas.

De forma geral, é possível perceber que os três primeiros formatos de flexibilização se consolidaram como forma de atualização necessária para atender demandas advindas dos processos recentes de digitalização.[10] Todavia, o sistema de exames padronizado e organizado pelas câmaras setoriais foi mantido como aspecto fundamental do caráter coletivo do sistema alemão de qualificação profissional.

Por fim, é possível afirmar que o último componente de segmentação apontado por Thelen e Busemeyer (2008), referente a um possível aumento da contenciosidade nos processos de atualização do sistema, parece ter perdido força.[11] Divergências de fundo, como a demanda dos sindicatos pelo estabelecimento de um direito a aprendizagem e maior compulsoriedade no oferecimento de vagas, não parecem ter afetado a agenda de reformas cotidianas.

3.3 Digitalização e economia do conhecimento

Relacionado ao processo de dualização, mas com impacto maior no processo de qualificação profissional, estão as mudanças relacionadas à chamada transição para a economia do conhecimento e os processos de digitalização. Durazzi e Benassi

9. Frente a esse cenário, gestores públicos vêm promovendo estudos para entender a atratividade do sistema de qualificação profissional para os jovens e formular programas para aumentá-la. Informações disponíveis em: <https://www.bibb.de/en/pressemitteilung_79044.php> e <https://www.bibb.de/en/pressemitteilung_94366.php>.

10. Um bom exemplo é o do processo de atualização da ocupação de técnico em geomática, apresentado em BIBB (2017a).

11. Entrevista realizada com membro representante sindical no comitê gestor do Instituto Federal para Ensino Técnico e Qualificação Profissional da Alemanha (Federal Institute for Vocational Education and Training – BIBB) aponta a presença de harmonia nos processos de reforma do sistema em seus aspectos operacionais.

(2018) argumentam que o deslocamento da economia alemã para setores intensivos em conhecimento nos últimos vinte anos tem reduzido a demanda para aquelas habilidades intermediárias específicas tipicamente ofertadas pelo sistema dual em prol de habilidades de maior nível. Efetivamente, como visto, o número de jovens participantes de programas de aprendizagem ficou próximo da estagnação, enquanto o número de jovens que aderem ao ensino superior é crescente.

A explicação apontada é a existência pelo lado da oferta de um crescente credencialismo por parte dos jovens e de suas famílias. Streeck (2009) agrega a isso o fato de que o ensino universitário permite aos jovens um período de lazer estendido, com uma carga horária menor que aqueles que participam da aprendizagem. Pelo lado da demanda, existe um declínio na Alemanha das ocupações intermediárias – aquelas cujas habilidades são formadas pelo sistema de aprendizagem – em vantagem das ocupações profissionais e gerenciais que tipicamente necessitam de ensino superior. Segundo Durazzi e Benassi (2018), nos setores intensivos em tecnologia o aumento na quantidade de empregos de nível terciário é proporcionalmente maior que nos demais níveis.

Esta argumentação remete à tese bastante difundida de que os processos de desenvolvimento tecnológico, especialmente de digitalização, levariam à polarização do mercado de trabalho.[12] Por sua vez, há uma realocação de trabalhadores para ocupações de baixa qualificação, em serviços que são de difícil automação pela sua dependência de destreza, habilidades comunicacionais e proximidade física.

Como, em geral, as habilidades previstas pelo sistema de aprendizagem são consideradas de nível intermediário, é de se entender que estas previsões gerem preocupação quanto à continuidade da relevância do sistema de aprendizagem. Para Busemeyer e Thelen (2015), esta polarização traz para o sistema de aprendizagem, de um lado, o risco de não atender às necessidades dos serviços de ponta e, de outro, o de ser considerado demasiado caro frente à simplificação dos requisitos de algumas atividades.

A argumentação dos autores é de que o sistema está se adaptando a essas tendências tanto na ponta de baixo, com a oferta de aprendizagem para serviços menos qualificados, como cabelereiro e garçom, quanto na ponta de cima, com a criação de novas ocupações no setor de tecnologia da informação (TI) e mídias digitais, que aumentaram a sua participação de aprendizes, levando o setor de serviços a alcançar uma participação numérica ainda maior que a do setor produtivo.

12. Autor *et al*. (2006) e Autor e Dorn (2009), analisando a economia americana, concluem que os processos de computadorização tendem a deslocar um conjunto de tarefas rotineiras intermediárias ao passo em que elevam os salários das tarefas de alta qualificação. De forma semelhante, estudo bastante conhecido de Frey e Osborne (2013) aponta que quase 50% das ocupações de nível intermediário nos Estados Unidos apresentam potencial de automação.

Enfocando na parte de baixo do processo de qualificação, Busemeyer e Thelen (2015) afirmam que a provisão de aprendizagem não significa necessariamente boas condições de trabalho, podendo haver ocupações qualificadas que mantêm baixos salários ou nas quais trabalhadores qualificados competem com outros que não passaram pela qualificação, como no caso de vendedores qualificados com foco em padarias. Se nos setores da indústria e do comércio nunca houve restrição ou obrigação de qualificação para desenvolver uma ocupação, muitas das restrições que existiam no setor artesanal foram relaxadas.

Outro desafio que pode ser encontrado é o aumento de velocidade de obsolescência do conhecimento, implicando a necessidade de processos de qualificação continuados para os quais há pouco investimento estatal, no âmbito do que se denominou Continuous Vocational Education and Training (CVET) (Thelen, 2014). Reconhecendo essa necessidade, o Ministério do Trabalho e Assuntos Sociais, em conjunto com o Ministério da Educação e mais quinze parceiros, lançaram em 2019 a Nationale Weiterbildungsstrategie (Estratégia Nacional de Formação de Habilidades), propondo dez objetivos de ação para a construção de uma nova cultura de formação de habilidades na Alemanha (BMAS e BMBF, 2021). A estratégia reconhece a dispersão do processo de formação continuada de habilidades na Alemanha e propõe elementos de padronização e convergência a partir de instrumentos de transparência, controle de qualidade, mecanismos de apoio, suporte e aconselhamento para pequenas e médias empresas, certificação nacionalmente padronizada de habilidades adquiridas e desenvolvimento de estatísticas nacionais sobre o tema. Essa busca por construir um arcabouço comum para a CVET reconhece que a dispersão na quantidade de provedores não permita um sistema tão unificado quanto o dos processos de aprendizagem. Um item particularmente interessante diz respeito ao incentivo aos processos de controle social, no qual a estratégia prevê divulgação de boas experiências de inclusão de dispositivos relacionados à qualificação continuada nos acordos de negociação coletiva.

Pelo espectro superior da qualificação, de aumento da complexidade e da demanda de conhecimento envolvido no exercício de uma dada ocupação, uma resposta colocada refere-se aos chamados *dual study programs*. Trata-se de programas de ensino superior nos quais os participantes são contratados como aprendizes, em geral por grandes empresas, com períodos de alternância de três meses de trabalho e três meses de sala de aula. A interpretação do significado destes programas para o sistema de qualificação profissional alemã é disputada.

Enquanto Durazzi e Benassi (2018) apresentam tais programas como parte do processo de perda de centralidade da aprendizagem dual em favor do ensino superior, Thelen (2014) os interpreta como uma espécie de contra-ataque ou ao menos adaptação ao processo de academização do

conhecimento. Em 2017 o conselho gestor do BIBB se posicionou publicamente, reconhecendo que os programas duais de ensino superior são formas inovadoras de provisão educacional que ajudam a garantir a oferta de trabalhadores qualificados e moldam biografias individuais.[13] Tal opinião foi corroborada em entrevista por um dos representantes sindicais no comitê gestor do BIBB.

O que tanto Durazzi e Benassi (2018) quanto os atores envolvidos na gestão do BIBB parecem concordar é que o modelo de ensino superior dual funciona sob lógica segmentalista, em que as grandes empresas assumem o controle direto pelo processo de qualificação em parceria com as universidades sem a presença de controle social. Nesse sentido, o esforço do instituto parece ser semelhante ao realizado em relação às tentativas de padronização da CVET. Sem capacidade regulatória estabelecida, porém, as iniciativas têm focado na construção de bases de dados e elaboração de recomendações.

Outra consequência do aumento das demandas sobre os processos de qualificação é a elevação dos custos de treinamento dentro do próprio sistema de aprendizagem, com aumento de escopo e incorporação de novas tecnologias, afetando a desistência de participação das pequenas e médias empresas (Thelen, 2014). Este, como outros desafios trazidos pelo processo de digitalização, estão sendo monitorados pelo governo alemão. Uma resposta formulada foi o lançamento da iniciativa guarda-chuva denominada de Qualificação Profissional 4.0, lançada em 2016, composta pelas seguintes ações, entre outras: i) rastreamento do impacto da digitalização sobre ocupações específicas; ii) exercícios estatísticos de análise dos impactos da digitalização no perfil da demanda por trabalhadores; e ii) apoio à digitalização de pequenas e médias empresas por meio do investimento em centros de qualificação interempresariais e pelo programa JOBSTARTER plus.[14]

De acordo com Zinke (2019), o processo de rastreamento de ocupações constituiu uma análise do estudo de impacto da digitalização sobre quatorze ocupações, desde trabalhador na construção de estradas até produtor de mídia audiovisual. Foram ainda propostas mudanças no modelo de treinamento em geral, constatando que a digitalização requer que os processos de qualificação sejam mais dedutivos do que indutivos. Dessa forma, em vez de seguir o fluxo normal da qualificação, partindo do entendimento das tarefas para o entendimento do sistema, entendeu-se que a digitalização faz com que essa ordem deva ser invertida.

Conein e Schad-Dankwart (2019) apresentam o resultado desse estudo para duas ocupações específicas, a de encarregado industrial (trabalhador de escritório na indústria) e a de mecânico em processamento de plástico e borracha, e suas

13. Disponível em: <https://www.bibb.de/en/pressemitteilung_67829.php>.
14. Mais informações disponíveis em: <https://www.bibb.de/en/49603.php>.

conclusões exemplificam bem os desafios impostos pelo processo de digitalização. Enquanto para o caso dos encarregados bastaria uma atualização do conteúdo curricular, no caso dos mecânicos conclui-se pela necessidade de subdivisão da ocupação entre uma categoria de atividades mais simples e outra que requer maior nível de habilidades, mesmo que não acadêmicas, com mudanças inclusive no perfil dos trabalhadores a serem atraídos para a função. O estudo mostra a complexidade inerente à projeção das consequências do processo de digitalização sobre a economia nacional.

Uma tentativa nesse sentido foi feita através do projeto Qualifications and Occupations for the Future (QuBe), parceria do BIBB com o Instituto para Pesquisas sobre Mercado de Trabalho e Carreiras (Institute for Labour Market and Career Research – IAB) e o Instituto para Pesquisa das Estruturas Econômicas (Institute of Economic Structures Research – GWS).[15] O projeto construiu modelagens complexas da economia alemã buscando identificar os efeitos da digitalização sobre empregos e salários futuros e suas consequências, levando em conta fatores como o aumento no investimento em equipamentos, no investimento em construções, mudanças nas estruturas de custos e lucros, mudança na estrutura ocupacional e possíveis aumentos na demanda por bens e serviços.[16] A metodologia foi baseada na comparação de uma projeção que prevê a continuidade dos padrões de investimento realizados até o momento frente a uma projeção que prevê investimentos acelerados na economia 4.0. Uma das principais conclusões é que, no cenário de investimento acelerado em digitalização, seriam gerados apenas trinta mil empregos a menos, enquanto o aumento da produtividade do trabalho levaria a aumentos salariais consideráveis. Ademais, 1,5 milhão de empregos seriam direcionados a outras profissões e setores, com benefícios às profissões técnico-científicas, sociais, de professores e seguranças e ao setor da indústria de informação e comunicação (Wolter *et al.*, 2016).

Baseados na mesma metodologia, Helmrich *et al.* (2016) abordaram a questão dos impactos da digitalização sobre o processo de polarização do mercado de trabalho. Os autores concluem diretamente que a tese de polarização não se aplica, a não ser em uma parte negligenciável da economia alemã, mas admitem que a utilização de diferentes indicadores para definir a substitutabilidade das ocupações poderia levar a conclusões diferentes. Também se identificou a tendência de crescimento das atividades de alta complexidade, mantendo-se uma perspectiva de que o sistema de qualificação tem a possibilidade de atender esse nível mais elevado de exigências. Apesar do otimismo na capacidade adaptativa do sistema de qualificação, o aumento no nível de requisitos e a mudança técnica

15. Mais informações disponíveis em: <https://www.bibb.de/en/11727.php>.

16. Tanto a metodologia quanto os resultados alcançados desafiam os trabalhos de Autor (2006) e Frey e Osborne (2013).

implicada pela digitalização implicam uma ameaça à capacidade de oferta de vagas pelas micro e pequenas empresas devido ao aumento dos custos do processo de qualificação.

Frente a este tipo de preocupação, o BIBB e o Ministério da Educação e Pesquisa implementaram programas específicos para o apoio a adaptação da qualificação realizada pelo segmento empresarial. Um dos mecanismos para canalizar esse apoio são os centros de qualificação profissional interempresariais. Trata-se de locais, normalmente geridos pelas câmaras empresariais, onde são oferecidos elementos complementares da qualificação profissional que pequenas e médias empresas não podem oferecer *in loco* devido a sua especialização ou aos custos. O Ministério da Educação e Ciência apoia diretamente esses centros com a oferta de equipamentos digitais e apoio ao desenvolvimento e uso de novos métodos de aprendizagem digital, além de administrar uma linha de financiamento temática aberta para receber demandas de apoio a processos de digitalização. O programa é operacionalizado através de chamadas de apoio a projetos, cuja seleção é realizada por um comitê de monitoramento formado por representantes da indústria, sindicatos, governos estaduais, ministérios federais e comunidade científica (BMBF, 2017).[17]

Dietrich (2019) apresenta como um dos resultados do programa a consolidação do diagnóstico de demandas de 1.700 empresas atendidas por 34 dos projetos apoiados. Os resultados encontrados são de que as pequenas e médias empresas têm mais dificuldade de se adaptar ao método de ensino do que ao conteúdo. Nesse sentido, o diagnóstico aponta a necessidade de apoio para o gerenciamento das mudanças e de desenvolvimento organizacional. Os métodos desenvolvidos envolvem a utilização do pessoal qualificado pelo programa como embaixadores da digitalização.

3.4 Contribuições da qualificação profissional para a difusão da inovação

Dado o esforço para preparar o sistema de qualificação profissional em razão das mudanças advindas do processo de digitalização, conforme observado na subseção anterior, vamos agora analisar a possibilidade de existência de um efeito no sentido inverso, com o arcabouço regulatório do sistema de qualificação contribuindo no processo de difusão de inovações e, consequentemente, no avanço da própria digitalização.

Nesse sentido, Rupietta e Backes-Gellner (2019) indicam, para o caso da Suíça, que os processos institucionalizados de atualização e desenvolvimento de currículo com adesão obrigatória, presentes em sistemas de aprendizagem dual,

17. Entre 2017 e 2020 foram investidos € 109 milhões nessa linha temática.

geram efeitos na inovação ao difundir práticas das firmas inovadoras para as não inovadoras. Sua argumentação teórica é de que o sistema de qualificação profissional funciona como mecanismo efetivo de promoção da troca de conhecimento entre as empresas, contendo uma camada de superestrutura representada pelas instituições de governança responsáveis por coordenar o sistema e uma subestrutura representada pelas empresas altamente inovadoras, que atuam nesses países e apoiam os processos de atualização curricular.

Rupietta e Backes-Gellner (2019) aplicam então um modelo de construção e difusão do conhecimento para explicar esse processo, baseado em quatro etapas: i) recolhimento; ii) síntese coletiva; iii) transferência; e iv) aplicação do conhecimento. O recolhimento consiste na comunicação das melhores práticas das empresas para seus representantes associativos, seguida pela síntese na construção de um conhecimento mais abstrato sistematizado na forma de um currículo específico, que depois é transferido através de cursos preparatórios para os instrutores e os aprendizes. Por fim, a aplicação se dá no momento em que os conteúdos aprendidos por instrutores e aprendizes são aplicados na firma, favorecendo a difusão da inovação.

Tendo o estudo se baseado no caso suíço, é interessante avaliar como a legislação alemã atua para facilitar esses processos de difusão da inovação. Primeiramente, destaca-se que o processo de atualização do conteúdo dos perfis de treinamento é bastante ativo na Alemanha. Entre 2006 e 2015, 130 ocupações foram atualizadas e 19 novas foram criadas (BIBB, 2017a). Com a aceleração das mudanças percebidas em torno dos processos de digitalização, é de se esperar que esse ritmo se acelere nos próximos anos.

O arcabouço institucional que regulamenta esse processo é apresentado em detalhes em BIBB (2017a). A primeira etapa é a formulação da proposta de referência, expedida pelo Ministério da Economia, após a identificação e comunicação da necessidade de mudança por parte dos parceiros sociais através de suas organizações guarda-chuva. Não obstante, o próprio BIBB pode formular uma proposta de referência, normalmente após consultas com os parceiros, como ocorreu no projeto anteriormente descrito em que um estudo dos impactos da digitalização sobre quatorze ocupações levou a recomendação de atualização de oito destas.

A etapa de recolhimento das informações normalmente é feita neste período de elaboração da proposta de referência, seja através de pesquisas ou de consultas internas nas organizações de trabalhadores e empresas. Este recolhimento também subsidia a etapa seguinte, em que especialistas indicados por empresas e sindicatos e a equipe do BIBB constrói a síntese coletiva traduzida nas regulações de treinamento para as empresas. Também nessa etapa são produzidos os esquemas curriculares para a parte escolar do treinamento, com interação entre a equipe do BIBB e especialistas

apontados pelos governos estaduais. Ao fim, há uma reunião entre esses dois grupos com o objetivo de harmonizar o tempo e o conteúdo da formação.

Há ainda uma série de passos de natureza aparentemente mais formal até que esse conhecimento construído seja oficialmente reconhecido. Primeiramente, o conselho gestor do BIBB aprova a proposta de regulamentação feita; posteriormente, um segundo comitê consente com a sua publicação.[18] Finalmente, a promulgação e publicação no *Diário Oficial* é feita pelo ministério responsável, com a nova regulamentação entrando em vigência no início do próximo período letivo.

Passa-se então para o período de transferência do conhecimento, que é codificado e apresentado na forma de um guia didático de implementação das novas regulamentações. Os guias trazem detalhamentos sobre cada parágrafo da regulamentação aprovada, exemplos concretos de projetos de aprendizagem, dicas para professores e examinadores através de exemplos de estruturas de exame, entre outros itens que visam facilitar o processo de transferência. Ademais, o BIBB oferece serviços de consultoria e a manutenção de portais específicos[19] voltados para os aplicadores de exame e para a equipe de qualificação.

O processo de transferência de conhecimento em si, bem como de garantia de sua implementação, remete a mecanismos e ações implementadas pelas organizações intermediárias no âmbito do que o BIBB (2017b) denomina de processo de garantia de qualidade. As câmaras setoriais são as principais instituições responsáveis, tendo a função designada pelo Estado de prover orientação para empresas e aprendizes, monitorar a implementação do treinamento e organização dos exames. Elas são de participação compulsória das empresas de uma determinada região e têm como tarefa estatutária a formação de um comitê especialmente designado para qualificação profissional, formado por seis representantes dos trabalhadores, seis dos empregadores e seis professores de escolas vocacionais, estes últimos com papel consultivo.

Esses comitês são necessariamente consultados em relação aos assuntos que envolvem qualificação profissional e detêm a prerrogativa de promulgar regulações legais referente a procedimentos de exames e provisões a respeito da aptidão dos treinadores e monitoramento dos locais de treinamento. Já as tarefas de orientação e monitoramento das empresas e aprendizes são realizadas por consultores contratados diretamente pelas câmaras. Os consultores têm a responsabilidade de visitar anualmente todos os locais de treinamento em uma determinada área, podendo realizar sessões coletivas de orientação, organizar discussões e eventos informativos. O trabalho de monitoramento é feito a partir do registro

18. Comitê para Regulações de Treinamento e Esqueleto Curricular, formado por membros do BIBB e representantes dos governos estaduais.

19. Mais informações disponíveis em: <www.prueferportal.org> e <www.foraus.de>, respectivamente.

do contrato de cada aprendiz na câmara responsável e enfoca aspectos como a adequação dos locais, conformidade às regulações de qualificação e ao plano de treinamento. Normalmente, as ações de fiscalização são orientadas por reclamações de aprendizes ou pela presença de resultados ruins nos exames.

Os exames, de conteúdo e requisitos padronizados, servem, portanto, como elemento também de supervisão da garantia de qualidade do treinamento. A neutralidade dos examinadores é garantida pelas câmaras setoriais, com a formação de uma banca examinadora contendo representantes de trabalhadores, empregadores e de professores de escolas vocacionais. Ademais, existem requisitos de treinamento específicos para o desempenho da função de examinador. Por fim, o último mecanismo de difusão das inovações implementado pelas câmaras é o treinamento e aplicação de exames para a certificação das equipes envolvidas nos processos de qualificação profissional dentro das empresas.

Com isso, pode-se perceber que esse abrangente mecanismo de supervisão e controle está desenhado para funcionar como instrumento sistêmico e complexo, em um ciclo que se inicia com a percepção da necessidade de atualização das regulamentações de treinamento, contribuindo para aumentar a probabilidade de aplicação das inovações na prática produtiva.[20]

4 CONCLUSÃO

Conforme abordado ao longo deste estudo, desde pelo menos os anos 1990 há uma percepção corrente na literatura de que o sistema alemão de qualificação profissional exerce um papel importante na construção de um modelo de capitalismo que tem nos mecanismos de coordenação entre os atores uma de suas especificidades centrais. À medida que esse modelo vem sendo desafiado por mudanças tecnológicas e organizativas na economia global, o sistema de qualificação busca se adaptar para continuar relevante na produção de um nível de habilidades adequadas aos novos requisitos.

Para entender tal processo, há limites nas explicações demasiadamente simplificadoras, que associam a qualificação profissional com um determinado grau de especificidade das habilidades produzidas. O que se percebeu é que elementos como portabilidade, especificidade e grau de complexidade das habilidades são fontes de constantes debates entre os atores envolvidos e as soluções construídas passam por uma multiplicidade de princípios.

A divisão entre quatro diferentes regimes de qualificação proposta por Busemeyer e Trampusch (2012) fornece um útil quadro de referência para avaliar

20. Um exemplo sobre o funcionamento desse ciclo é o da substituição da ocupação de cartógrafo pela de técnico em geomática (BIBB, 2017a), motivada pela percepção da necessidade do domínio de uso de sistemas de geoinformação.

mudanças e tentativas de reação oferecidas pelos atores governamentais. Por exemplo, as tendências de aumento das características segmentalistas foram, no que diz respeito aos mecanismos de supervisão e controle, basicamente detidas, com a manutenção da importância das instâncias e processos coletivos. Por sua vez, ganha importância mecanismos de qualificação como os *dual study programs* e a própria educação continuada, cujos processos formativos não são monitorados e regulamentados pelos parceiros sociais.

Outro indicador preocupante é a redução das empresas participantes no sistema devido, entre outras razões, ao aumento de custos e de complexidade implicados pela adoção de tecnologias de digitalização. As principais formas identificadas de contraposição a esse processo vem sendo o oferecimento de um apoio estatal mais direto aos processos de qualificação, especialmente nas pequenas e médias empresas. Nesse sentido, percebe-se a existência de movimentos adaptativos que agregam princípios contraditórios ao sistema, com uma tendência à segmentação sendo contrabalanceada, de um lado, por tentativas de manutenção e ampliação do regime coletivista, e de outro, por ações que apontam uma tendência de maior ativismo governamental em direção a um modelo mais estatista.

Nesse contexto de continuidade do crescimento do ensino superior e fortes alterações nas complementaridades institucionais fundamentais ao sistema de qualificação, pode-se perceber que há ainda um conjunto bastante relevante de atores (governo, sindicatos, empresários) fortemente comprometidos com a sua manutenção e adaptação aos desafios que se apresentam. Contudo, é impossível ter clareza neste momento a respeito do formato que predominará no futuro.

REFERÊNCIAS

AUTOR, D. *et al*. The polarization of the U.S. labor market. **The American Economic Review**, v. 96, n. 2, 2006.

AUTOR, D.; DORN, D. **The growth of low skill service jobs and the polarization of the U.S. labor market**. Washington: NBER, 2009. (Working Paper, n. 15150).

BIBB – FEDERAL INSTITUTE FOR VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING. **Training regulations and how they come about**. Bonn: BIBB, 2017a.

_____. **Quality assurance of company-based training in the dual system in Germany**. Bonn: BIBB, 2017b .

_____. **VET data report Germany 2016/2017**. Bonn: BIBB, 2018.

BMAS – BUNDESMINISTERIUM FUR ARBEIT UND SOZIALES; BMBF – BUNDESMINISTERIUM FUR BILDUNG UND FORSCHUNG. **Nationale Weiterbildungs Strategie**: umsetzungsbericht. Berlin: BMAS; BMBF, 2021.

BMBF – BUNDESMINISTERIUM FUR BILDUNG UND FORSCHUNG. **Ausbildun im digitalen Wandel**: strategie fur kleine und mittlere Unternehmen. Berlin: BMBF, 2017.

BUSEMEYER, M. Asset specificity, institutional complementarities and the variety of skill regimes in coordinated market economies. **Socio-Economic Review**, v. 7, 2009.

BUSEMEYER, M.; THELEN, K. Non-standard employment and systems of skill formation in european countries. *In*: EICHHORST, W.; MARX, P. (Ed.). **Non-standard employment in a comparative perspective**. Cheltenham: Edward Elgar, 2015.

BUSEMEYER, M.; TRAMPUSCH, C. The comparative political economy of collective skill formation. *In*: BUSEMEYER, M.; TRAMPUSCH, C. (Ed.). **The political economy of collective skill formation**. Oxford: Oxford University Press, 2012.

CLIFT, B. **Comparative political economy**: states, markets and global capitalism. Londres: Red Globe Press, 2014.

CONEIN, S.; SCHAD-DANKWART, I. Similar and yet different – digitalisation and its consequences for individual occupational profiles: a comparison between industrial clerks and process mechanics. **Digital Transformation**: VET 4.0, p. 10-13, 2019.

DIETRICH, S. **Digital transformation and support requirements from the perspective of company-based training personnel**. Bonn: BIBB, 2019. Disponível em: <https://www.bibb.de/en/81804.php>.

DURAZZI, N.; BENASSI, C. Going up-skill: exploring the transformation of the german skill formation system. **German Politics**, 2018.

EBENAU, M. *et al*. **New directions in comparative capitalisms research**: critical and global perspectives. Houndmills: Palgrave Macmillan, 2015.

EMMENEGGER, P. Specificity versus replaceability: the relationship between skills and preferences for job security regulations. **Socio-Economic Review**, v. 7, 2009.

ESTEVEZ-ABE, M. *et al*. Social protection and the formation of skills. *In*: HALL, P.; SOSKICE, D. (Ed.). **Varieties of capitalism**. Oxford: Oxford University Press, 2001.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerization. *In*: WORKSHOP MACHINES AND EMPLOYMENT, 2013, Oxford. **Annals**… Oxford: Oxford University, 2013. Disponível em: <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf>.

HALL, P.; SOSKICE, D. (Ed.). **Varieties of capitalism**. Oxford: Oxford University Press, 2001.

HASSEL, A. The german model in transition. *In*: UNGER, B. **The German model**. [s.l.]: SE Publishing, 2015.

HELMRICH, R. *et al*. **Digitalisierung der arbeitslandschaften**. Keine polarisierung der arbeitswelt, aber beschleunigter strukturwandel und arbeitsplatzwechsel. Berlin: BIBB, 2016. (Wissenschaftliche Diskussionspapiere).

IVERSEN, T.; SOSKICE, D. Dualism and political coalitions: inclusionary versus exclusionary reforms in an age of rising inequality. *In*: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN POLITICAL SCIENCE ASSOCIATION, 2009, Toronto. **Proceedings**... Washington: APSA, 2009.

JACKSON, G.; DEEG, R. **How many varieties of capitalism?** Comparing the comparative institutional analyses of capitalist diversity. Köln: Max Planck Institute for the Study of Societies, 2006. (Discussion Paper, n. 06/2).

RUPIETTA, C.; BACKES-GELLNER, U. How firms participation in apprenticeship training fosters knowledge diffusion and innovation? **Journal of Business Economics**, v. 89, 2019.

SCHNEIDER, B. R. Hierarchical market economies and varieties of capitalism in Latin America. **Journal of Latin American Studies**, v. 41, 2009.

SILVA, S. P. **O paradigma de sistema público de emprego da OIT e a sua construção histórica no Brasil**. Brasília: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2562).

SORGE, A.; STREECK, W. Industrial relations and technical change: the case for an extended perspective. *In*: HYMAN, R.; STREECK, W. (Ed.). **New technology and industrial relations**. Oxford: Blackwell, 1988.

STREECK, W. On the institutional conditions of diversified quality production. *In*: MATZNER, E.; STREECK, W. (Ed.). **Beyond keynesianism**. Aldershot: Edward Elgar, 1991.

_____. Beneficial constraints. *In*: HOLLINGSWORTH, J. R.; BOYER, R. (Ed.). **Contemporary capitalism**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

_____. **Re-forming capitalism**: institutional change in the German political economy. Oxford: Oxford University Press, 2009.

_____. **Skills and politics**: general and specific. Köln: Max Planck Institute for the Study of Societies, 2011. (Discussion Paper, n. 11/1).

STORZ, C.; SCHAFER, S. **Institutional diversity and innovation**: continuing and emerging patterns in Japan and China. London: Routledge, 2011.

THELEN, K. **How institutions evolve**: the political economy of skills in Germany, Britain, the United States and Japan. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

_____. **Varieties of liberalization and the new politics of social solidarity**. New York: Cambridge University Press, 2014.

THELEN, K.; BUSEMEYER, M. **From collectivism towards segmentalism**: institutional change in German vocational training. Köln: Max Planck Institute for the Study of Societies, 2008. (Discussion Paper, n. 08/13).

WOLTER, M. *et al*. Economy 4.0 and its labor market and economic impacts. **IAB-Forschungsbericht**, n. 13, 2016.

ZINKE, G. Changing inter-occupational competencies in the wake of the digital shift: perspectives for the regulatory and implementation levels. **Digital Transformation**: VET 4.0, p. 5-9, 2019.

POLÍTICAS INDUSTRIAIS NA CHINA NOS ÚLTIMOS TRINTA ANOS[1]

Marcelo José Braga Nonnenberg[2]
Uallace Moreira[3]
Scarlett Queen Almeida Bispo[4]

O objetivo deste trabalho é apresentar as principais políticas industriais e de educação desenvolvidas pela China nos últimos trinta anos voltadas para o fortalecimento dos setores de alta tecnologia. Nesse sentido, partindo de um arcabouço teórico e metodológico de sistema setorial de inovação (SSI) e ciclos tecnológicos do produto, foi dada ênfase às principais medidas, visando o fortalecimento do processo doméstico de inovação e as políticas voltadas para o ensino superior, que as complementam. Foi visto que, principalmente a partir de meados da década de 2000, a China vem construindo uma indústria de alta tecnologia baseada tanto em empresas domésticas quanto em tecnologias domésticas, denominadas de *indigenous innovation*. Portanto, o objetivo é não apenas tornar cada vez mais a inovação industrial o principal motor do crescimento econômico como garantir uma relativa independência desses setores de conhecimento.

Palavras-chave: inovação tecnológica; indústria chinesa; políticas industriais.

INDUSTRIAL POLICIES IN CHINA IN THE LAST THIRTY YEARS

The purpose of this paper is to present the main industrial and education policies developed by China in the last thirty years that are focused on strengthening the high technology sectors. In this regard, based on a theoretical and methodological framework of sectoral innovation system and technological product cycles, we focused on the main measures to strengthen the domestic innovation process and policies for higher education, which are complement to each other. It was observed that China has been building a high-tech industry based on both domestic enterprises and domestic technologies, called "indigenous innovation", since the mid-2000s. Therefore, the goal is not only to increasingly make industrial innovation the main driver of economic growth but also to ensure relative independence of these knowledge sectors.

Keywords: technological innovation; Chinese industry; industrial policies.

POLÍTICAS INDUSTRIALES EN CHINA EN LOS ÚLTIMOS TREINTA AÑOS

El objetivo de este trabajo es presentar las principales políticas industriales y educativas desarrolladas por China en los últimos treinta años con el fin de fortalecer los sectores de alta tecnología. En este sentido, partiendo de un marco teórico y metodológico del sistema de

---

1. Este trabalho é parte do projeto de pesquisa Desenvolvimento Industrial e Tecnológico da China, na Diretoria de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais (Dinte) do Ipea.

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Dinte/Ipea; e doutor em economia da indústria e da tecnologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9854-5137>. *E-mail*: <marcelo.nonnenberg@ipea.gov.br>.

3. Professor da Universidade Federal da Bahia (UFBA); e doutor em desenvolvimento econômico pelo Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (IE/Unicamp). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8902-816X>. *E-mail*: <uallacemoreira@gmail.com>.

4. Pesquisadora do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Dinte/Ipea; e economista pela UFBA. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1034-7433>. *E-mail*: <scarlettqueenn@gmail.com>.

innovación sectorial y de los ciclos de productos tecnológicos, se hizo hincapié en las principales medidas destinadas a fortalecer el proceso de innovación nacional y en las políticas dirigidas a la educación superior, que las complementan. Se ha visto que, sobre todo desde mediados de la década de 2000, China ha estado construyendo una industria de alta tecnología basada tanto en empresas como en tecnologías nacionales, lo que se denomina *indigenous innovation*. Por lo tanto, el objetivo no es sólo hacer que la innovación industrial sea cada vez más el principal motor del crecimiento económico, sino también garantizar la independencia relativa de estos sectores del conocimiento.

Palabras clave: innovación tecnológica; industria china; políticas industriales.

JEL: F63; O25; O33.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art11

Data de envio do artigo: 4/1/2022. Data de aceite: 11/3/2022.

1 INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, algumas economias do Leste e Sudeste Asiático experimentaram períodos relativamente longos de crescimento econômico bastante acelerado, em especial o Japão, a Coreia do Sul, Taiwan, Hong Kong e Singapura. O Japão cresceu muito rapidamente até a década de 1970 e os demais até o início dos anos 1990. Num período mais recente, se destaca a China. Todos eles apresentam algumas características comuns, como a forte industrialização e o crescimento das exportações de produtos manufaturados. No entanto, no que se refere a outros aspectos, como políticas industriais, de inovação e educacionais, participação de investimentos diretos externos (IDE), definição de setores, participação de empresas estatais, cada país vai ter uma história diferente. Todos os países mencionados constituem casos de sucesso e de superação da armadilha da renda média. Entretanto, o caso da China diferencia-se dos demais por algumas razões bem conhecidas: i) a velocidade e a duração do período de alto crescimento, que se estende até os dias de hoje; ii) o tamanho da China, não apenas no que se refere à sua população, como o peso atual desse país no comércio internacional; iii) o peso geopolítico alcançado, em grande parte devido ao enorme crescimento econômico e, finalmente, iv) ao fato de ainda que seja uma economia capitalista, ter um Estado de partido único, na prática, que, ao menos no nome, é comunista. Todos esses fatos são bastante conhecidos e não precisam ser aprofundados.

O objetivo deste texto, portanto, é analisar a evolução das principais políticas de fomento à indústria na China, em especial nos últimos trinta anos, e verificar o impacto que elas tiveram e vêm tendo sobre os principais setores de alta tecnologia nesse país. Este estudo trata, basicamente, das políticas de fomento à indústria de alta tecnologia, a qual está vinculada ao arcabouço teórico e metodológico que conduz a análise deste artigo, qual seja: uma análise schumpeteriana de sistema setorial de inovação (SSI), levando em consideração o ciclo tecnológico do

produto, que permite analisar a evolução da construção do sistema de inovação de países, principalmente considerando o potencial das políticas industriais e de inovação que fortalecem setores produtivos mais intensivos em tecnologia, como é o caso da Indústria 4.0.

A partir do início deste século, as exportações chinesas passaram a crescer a um ritmo acelerado, devido, em grande parte, aos produtos de alta intensidade tecnológica. Claro que, na maior parte dos casos, a posição da China nas cadeias globais de valores (CGVs) continuava sendo predominantemente nas etapas iniciais de agregação de valor, baseadas na mão de obra. Mas, à medida que esse processo avançava, a China avançou na escala tecnológica. De um lado, passando a produzir domesticamente diversos produtos intermediários que participam das cadeias intensivas em tecnologia. De outro, passando a criar firmas nacionais que controlam todas as etapas do processo produtivo, com marcas próprias. Isso acontece na indústria automobilística, mas também na de computadores, celulares e diversos outros produtos elétricos e eletrônicos. Dessa forma, revela-se como a estratégia de transferência de tecnologia embutida nos IDEs foi vitorioso. Ressalte-se, no entanto, que essa estratégia não teria tido o mesmo sucesso caso a China não tivesse feito um grande esforço no sentido de ampliar sua capacidade de absorção de conhecimento.

Esse processo se torna mais intenso nos anos 2010. Justamente após a Grande Recessão de 2008-2009, a China passa a produzir cada vez mais domesticamente os insumos que antes importava. Dado o peso do país no comércio internacional, isso se reflete nos fluxos globais, sendo talvez a principal razão para a desaceleração relativa do comércio internacional. De fato, enquanto, por várias décadas, o comércio internacional crescia a um ritmo superior ao da produção e renda globais, nos últimos dez anos, em média, ambas as variáveis crescem a uma velocidade muito parecida.

Nos anos recentes, o extraordinário crescimento das exportações de manufaturados da China passou a despertar pressões protecionistas, principalmente, mas não apenas, dos Estados Unidos. O crescimento da China e de boa parte da Ásia também foi responsável, em parte, pela perda de empregos industriais de trabalhadores de baixa qualificação no mercado norte-americano, com redução de salários, não obstante as cada vez mais baixas taxas de desemprego nos Estados Unidos até o início da pandemia.

De alguma forma, o aumento das exportações chinesas, que por vários anos contribuiu para o crescimento da economia global, inclusive permitindo uma forte redução dos preços dos produtos manufaturados, passa a incomodar principalmente os Estados Unidos. O crescimento de um passa a impactar o crescimento do outro. Pelo menos essa é a percepção por parte de boa parte da

sociedade norte-americana. A pandemia da covid-19 apenas reforçou a tendência de *re-shoring*, ou o reforço das cadeias produtivas domésticas, observada não apenas nos Estados Unidos, mas também em diversos outros países.

Todavia, o acirramento das tensões entre as duas maiores economias mundiais não se restringe ao comércio. Talvez até mais importante é a disputa tecnológica. O avanço recente da China não se dá apenas na indústria, mas também nos serviços, principalmente com o fechamento de suas fronteiras virtuais às *big techs* (grandes empresas de tecnologia) ocidentais, como Facebook e Google.

Assim, a China vem, nos últimos anos, começando a se fechar – não obstante ser o maior exportador mundial – e promovendo um processo de substituição de importações. E isso se reflete sobretudo no aumento de sua autonomia nos setores e produtos mais intensivos em tecnologia. Xi Jinping anunciou recentemente investimentos de US$ 1,4 trilhão em desenvolvimento de infraestrutura tecnológica como 5G, automação etc.

A evolução da economia chinesa, em particular levando em consideração sua estrutura produtiva e seu sistema de inovação, apontam para o aprofundamento e fortalecimento de um ecossistema de inovação que propiciam à China operar em setores com maior complexidade tecnológico. Em diversos produtos intensivos em tecnologia, o peso dos fornecedores locais é superior a 80%, e o peso dos *first tier suppliers* (primeiro nível de fornecedor), superior a 60%, como, por exemplo, painéis solares, trens de alta velocidade, turbinas eólicas, sistemas digitais de pagamentos, máquinas agrícolas. Praticamente os únicos produtos altamente intensivos em tecnologia em que a participação de empresas locais no mercado doméstico é muito pequena são semicondutores e aviões. Todavia, a China tem realizado vários esforços para nacionalizar também a indústria de semicondutores (Woetzel *et al.*, 2019).

Além desta introdução e a conclusão, o artigo é composto de mais cinco seções. Na segunda seção apresenta-se uma breve discussão sobre o arcabouço teórico/metodológico que é base para analisar a evolução das políticas industriais e de inovação na China, identificando seu alinhamento com as características do novo padrão tecnológico chamado de Indústria 4.0. A terceira seção introduz o conceito de Indústria 4.0. A quarta seção analisa as principais políticas de inovação enquanto trata das políticas voltadas para a educação superior. Na seção 5 avaliam-se alguns indicadores da evolução do sistema educacional da China, elemento primordial para o fortalecimento do sistema de inovação do país. Na seção 6 examina-se as estratégias de *catch-up* (emparelhamento) adotadas pela China, que complementam as políticas de inovação. Na conclusão faz-se uma síntese das principais ideias do artigo, apontando para o fato de que a

evolução das políticas industriais e de inovação na China criaram um ecossistema inovacional capaz de se inserir na nova fronteira tecnológica da Indústria 4.0.

2 BREVE CONTEXTO TEÓRICO/METODOLÓGICO

Do ponto de vista da corrente de pensamento neo-schumpeteriana, uma das principais estratégias para o desenvolvimento das nações e a superação da armadilha da renda média é a inovação tecnológica. Nelson (1993) afirma que o avanço tecnológico constitui simultaneamente a principal força motora e o catalisador da geração e do apoio aos investimentos no novo capital físico e humano, dimensões essenciais para uma trajetória de crescimento sustentável, associada a profundas transformações estruturais de um país.

Nesse sentido, Malerba (2004) e Malerba e Nelson (2011) afirmam que o modelo de SSI tem como ponto de partida entender a relação entre *catch-up* (emparelhamento) e SSI, considerando que existem diferenças significativas entre os setores econômicos envolvidos no *catch-up*, isto é, as empresas operam em um contexto de sistemas setoriais de inovação mais amplos que diferem de setor para setor, o que implica em identificar a particularidade de cada setor para lograr o *catch-up*. As principais dimensões constituintes de um sistema setorial e sua relevância para o *catch-up* são os chamados blocos teóricos, os quais consistem em: i) analisar os regimes de conhecimento e tecnologias; ii) identificar as bases de conhecimento associados ao padrão tecnológico; iii) avaliar as condições de demanda da tecnologia do setor produtivo (ou regimes de mercado); iv) avaliar os atores e redes e coordenação envolvidos nos setores produtivos considerados estratégicos; e v) as instituições correlacionadas, tais como leis, cultura etc. Ou seja, o SSI analisa o desenvolvimento setorial da indústria a partir do estudo de como essas dimensões contribuíram para o avanço ou retrocesso do processo de *cath-up* industrial de cada país.

Segundo Malerba (2004), esses elementos interagem de várias maneiras, gerando diversos resultados em termos de desempenho inovador e de mercado, crescimento, estrutura e dinâmica do setor. Os sistemas setoriais evoluem e mudam com o tempo. Algumas dessas mudanças são incrementais e se baseiam em características e recursos anteriores, enquanto outras são mais radicais e representam descontinuidades com o passado.

Nessa mesma linha de raciocínio, Lee e Kim (2009) afirmam que a inovação tecnológica e novos paradigmas tecnológicos são fundamentais para o *catch-up* tecnológico, principalmente considerando países de industrialização tardia e as janelas de oportunidade que uma nova fronteira tecnológica cria para novos países se inserirem em diversos setores produtivos. Por exemplo, os autores mostram que a construção da curva de aprendizagem, criando capacidade de absorção de conhecimento, investindo no desenvolvimento tecnológico e no ensino superior

são mais eficazes na geração de crescimento para os países de renda média alta e alta, como é o caso da China. Isso porque, com um sistema de inovação fortalecido, o país tem maior capacidade de incorporar novas tecnologias ao sistema produtivo por diversas fontes, seja via transferência de tecnologia e internalização do conhecimento, formação de *joint-venture*, ou inovação local realizada por empresas nacionais com capacidades internas construídas.

Para Lee (2013), o termo central sobre avanço tecnológico do SSI e aprendizado nos países de *catching-up* é a capacidade de absorção, ou seja, a capacidade de uma empresa de identificar, absorver e entender o conhecimento técnico que permite a introdução de produtos e processos novos para a empresa, criando, assim, as condições para a apropriabilidade do conhecimento. A capacidade dos países retardatários em criar estoque local de conhecimento, ou seja, o grau de difusão de conhecimento intranacional e intrafirma, é proporcional ao nível de capacidade tecnológica do país, embora também seja afetada pelas diferenças organizacionais entre as empresas.

Na verdade, de acordo com Lee (2013), a capacidade de absorção, compreendida aqui como a capacidade de uma empresa de identificar, valorizar, assimilar e explorar o conhecimento do ambiente econômico/tecnológico, é um elemento fundamental para o *catch-up* tecnológico e é visto como uma das principais restrições para o desenvolvimento econômico dos retardatários, como o caso da China. Sem um mínimo de desenvolvimento da capacidade de absorção do conhecimento para internalizar o processo, os ciclos tecnológicos curtos podem significar maiores barreiras para o *catch-up* tecnológico.

Para Lee (2013), a análise do SSI está associada à ideia de ciclos de vida tecnológico do produto, com a hipótese básica de que o *catch-up* tem mais probabilidade de ocorrer quando as mudanças na tecnologia ou nas gerações de produtos ocorrem com mais frequência, como acontece em certos setores tecnológicos, e isso está associado à duração do tempo de ciclo das tecnologias. O tempo de ciclo se refere à velocidade com que as tecnologias mudam ou se tornam obsoletas e a velocidade e frequência com que surgem novas tecnologias. Os diversos setores produtivos que compõem a chamada Indústria 4.0 têm como características justamente o fato de terem ciclos tecnológicos mais curtos, abrindo janelas de oportunidades para países que tenham capacidades internas construídas, as quais se fortalecem através de políticas industriais e de inovação.

De acordo com Lee (2013), com essas contínuas mudanças, países retardatários qualificados podem implementar políticas para se especializarem em vantagens competitivas nesses setores e se especializar neles. Essa estratégia é arriscada, mas sensato porque os países retardatários não têm que depender muito das tecnologias existentes dominadas pelos operadores históricos/produtores,

porque o curto ciclo de tais tecnologias implica que o domínio do operador histórico tende com mais frequência a ser interrompido, e que novas tecnologias emergentes tecnologias apresentam novas oportunidades.

3 O QUE É A INDÚSTRIA INTELIGENTE, OU INDÚSTRIA 4.0?

Um ponto antecede a discussão sobre que caminhos a indústria chinesa está privilegiando e quais produtos deverá priorizar: definir o que significa a nova revolução industrial. Alguns denominam de Indústria 4.0,[5] outros de Indústria Inteligente, outros de Digitalização dos Processos Industriais. Na verdade, é muito mais uma discussão sobre processos do que sobre produtos. Não se trata mais de criar novos produtos como *notebooks*, robôs ou *smartphones*. Centenas ou milhares de novos produtos podem ser criados, mas a revolução está nos processos, em como atingir novas formas de produção. De uma forma geral, os novos processos de produção estão sendo radicalmente modificados pela digitalização (OECD, 2018). Os principais insumos deixam de ser aço, petróleo ou transistores e passam a ser dados.

> A digitalização está transformando os processos de inovação, reduzindo os custos de produção, promovendo a colaboração e a inovação aberta, diluindo as fronteiras entre a fabricação e a inovação em serviços e acelerando, em geral, os ciclos de inovação. Os dados se tornaram um fator principal para atividades inovadoras, e muitas inovações são incorporadas em *software* ou dados (OECD, 2018, p. 21, tradução nossa).[6]

Dados se transformam no principal insumo, na medida em que praticamente todas as áreas de pesquisa passam a ser intensivas em grandes bases de dados, da engenharia à bioquímica, das ciências sociais à física. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de *softwares* capazes de interagir com essas bases de dados torna-se cada vez mais relevante. Ainda de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (Organization for Economic Co-operation and Development – OECD) (2018), cinco grandes áreas determinam o avanço das inovações agora e nos próximos anos: i) demografia; ii) recursos naturais e energia; iii) mudanças climáticas; iv) globalização e saúde; e v) desigualdade e bem-estar social. São eles que vão pautar os caminhos da ciência e tecnologia.

---

5. De acordo com Leal, Lima e Filgueiras (2017), a Indústria 4.0 estaria associada também ao que se chama de Quarta Revolução Industrial, que é caracterizada por uma fusão de tecnologias que estreita as linhas entre as esferas física, digital e biológica na estrutura produtiva. As tecnologias incluem inteligência artificial (IA), robótica, internet de coisas, veículos autônomos, impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência de materiais, armazenamento de energia e computação quântica. Diante dessas transformações, a questão crucial é se a combinação e a aplicação generalizada dessas tecnologias também resultariam em um efeito líquido positivo para as economias e sociedades em geral, como por exemplo, seus impactos no mercado de trabalho.

6. *"Digitalisation is transforming innovation processes, lowering production costs, promotingcollaborative and open innovation, blurring the boundaries between manufacturing and service innovation, and generally speeding up innovation cycles. Data have become a main input to innovative activities, and many innovations are embodied in software or data"*.

Individualmente, com os avanços na digitalização, a tecnologia que mais se torna importante é a IA. Novamente, não é um produto em si, mas uma forma de processar informação. A IA encontra aplicações em diversas indústrias. Os maiores números de patentes associados a ela relacionam-se a grandes capacidades de análise e armazenamento, tecnologias de som e imagem e computação em alta velocidade e em rede (OECD, 2017). Junto com ela, novas tecnologias também assumem papel de relevo: o uso da *blockchain* na produção (e não em criptomoedas), impressão em 3D, biotecnologia e bioeconomia, novos materiais (viabilizados pela digitalização) e nanotecnologia (OECD, 2018). O relatório da OECD de 2016 incluía como tecnologias emergentes, além dessas, a internet das coisas (*internet of things* – IoT), neurotecnologias, manufatura aditiva (3D), tecnologias avançadas de armazenamento de energia e biologia sintética (OECD, 2016). Mais uma vez, são as tecnologias e processos que predominam sobre produtos. E se distribuem por vários campos do conhecimento, como sistemas digitais, biotecnologia, energia e novos materiais.

Uma definição levemente distinta do que vem a ser a Indústria 4.0 é que ela é caracterizada pela combinação de internet avançada, tecnologias de comunicação, sistemas embutidos e máquinas inteligentes (Wübbeke *et al.*, 2016). Os avanços começam na maior rapidez e capacidade de armazenamento e processamento, com consequente redução de custos. Englobam tanto o desenvolvimento de aparelhos e máquinas cada vez mais integrados, com aumento da eficiência e rapidez, como os *softwares* necessários a esse desenvolvimento.

Em artigo clássico de Hermann, Pentek, Otto (2015), os autores afirmam que todas essas tecnologias que compõem a chamada Indústria 4.0 criam e articulam fábricas inteligentes em um sistema produtivo e de comercialização substancialmente diferente, onde os sistemas de fabricação estão conectados verticalmente ao longo da cadeia produtiva e horizontalmente com outras redes de valor, podendo ser geridos em tempo real. Além do mais, as empresas inseridas na fronteira tecnológica da Indústria 4.0 vão ter a possibilidade de estabelecer redes globais com os seus equipamentos, depósitos e unidades de produção articulados por sistemas ciberfísicos. Estes sistemas ciberfísicos são máquinas, sistemas de armazenagem e unidades de produção inteligentes, os quais podem propiciar troca de informações de forma autônoma, desencadeando ações e controles mútuos de modo independente.

A amplitude e complexidade dessas áreas do conhecimento colocam obstáculos cada vez maiores. As necessidades de recursos devem ser crescentes e dificilmente poderão ser atendidas a contento pelos estados mais ricos. Mesmo assim, sem forte apoio do Estado, pesquisas nessas áreas não terão condições de avançar muito.

4 EVOLUÇÃO RECENTE DAS POLÍTICAS INDUSTRIAIS E DE INOVAÇÃO NA CHINA

4.1 Especificidades do sistema chinês

Antes de examinar a evolução das principais políticas de incentivo à inovação na China, vale fazer um pequeno interlúdio sobre as diferenças das formas de aplicação e dos impactos das políticas em países de economia descentralizada, ainda que com forte presença do Estado, e num país como a China, em que mesmo com forte participação de empresas privadas, o papel do Estado é muito mais forte e determinante.

Em primeiro lugar, o papel dos bancos estatais na China é muito grande. Cerca de 70% dos recursos dirigidos a empresas é feito por meio de empréstimos bancários, sendo os 30% restantes financiados por títulos de dívida e emissões de ações por parte das empresas. Verdade que uma parcela crescente dos empréstimos é realizada por *shadow banks*, que englobam uma multiplicidade de instituições precariamente reguladas. No entanto, boa parte dos títulos de dívidas emitidas pelas empresas é comprada por instituições financeiras estatais (Kroeber, 2020).

Em segundo lugar, o peso das empresas estatais é expressivo. Embora seja muito difícil estimar a contribuição das empresas estatais para o produto interno bruto (PIB) da China, Zhang (2019) estima que o peso das empresas controladas pelo estado (State Owned Enterprises – SOE) no PIB situa-se entre 23% e 27%. No caso do emprego, esse percentual cai para cerca de 4,5%. No entanto, quando se examinam as maiores empresas, essa participação aumenta fortemente. Na lista das 103 empresas chinesas que aparecem na lista da *Fortune 500* em 2018, apenas 16 eram privadas e as demais 87 eram estatais (Kroeber, 2020, p. 131). Em 2000, havia apenas 27 estatais chinesas nessa lista (Lin *et al.*, 2020). Note-se, entretanto, que as empresas estatais dependem muito pouco de recursos fiscais, que representam menos de 10% do total de recursos (Lin *et al.*, 2020). Ainda que as empresas privadas sejam responsáveis por mais da metade da geração de valor adicionado na China, deve-se agregar o fato de boa parte ou a totalidade possuir um comitê do Partido Comunista da China (PCC) na sua direção, o que as compele a seguir as diretrizes emanadas pelo governo federal.

Isso significa que a importância da formulação de políticas econômicas na China deve ser bem maior do que na maioria dos países democráticos. Em países como Alemanha, Coreia do Sul ou Indonésia, os governos desenvolvem planos de incentivo à inovação com financiamentos, subsídios e gastos diretos, que vão criar incentivos a empresas, privadas em geral, a seguir determinados caminhos e diretrizes (Breznitz, 2021). Entidades públicas, como institutos de pesquisa e universidades, também tomarão decisões compatíveis com os planos, mas são incentivos e diretrizes que têm um poder relativo de tentar guiar agentes privados

e públicos numa determinada direção. E, obviamente, são discutidos pela sociedade em diversos fóruns, inclusive nos parlamentos nacionais. Há uma grande endogeneidade nesse processo. À medida que resultados vão sendo alcançados, certos caminhos e objetivos podem eventualmente ser modificados.

O peso e a importância das políticas na China são totalmente diferentes. A China é um país autoritário, com o poder centralizado no PCC, em especial no Politburo. Desde a posse do atual presidente, Xi Jinping, o poder vem sendo cada vez mais concentrado nas suas mãos, com redução do poder até mesmo do Primeiro-Ministro. No entanto, as províncias e as principais cidades têm relativo grau de autonomia, mas devem procurar agradar ao poder central (Kroeber, 2020).

Dessa forma, planos de política econômica representam muito mais do que orientações e diretrizes, como nos demais países. São determinações que devem ser rigidamente seguidas, ainda que possam passar por ajustes ao longo do tempo. Ou seja, as macropolíticas indicam com grande clareza quais os objetivos, estratégias e instrumentos que serão utilizados pelo Estado chinês para atingir o plano (World Bank e DRC, 2019). Por isso, apresentam maior importância que instrumentos semelhantes adotados em outros países. Por essa razão, merecem uma enorme atenção dos analistas, mais do que planos de outros países, onde o foco do interesse é o resultado.

Na época da economia do conhecimento, não é razoável imaginar que os países possam avançar sem a presença de fortes instituições de Estado que ajudem a promover a geração, a difusão e a transferência de ciência e tecnologia (C&T). Nas economias mais desenvolvidas, essa presença pode não ser tão expressiva nem muito ostensiva, já que a presença de grandes empresas privadas, universidades e centros de pesquisa podem suprir em parte esse papel. No entanto, em economias de renda média, quando ainda estão se constituindo grandes empresas privadas domésticas, no início do processo de desenvolvimento da indústria de alta tecnologia, como na China, é fundamental a forte presença do estado. Sobretudo quando se almeja implementar uma estratégia de *catch-up*. No entanto, nos países que tiveram êxito com essa estratégia, o início foi marcado por políticas de absorção de conhecimento externo, em grande parte por meio de IDEs.

Esse foi o caminho adotado pela China nas primeiras décadas do processo de desenvolvimento, até o início do século XXI. A importância dos IDEs para o crescimento chinês nesse período foi mostrada por diversos autores, como Berthélemy e Démurger (2000), e também Zhang (1995) e Wang e Swain (1995). O primeiro trabalho demonstra, econometricamente, para o período 1985 a 1996, que existia uma relação dupla entre IDE e crescimento econômico, ao menos na China. Ou seja, tanto os investimentos externos favoreceram o crescimento econômico como o crescimento contribuiu para o ingresso de IDE.

Nesse período, o crescimento industrial chinês foi marcado pelo desenvolvimento de montadoras integradas a investidores estrangeiros, baseados no baixo custo da mão de obra. Esses fatores foram decisivos para o aumento da produção e da exportação de bens de baixa e média intensidade tecnológica e a inserção em etapas de baixo valor agregado em produtos mais intensivos em conhecimento, por meio das CGVs. Essa estratégia permitiu um grande crescimento das exportações e também do mercado doméstico. Claro que diversos outros fatores tiveram importância fundamental nesse processo, como a proximidade geográfica e cultural com Hong Kong, a política cambial adotada nos anos 1990, a isenção de impostos, a escala do mercado doméstico chinês, entre outros (Kroeber, 2020).

Isso não significa que a China já não desse atenção a políticas voltadas ao desenvolvimento de C&T desde antes. Já em 1985, surge a decisão sobre a reforma da administração do sistema de C&T, seguida, em 1995, pela decisão de acelerar o progresso científico e tecnológico, da Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (Lee e Wang, 2010). Entretanto, a partir do início deste século, o governo chinês começou a alterar essa estratégia, buscando tanto a inserção em produtos de maior valor agregado como a construção de um Sistema Nacional de Inovação (SNI) que permita não apenas a absorção como também a geração de conhecimento próprio.

Uma das principais alterações foi o documento *The National Medium and Long-Term Program for Science and Technology Development*, do Conselho de Estado[7] (2006- 2020). Nele são afirmados os princípios de que o desenvolvimento da China dependerá, a partir de então, e cada vez mais, do progresso em C&T e inovação como formas de elevar a produtividade.[8] Nesse contexto, surge como crucial o conceito de *indigenous innovation* para a mudança do modelo de crescimento e aumento da competitividade. Esse conceito se traduz pela ênfase em "inovação original, inovação integrada e reinovação baseada em assimilação e absorção de tecnologia importada, de forma a aumentar a capacidade nacional de inovação", conforme consta na introdução do documento. Portanto, a inovação será o motor do crescimento econômico. Até onde possível, deverá ser baseado em esforços domésticos de geração de conhecimento. Onde não for possível, em absorção de conhecimento externo.

O mesmo documento listou várias tecnologias que, naquele momento, deveriam receber especial atenção, por serem consideradas de fronteira. Eram elas biotecnologia, tecnologia da informação, materiais avançados, manufatura avançada, tecnologias energéticas avançadas, tecnologias marinhas e tecnologia aeroespacial.

7. Órgão máximo do Poder Executivo, chefiado pelo primeiro ministro.
8. Ver o capítulo 5 de Kroeber (2020).

A principal fonte de absorção de conhecimento externo sempre foi o investimento externo. A mudança da política de inovação certamente deve ter levado a um recrudescimento da pressão sobre os investidores estrangeiros, através das *joint-ventures*, a promover a desejada transferência de conhecimento (Kroeber, 2020, p. 76). O que, obviamente, não afastou o investimento estrangeiro, que ainda assim continuou usufruindo de enormes benefícios decorrentes dos baixos custos da mão de obra chinesa, da estabilidade das instituições, dos subsídios concedidos a diversas atividades relacionadas e também ao crescente mercado doméstico chinês.

Jin, Lee e Kim (2008) mostram que, na verdade, a importância dos investimentos externos e da inovação como causas do crescimento chinês se alterou ao longo dos anos. Com base em dados provinciais, eles indicam que, enquanto entre 1988 e 1993 os principais motores do crescimento foram os investimentos externos e as exportações, entre 1997 e 2003 as variáveis relacionadas a inovação, como número de patentes e gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), foram os principais determinantes da expansão da economia. Um outro conjunto de reformas relativas à atração de investimentos externos ocorreu um pouco antes, em 2003, quando o governo anunciou uma lista de produtos de alta tecnologia que seriam incentivados. Em 2007, o governo divulgou outra lista de produtos de baixa intensidade tecnológica, cuja produção passaria a ser restrita na China. Eles deixariam de receber incentivos quando produzidos no litoral, mas continuariam a receber subsídios se as empresas se deslocassem para o interior, especialmente nas regiões centrais e ocidentais (Huang e Soete, 2007).

O debate na literatura sobre as políticas industriais e de inovação na China tem em comum o fato de reconhecerem que a prioridade a essas políticas é um fenômeno muito recente, que ganha mais importância a partir dos anos 1990. Para Kroeber (2020), o desenvolvimento industrial da China desde 1978 pode ser considerado como resultado de dois processos de longo prazo: i) a transição de uma economia de comando comunista para um sistema mais orientado para o mercado, com uma realocação constante de recursos do Estado para o setor privado; e ii) a adoção gradual de uma estratégia de desenvolvimento do Leste Asiático, semelhante às do Japão, Coreia do Sul e Taiwan, onde o Estado é um ator proeminente na condução do processo de industrialização e inovação, promovendo setores específicos. Para o autor, é um erro entender a industrialização da China como resultado simplesmente de políticas de reforma pró-mercado, ou simplesmente de uma estratégia de desenvolvimento de cima para baixo mais eficaz, pois essas duas dimensões estão presentes na China.

Outro ponto relevante apontado por Kroeber (2020) é que o processo de industrialização teve uma característica exclusivamente chinesa, não compartilhada

no mesmo grau por outros países do Leste Asiático em desenvolvimento ou economias de transição pós-comunistas: uma forte dependência do IDE. Isso é de suma importância para entendermos os dois últimos grandes projetos de industrialização e inovação na China no período mais recente: Made in China 2025 (MIC2025) e o 14º Plano Quinquenal. Esse fato é relevante porque essa relação com o IDE foi substancial até cerca de 2006, mas, desde então, o governo chinês colocou como essencialidade em suas políticas industriais e de inovação a necessidade de reduzir a dependência do investimento estrangeiro e desenvolver as capacidades das empresas nacionais, comumente chamado na literatura *neo-schumpeteriana de indigenous innovation e indigenous capabilities*, já explicado anteriormente.

Durante esse período recente em que a política industrial e de inovação ganhou mais centralidade na China, na administração do presidente Hu Jintao (2003-2012), a política industrial teve um caráter considerado mais estatista, com o governo promovendo grandes projetos de infraestrutura em grande escala, implementando medidas de proteção para as estatais e desacelerando o ritmo das reformas de mercado. A ideia era permitir que as empresas chinesas recuperassem a participação de mercado contra as empresas estrangeiras que ingressaram no país na década anterior. As maiores empresas estatais foram reorganizadas sob uma agência do governo central com o objetivo de transformá-las em campeãs globais (Kroeber, 2020).

O State Owned Assets Supervision and Administration Commission (Sasac) tem como finalidade atuar como acionista do governo em quase duzentos grupos empresariais estatais controlados centralmente. Em vez de o próprio Conselho de Estado tentar descobrir como exercer seus interesses de propriedade no vasto império empresarial nominalmente sob seu domínio, a Sasac assumiu a responsabilidade de nomear a alta administração e responsabilizá-la pelo cumprimento de metas financeiras, como retorno sobre ativos e mercado de ações, assim como crescimento da produção, inovação e maior inserção internacional, da mesma forma que um acionista controlador de uma empresa normalmente faria.

Um elemento especialmente central da estratégia industrial do governo Hu foi o esforço para fazer com que as empresas chinesas se tornassem mais inovadoras, sob a bandeira de uma política chamada *indigenous innovation*, lançada em 2006. Essa política incluía subsídios para P&D em várias indústrias prioritárias de alta tecnologia, recompensas tanto para o depósito de patentes quanto criação de padrões técnicos, incentivo para empresas nacionais e garantia de compras públicas do governo dos produtos de fabricação chinesa, além de imposição de requisitos mais rígidos para empresas estrangeiras transferirem tecnologias-chave para empresas locais como condição para serem autorizadas a investir na China (Kroeber, 2020).

A ascensão de Xi Jinping ao poder, presidente da China desde 2013, começa com a identificação de algumas limitações na estrutura produtiva do país, em particular o excesso de capacidade de produção na indústria pesada e o diagnóstico da necessidade de reduzir a quantidade de empresas estatais no país. Com isso, houve um consenso de que o governo precisava diminuir a ênfase na indústria pesada e fazer mais para promover o setor de serviços, além de desregulamentar os preços dos principais insumos (principalmente energia, terra e capital), com a finalidade de estimular o investimento mais orientado para o mercado e eficiente, racionalizando o número das empresas estatais em expansão e criar mais espaço para empresas privadas (Kroeber, 2020).

É interessante observar que a política industrial na China está associada às políticas de inovação, preconizando o fortalecimento da inovação como estratégia para o alcance de ganhos de produtividade no setor produtivo, diferenciando-se das políticas tradicionais dos anos 1960 e 1970, que priorizavam a expansão da capacidade física, e da busca por aumento da competitividade perseguida na década de 1990, que era dissociada de políticas industriais mais nítidas em relação ao potencial de inovação, principalmente considerando as novas fronteiras tecnológicas.

De acordo com Fu (2015), no final dos anos 1980, essa relação entre política industrial e o aprofundamento do SNI na China já estava em evidência, quando a China começou a reformar seu sistema de ciência e tecnologia por meio de uma série de políticas, priorizando P&D de tecnologias-chave. Xiwei e Xiangdong (2007) afirmam que aconteceram três reformas a partir dos anos 1980 que foram essenciais para fortalecer o SNI da China. A primeira fase estendeu-se de 1985 a 1992: em 1985, o governo central emitiu um decreto, cujo título era *The Resolution of the Central Committee of the Communist Party of China on the Reform of the S&T System*. Esse decreto impulsionou a reforma dos centros de C&T, principalmente para fortalecer os vínculos entre universidades públicas, institutos de pesquisas e a indústria. Regulamentações e leis relativas a patentes e transferência de tecnologia foram emitidas para facilitar as ligações entre essas instituições. A primeira zona nacional de desenvolvimento de alta tecnologia foi estabelecida em Pequim em 1988. O Torch Program foi lançado no mesmo ano para promover o estabelecimento de zonas adicionais de alta tecnologia, cujo objetivo era facilitar as regulamentações e dar suporte para a construção de instalações de centros de pesquisas, para atrair empresas estrangeiras de alta tecnologia e incentivar o estabelecimento de empresas nacionais de alta tecnologia em zonas especiais em toda a China. Os planejadores do governo estabeleceram essas zonas de alta tecnologia nas proximidades de universidades e institutos públicos de pesquisas, com a finalidade de promover ligações entre pesquisadores e empresas.

Nessa primeira fase chama a atenção também o 863 Program, lançado em 1986, programa mais importante na área de alta tecnologia. Ele cobre vinte tópicos selecionados de oito áreas prioritárias: biotecnologia, informação, automação, energia, materiais avançados, marinho, espacial, *laser* e tecnologia oceânica. As primeiras seis áreas são gerenciadas pelo Ministry of Science and Technology (Most), e seu objetivo era melhorar a capacidade geral de P&D da nação e acompanhar os avanços da tecnologia de ponta no mundo. Enquanto isso, o programa também impulsionava a formação de profissionais para o século XXI, mobilizando mais de 10 mil pesquisadores para 2.860 projetos a cada ano. Alguns dos resultados da pesquisa desenvolvida por este programa se tornaram a força central de suas indústrias correspondentes.

A segunda fase estendeu-se de 1992 a 1999. No contexto da macrorreforma, a reforma do sistema de C&T passou por importantes ajustes estruturais. Dois programas foram importantes nesse período: a S&T Progress Law of PRC e o Climbing Program. Esses programas eram para promover a pesquisa básica, enquanto instituições públicas de pesquisa e universidades receberiam maior autonomia operacional para conduzir pesquisas. Uma medida importante foi o Conselho de Estado divulgar um documento, intitulado *Commissions on Education and Science*, o qual objetivava estimular e orientar um cenário de maior estreitamento das relações entre universidades e institutos de pesquisas e as empresas, com a finalidade de promover várias formas de vínculos, incluindo serviços técnicos, cooperação para o desenvolvimento, produção e gestão, bem como investimento em tecnologia. Além do mais, pesquisadores e professores universitários foram autorizados a aceitar empregos de pesquisa em tempo parcial ou integral em empresas ou estabelecer suas próprias empresas de alta tecnologia, mantendo seus cargos.

A terceira fase começou em 1999. Durante este período, a ideia de construir uma nação inovadora com base na C&T foi reafirmada, particularmente propondo o maior fortalecimento do SNI, acelerando a comercialização dos resultados das pesquisas dos centros tecnológicos chineses. Uma medida importante foi a transformação de institutos de pesquisa aplicada de propriedade do governo em empresas de alta tecnologia ou empresas de serviços técnicos. Em nível nacional, 242 institutos de pesquisa afiliados ao State Committee for Economics and Trade foram beneficiados com os programas de incentivos para fortalecer o potencial de inovação. Nesse período, foi lançado o 9º Plano Quinquenal (1996-2000), enfatizando o desenvolvimento da capacidade interna da indústria de *hardware* da China para aumentar a porcentagem de componentes domésticos em computadores montados na China e na produção de periféricos. Destes 242 institutos, 131 foram incorporados a corporações (grupos), 40 foram transformados em corporações de C&T sob a regulamentação dos governos

locais, 29 foram transformados em grandes corporações de C&T de propriedade do governo central, 18 foram transformados em agências e os 24 restantes incorporados em universidades ou fechados.

No 10º Plano Quinquenal (2001-2005), a inovação também ganha destaque, com os programas chamados Golden Projects – incluindo o Golden Bridge e o Golden Customs –, os quais tinham como foco o aumento das capacidades de inovação, especialmente em circuitos integrados e tecnologia de *software*. Chama a atenção a chamada The Policies for Encouraging Software Industry and Integrated Circuit Industry, anunciada pelo Conselho de Estado em 2000, com grande influência no desenvolvimento da indústria de software, acelerando substancialmente a atividade desse setor (Xiwei e Xiangdong, 2007; Fu, 2015).

Um ponto central entre essas fases é o 12º Plano Quinquenal, o qual colocou a inovação como um elemento-chave para promover um padrão de desenvolvimento mais equilibrado, no qual a chamada *indigenous innovation* ganhou maior relevância. Fu (2015) afirma que, no início de 2006, a China convocou uma cúpula para o National Science and Technology Summit, que publicou o *National Medium- and Long-Term Science and Technology Development Plan 2006-2020*, cujo objetivo era aumentar o gasto com P&D de 1,2 % do PIB para mais de 2,5%, que seria um índice ligeiramente acima da média dos países da OECD, até 2020. Uma característica distinta do plano é a adoção da inovação como uma nova estratégia nacional e a meta de impulsionar a China no *ranking* de países orientados para a inovação até 2020. Desde então, a inovação foi reconhecida como o motor para mudar a pauta de exportações da China. Isso vai corroborar para o país superar um modelo de crescimento de estrutura produtiva que tinha como base produtos de baixo custo para um modelo de crescimento sustentável baseado em tecnologias do conhecimento, da inovação, com maior intensidade tecnológica.

É relevante notar que a implementação de várias medidas para estimular o processo de desenvolvimento da inovação nacional na China foi acompanhado pela administração dos sistemas de C&T por vários órgãos relevantes, considerados atores estratégicos: Ministry of Education (MOE), formalmente o State Education Committee; Most, com o nome oficial de State Science and Technology Committee (SSTCC); China Academy of Sciences (CAS); China Academy of Engineering (CAE); China Academy of Social Science (CASS) e o National Science Foundation Committee (NSFC). Essas agências cooperam com outros ministérios industriais, que também têm seus próprios institutos de pesquisa e projetos, incluindo o Ministry of Information Technology Industry (Miti), o State Administration of Machine building Industry (Sami), formalmente chamado de The Ministry of Machinery Industry (MMI) e o Ministry of

Electronics Industry. Esses órgãos administrativos formulam e implementam o programa e as políticas de C&T do país (Xiwei e Xiangdong, 2007).

O MOE é responsável não apenas por todo o sistema educacional, mas também serve como uma base importante para a pesquisa. Muitas das melhorias efetivas da China evoluíram de pesquisas originalmente financiadas por este ministério. A fim de melhorar a pesquisa em alta tecnologia que atendesse às crescentes demandas da indústria, o MOE criou o University Technology Development Center, responsável por definir políticas para empresas afiliadas às universidades e financiar uma série de pesquisas de base nas principais universidades, incluindo alguns dos principais laboratórios universitários. O Most é composto por sete departamentos principais no nível central e responsável pela definição de políticas de C&T, gestão de orçamento governamental de P&D e estabelecimento de leis e regulamentos relacionados. As contrapartes do governo local fornecem a certificação de pessoal técnico, avaliam os resultados da pesquisa e promovem o intercâmbio de informações nacional e internacionalmente.

A CAS é um sistema de institutos de pesquisa do governo. Fundado em 1949 como a agência líder em pesquisas relacionadas à defesa em armas nucleares, satélites e tecnologias de propulsão a jato, é o instituto de pesquisa acadêmica de alto nível responsável por projetos de pesquisa nacionais fundamentais de C&T. Na década de 1980, enquanto mantinha a pesquisa básica como sua principal preocupação, a CAS conduzia P&D que tinha grandes aplicações comerciais. Ela também presta consultoria para importantes políticas e planos nacionais de desenvolvimento de C&T, e agrega os mais altos institutos acadêmicos e de pesquisa em engenharia e ciências sociais. A instituição também participa da tomada de decisões governamentais em suas respectivas áreas (Xiwei e Xiangdong, 2007; Fu, 2015).

Muitos autores, como Fu (2015), Kroeber (2016) e Xiwei e Xiangdong (2007), afirmam que o sistema de inovação de 1987 seguiu o modelo de uma forte administração centralizada. Os institutos de pesquisa públicos – não havia nenhum privado – conduziam a maioria dos projetos de P&D, financiados principalmente pelo governo central ou local. As universidades eram as principais responsáveis pela educação, com envolvimento limitado em P&D. As empresas raramente participavam dos projetos dos institutos de pesquisa e eram responsáveis por atividades limitadas de inovação *downstream* relativas à sua produção. Sob tal sistema, pesquisadores em universidades tiveram poucos incentivos para conduzir pesquisas produtivas ou para transferir suas realizações de pesquisa para aplicações comerciais. A partir de 2003, as empresas passam a ganhar maior relevância no SNI chinês, com as empresas – estatais e privadas – tornando-se as principais forças das atividades de tecnologias da informação, e as universidades também passando a assumir uma base significativa para a inovação tecnológica.

Três elementos, relacionados a seguir, corroboram para entendermos melhor o rápido aumento nos gastos com pessoal e P&D por parte das empresas chinesas, entre 1991 e 2004, de acordo com Xiwei e Xiangdong (2007).

1) Houve um processo de transformação de institutos de pesquisa público em institutos de empresas, de modo que os institutos públicos de pesquisa contribuíram para aumentar o número de pesquisadores e a capacidade de P&D das empresas. Entre os 1.149 institutos públicos de pesquisa transformados em instituições privadas, 1.003 tornaram-se empresas ou partes de empresas, o que significou um aumento de 102 mil funcionários de C&T. As empresas afiliadas às universidades e institutos públicos, muitas das quais envolvidas nos setores de alta tecnologia, também aumentaram a densidade de P&D dos institutos nas empresas. As empresas afiliadas a universidades têm se desenvolvido em um ritmo acelerado desde 1991, depois que o governo endossou as diretrizes para fomentar uma maior aproximação entre empresas e universidades. Em 2004, havia 4.593 empresas afiliadas a universidades, com uma receita total de ¥ 97 bilhões.

2) Com a aplicação da política de abertura desde a década de 1980, o mercado tornou-se cada vez mais competitivo, o que estimulou as atividades de P&D.

3) Como consequência da maior aproximação entre universidades e institutos públicos de pesquisa com empresas e institutos de pesquisas das empresas, houve um crescimento considerável do potencial de P&D das empresas (Xiwei e Xiangdong, 2007).

O aprofundamento das políticas industriais e de inovação na China, com a finalidade de fortalecer o SNI e lograr avanços em seu *catch-up* tecnológico, ganha maiores proporções com dois grandes projetos no período mais recente: o MIC2025, implementado em 2015; e o 14º Plano Quinquenal, anunciado em 2020. Ambos os planos têm como principais horizontes o aprofundamento das transformações estruturais na China em direção a uma economia mais inovadora e com estruturas industriais suficientemente competitivas em setores mais intensivos em tecnologia, dimensões vistas como fundamentais para o país se consolidar como uma nação de alta renda, assim como grande potência econômica mundial.

4.2 O MIC2025

Finalmente, a mudança mais drástica na política de inovação foi o MIC2025, lançado em 2015. Os objetivos são: i) tornar a China líder global na produção de produtos de alta intensidade tecnológica, usando cada vez mais tecnologia

localmente produzida; e ii) fazer com que a indústria chinesa avance das indústrias 2.0 e 3.0 para a Indústria 4.0 (Wübbeke *et al.*, 2016). Esse é um desafio enorme, na medida em que, apesar de todos os avanços conquistados nas últimas décadas, os processos industriais na China ainda se encontram bem menos avançados do ponto de vista tecnológico do que os da maioria dos países desenvolvidos. O MIC2025 mira em tecnologias e não tanto em produtos, podendo-se destacar:

- tecnologia de informação de nova geração;
- máquinas computadorizadas e robôs de última geração;
- aeronáutica e espacial;
- equipamentos marítimos e navios de alta tecnologia;
- equipamentos ferroviários avançados;
- novas fontes de energia e veículos com baixo uso de energia;
- equipamentos de energia;
- máquinas agrícolas;
- novos materiais; e
- indústria farmacêutica e equipamentos médicos avançados.

Isso inclui boa parte de todas as indústrias de média e alta intensidade tecnológica. O objetivo é substituir tecnologias do exterior por tecnologias desenvolvidas localmente e ampliar o valor agregado doméstico nesses setores, promovendo um amplo esforço de substituição de importações, substituindo partes e componentes importados por insumos produzidos no país. Essa estratégia irá implicar e já está implicando mudanças na estrutura de comércio exterior da China e, dado o seu enorme peso no comércio de produtos industrializados, no comércio global e nas cadeias globais de valor. No entanto, parece apontar para políticas de fortalecimento de conteúdo local, amplamente condenadas pela Organização Mundial do Comércio (OMC). De acordo com Wübbeke *et al*. (2016), o objetivo era já atingir pelo menos 50% de componentes domésticos em 2020 em veículos movidos a novas fontes de energia, navios de alta intensidade tecnológica, robôs industriais e equipamentos médicos avançados.

De acordo com Wang, Wu e Chen (2020), o MIC2025 foi o primeiro passo para transformar a China em uma potência industrial líder mundial e foi considerado a versão chinesa da Indústria 4.0, principalmente a partir do modelo do plano com o mesmo nome da Alemanha. Uma das principais diferenças entre MIC2025 e Indústria 4.0 está relacionado aos seus objetivos e estágios de desenvolvimento dos dois países. A Indústria 4.0 da Alemanha é um plano para evoluir da Indústria 3.0

para a Indústria 4.0, enquanto o MIC2025 da China é um plano para desenvolver da Indústria 1.0 ou Indústria 2.0 para a Indústria 4.0.

O MIC2025 tem como objetivos melhorar várias capacidades competitivas, ou seja, ecologia, inovação, qualidade, custo e integração de industrialização e informação (I&I) (Wang, Wu e Chen, 2020). A Indústria 4.0 envolve a adoção de uma estratégia dupla para integrar as tecnologias de informação e comunicação com as estratégias tradicionais de alta tecnologia, e para criar e servir novos mercados líderes para tecnologias e produtos do Sistema Cibernético Físico (Cyber-Physical Systems). Comparando as metas do MIC2025 e da Indústria 4.0, eles compartilham algumas metas semelhantes, como o desenvolvimento dos setores produtivos mais intensivos em tecnologia. Entretanto, algumas das metas do MIC2025 não são focadas pela Indústria 4.0, como a ideia da sustentabilidade.

Para Zenglein e Holzmann (2019), o MIC2025 tem duas principais dimensões de preocupação: primeiro, garantir a superação da armadilha da renda média, principalmente com o arrefecimento do crescimento econômico a partir de 2006 (gráfico 1); segundo, a China identificou um problema que muitos países em desenvolvimento enfrentaram, que é o aumento dos salários corroendo sua vantagem comparativa, tornando-os incapazes de competir com a produtividade e inovação das economias avançadas. Para superar essa problemática, o MIC2025 colocou como prioridade o desenvolvimento dos setores produtivos mais intensivos em tecnologia pertencentes ao que se convencionou chamar de Indústria 4.0.

Assim como aconteceu no final dos anos 1980 e ao longo dos anos 1990, a estratégia MIC2025 da China é principalmente uma política doméstica/nacional destinada a impulsionar as chamadas *indigenous capabilities* e a *indigenous innovation*. Aliada ao desenvolvimento nacional e local das capacidades de inovação interna, o MIC2025 também coloca como estratégia as relações com economias mais avançadas com potencial tecnológico e com suas multinacionais, objetivando garantir o acesso a tecnologias estrangeiras, levando para o mercado chinês cadeias de valor tecnológicas com o intuito de reduzir a dependência de parceiros estrangeiros.

Enquanto um plano com medidas setoriais, a abordagem escolhida para cada objetivo depende da relevância de uma determinada indústria para os alvos estratégicos nacionais da China. Quanto maior a lacuna/*gap* tecnológico, mais importante é para as empresas chinesas obterem acesso ao *know-how* estrangeiro (Zenglein e Holzmann, 2019).

Para Wang, Wu e Chen (2020), Li (2018) e Zenglein e Holzmann (2019), o MIC2025 pode ser considerado uma estratégia de desenvolvimento das estruturas produtivas similar aos chamados modelos de desenvolvimento do Leste Asiático, caracterizado por políticas industriais que visam setores estratégicos e um governo forte que alinha efetivamente os interesses comerciais (estatais e privados) com as

metas nacionais. Usando esse modelo, a China acredita que irá superar com sucesso a armadilha da renda média e reduzir sua dependência de tecnologia estrangeira. Zenglein e Holzmann (2019) afirmam que, tomando os Tigres Asiáticos como exemplo – Coreia do Sul, Taiwan, Singapura e Hong Kong –, o MIC2025 visa mover partes mais sofisticadas da cadeia de valor e P&D de alto calibre para a China. Se bem-sucedido, replicaria as conquistas da indústria eletrônica em outros setores de alta tecnologia, por exemplo.

Li (2018) afirma que o MIC2025 foi um projeto desenvolvido em conjunto pela China's National Development and Reform Commission (NDRC) e pelo Most, com contribuições adicionais do Ministry of Industry and Information Technology (Miit). O MIC2025 é a primeira fase de um grande plano "trifásico", que guiará a China a se tornar uma potência mundial de manufatura, cuja finalidade é dominar a produção do mundo. O plano se concentra na melhoria da qualidade dos produtos fabricados na China, na criação de marcas próprias, na construção de uma sólida capacidade de fabricação por meio do desenvolvimento de tecnologias avançadas de ponta, da pesquisa de novos materiais e da produção de peças e componentes essenciais dos principais produtos.

Para Li (2018), inicialmente o plano MIC2025 foi previsto para ser estendido a três fases. A fase I cobre o ano de 2015 a 2025; durante este período, a China se esforçaria para ser incluída na lista de países com potência global de manufatura. A fase II contempla o período de 2026 a 2035, quando alcançaria o nível médio no campo de poder manufatureiro mundial. Na fase III, de 2036 a 2049, época em que a República Popular da China (RPC) comemora seu aniversário de cem anos, a China lograria seu sonho em ser uma potência manufatureira líder no mundo.

Para alcançar sua ambiciosa meta de levar ciclos inteiros de produção de alta tecnologia para o país, a China está buscando uma abordagem multifacetada ao lidar com parceiros estrangeiros. Eles podem ser categorizados em três grupos, conforme a seguir descrito.

1) *Bargaining chips* (setores de baixo valor): são empresas estrangeiras em setores que os planejadores econômicos da China consideram de menor valor estratégico. É o caso de bens de consumo, como franquias de restaurantes ou varejo. O setor automotivo também passou para essa categoria, uma vez que grande parte de sua produção já foi transferida para a China e é menos importante para futuras atualizações. Medidas como a dispensa da exigência de *joint-venture* no setor automotivo são utilizadas pelos interlocutores chineses como moeda de troca nas negociações de reciprocidade. Mas eles são muito menos significativos para as empresas estrangeiras do que seriam há uma década.

2) *Willing tech partners* (parceiros fáceis): o governo chinês se esforça para convencer as empresas estrangeiras a transferir as partes mais sofisticadas

de sua cadeia de valor para a China, com o objetivo de promover o avanço tecnológico da indústria nacional e, direta ou indiretamente, levar à desejada incorporação dessas cadeias de valor à economia do país. O setor de eletrônicos de consumo é um exemplo da implementação bem-sucedida dessa estratégia: a China começou apenas montando produtos, mas agora produz tecnologia básica mais sofisticada e outros componentes importantes.

3) *Hard-to-get tech targets* (metas de difícil alcance): as principais empresas estrangeiras de tecnologia que retêm as partes mais importantes de suas cadeias de valor fora da China são mais difíceis de abordar. Nesse sentido, na busca de acesso ao seu *know-how* e tecnologias, o governo chinês usa diferentes abordagens estratégicas, como: i) atrair empresas com ofertas de melhor acesso ao mercado ou empresas que estejam mais disponíveis para fazer formação de *joint-venture*, com transferência de tecnologia; ii) usar o investimento estrangeiro direto chinês para comprar grandes empresas ou *know-how* considerado crucial para os objetivos do MIC2025; e iii) adotar estratégias de absorção de tecnologias externas via imitação, ou mesmo via espionagem industrial ou ciberataques.

Não se tem valores exatos dos recursos destinados pelo MIC2025, mas sem dúvida nenhuma a China está investindo centenas de bilhões para torná-lo um sucesso. Muito além dos subsídios industriais clássicos, a implementação do MIC2025 é apoiada por uma grande variedade de ferramentas financeiras, que vão desde esquemas de compensação de seguro a incentivos fiscais, financiamento facilitado para pequenas e médias empresas e financiamento direto para zonas de demonstração e projetos-piloto.

Como mencionado na seção 1 deste trabalho, os bancos públicos são estratégicos na trajetória de desenvolvimento da China. Nesse sentido, os principais bancos estatais, como o China Construction Bank (CCB), o Industrial and Commercial Bank of China (ICBC) e o China Development Bank (CDB), vêm ampliando fortemente seus recursos para os setores considerados estratégicos. Em novembro de 2016, o CDB prometeu cerca de ¥ 300 bilhões para a implementação do MIC2025 nos próximos cinco anos. Em março de 2018, havia mais de 1.800 fundos de investimento industrial do governo com um tamanho agregado de cerca de ¥ 3 trilhões (Ling, 2018; Zenglim e Holzmann, 2019).

Do ponto de vista de alguns atores estratégicos da dimensão do governo, o Miti e o Ministério das Finanças (MF) lançaram um fundo para estimular a modernização industrial da China. O Miti anunciou até 25 tarefas principais para financiamento em 2017 e 2018, a fim de impulsionar as capacidades de inovação de manufatura da China (por exemplo, para semicondutores e sensores inteligentes), apoiar inovações

em novos materiais e melhorar as plataformas de serviços industriais, bem como a coordenação geral da cadeia de suprimentos. As projeções eram de que só esse tipo de apoio financeiro chegasse a pelo menos ¥ 10 bilhões em 2017.

É relevante notar aqui também o papel das empresas nacionais – privadas e estrangeiras. As empresas estatais chinesas continuam a desempenhar um papel essencial para o desenvolvimento de indústrias estratégicas e equipamentos de alta tecnologia associados ao MIC2025. Nos chamados setores-chave, como telecomunicações, construção naval, aviação e ferrovias de alta velocidade, as estatais ainda têm uma participação na receita de cerca de 83%. No que o governo chinês identificou como indústrias pilares (por exemplo, eletrônicos, fabricação de equipamentos ou automotivo), chega a 45% (Zenglim e Holzmann, 2019).

De acordo com Zenglim e Holzmann (2019), as empresas privadas nacionais também exercem papel estratégico no MIC2025. Com as reformas, houve processos de fusões e aquisições de empresas estatais, de modo que empresas privadas assumiram participações em algumas das maiores empresas estatais da China. Além do mais, dada a força do setor privado nas principais indústrias emergentes, *chief executive officers* (CEOs) de empresas relevantes como Alibaba, Baidu, Huawei e Tencent são capazes de exercer algum nível de influência na direção da formulação de políticas do PCC nessas áreas. A estratégia de promover a Indústria 4.0 no país, com maior ênfase na IA, foram amplamente impulsionadas por empresas privadas de tecnologia.

Isso não significa, entretanto, uma mudança fundamental na relação de poder entre o setor privado e o Estado. Do ponto de vista da atuação do PCC, as empresas privadas de tecnologia da China terão que alinhar seus negócios com os objetivos nacionais abrangentes relacionados à competitividade nacional, mas também para proteger as cadeias de abastecimento e desenvolver tecnologias emergentes para fins militares e de segurança nacional. Com isso, quando as empresas são contempladas com benefícios do MIC2025, assim que uma empresa se torna líder em um setor de importância estratégica nacional, espera-se que ela contribua para atingir as metas nacionais e se associe ao governo, entre outras coisas, alinhando investimentos e P&D estreitamente com as políticas governamentais. Um exemplo proeminente foi o recrutamento de uma equipe nacional de IA pelo Miti em 2017, envolvendo os gigantes da internet Baidu e Alibaba e as empresas de IA, iFlyTek e SenseTime.

Sobre a relação entre governo, empresas estatais e empresas nacionais, Kroeber (2016) afirma que a China tem um setor privado grande e em rápido crescimento, que, no agregado, responde pela maior parte da produção econômica e do emprego, e sua participação em ambos está aumentando. No entanto, as empresas privadas são, em média, pequenas. A esmagadora maioria

das maiores empresas da China é estatal, e elas dominam virtualmente todos os setores capital-intensivos. A participação do setor estatal nos ativos nacionais é muito maior do que em qualquer outra grande economia, comandando uma parcela dos recursos (como capital financeiro, terras e energia) muito maior do que sua contribuição para a produção econômica e também são partes integrantes da estrutura de poder político. Frequentemente, são usadas como instrumentos de política macroeconômica e regulamentação do setor. Portanto, o poder e a importância das empresas estatais são maiores do que o implícito apenas nas estatísticas econômicas sobre a redução do número das empresas estatais no país.

Para Kroeber (2016), para entender essa dinâmica empresarial é necessário compreender o chamado sistema empresarial chinês, o qual é essencialmente um mecanismo de organização da propriedade estatal, mas tem implicações na maneira como o setor privado se desenvolveu, com a Sasac exercendo um papel estratégico na coordenação das empresas estatais e da atuação das empresas privadas. Para se ter uma ideia dessa articulação, com a ascensão e acirramento dos conflitos entre China e Estados Unidos, o presidente Xi Jinping e o Comitê Central do PCC traçaram um plano para a chamada "Nova Era", em que o partido tenha melhor controle sobre os negócios privados na China. O plano, intitulado e anunciado como Opinion on Strengthening the United Front Work of the Private Economy in the New Era – detalhado em um comunicado de 5 mil palavras – orientava que todas as regiões e departamentos do país fossem instruídos a seguir as novas diretrizes. A declaração tem como finalidade melhorar o controle do PCC sobre a iniciativa privada e empreendedores por meio do United Front Work, com a ideia de "melhor focar a sabedoria e o fortalecimento dos empresários privados no objetivo e na missão de realizar o grande rejuvenescimento da nação chinesa" (Gill, 2020, tradução nossa).

Alguns indicadores contribuem para avaliarmos a trajetória recente da economia chinesa, que está associada às políticas industriais e de inovação adotadas nos últimos anos. As medidas de políticas industrial e de inovação na China coincidem com um processo de transição da China de uma trajetória de elevado crescimento econômico, com taxas acima de 10%, para uma dinâmica de arrefecimento do crescimento para taxas de 6% (gráfico 1). Mesmo que possamos considerar uma queda do crescimento, ainda assim são taxas elevadas quando comparadas com a dinâmica do crescimento mundial. Mas sem dúvida nenhuma confirma a preocupação do governo chinês em que esse arrefecimento não implique um processo de armadilha para o país, de modo que o MIC2025 e o 14º Plano Quinquenal se mostram essenciais para dinamizar a atividade produtiva e de inovação do país, principalmente considerando os setores intensivos em tecnologias como essenciais para o *catch-up* tecnológico como caminho para a consolidação da China como nação de renda alta.

4.3 O 14º Plano Quinquenal

Em 2020, a China anuncia o 14º Plano Quinquenal, que pode ser compreendido como um planejamento de continuidade da busca da China em superar suas deficiências estruturais apontadas como dependência externa em itens estratégicos para a estrutura produtiva do país, principalmente considerando o novo cenário internacional. No próprio plano, fica em evidência a necessidade de um plano nacional tendo em vista o cenário geopolítico e as novas demandas para o desenvolvimento, como a inovação e a sustentabilidade, com inclusão social.

Analisando especificamente as dimensões das políticas industrial e de inovação, de acordo com o Center for Security and Emerging Technology (CSET), em 2020, o 14º Plano Quinquenal considera o papel central da inovação na modernização geral da China, com a busca da autossuficiência e o autoaperfeiçoamento em C&T atuando como suportes estratégicos para o desenvolvimento nacional, orientados para a vanguarda mundial em C&T, para os principais campos de conflitos econômicos diante do cenário geopolítico atual e para as principais necessidades da nação. A estratégia é revigorar a China por meio da ciência e da educação, potencializar a estratégia de desenvolvimento voltada para a inovação, aprimorando o SNI, e acelerar o esforço para tornar a China uma potência de C&T. A partir dessa perspectiva, o 14º Plano Quinquenal apresenta algumas dimensões essenciais para lograr esses objetivos.

1) Fortalecimento da C&T como dimensão estratégica do desenvolvimento nacional. O objetivo principal é tornar a China uma potência de C&T, melhorando o SNI, dando ênfase à pesquisa básica e à inovação nacional. Para isso, concentram-se em setores estratégicos, como IA, informação quântica, circuitos integrados, complexo econômico industrial da saúde, bioengenharia, tecnologia aeroespacial. Chama a atenção a proposta de construir centros de ciência de inovação nacionais e regionais, tais como em Pequim, Xangai e na Grande Baía de Guangdong-Hong Kong-Macau.

2) Aprimorar a capacidade de inovação tecnológica das empresas. A principal estratégia é aumentar a escala/número de empresas que inovam. Para isso, o governo contempla maiores estímulos para uma maior integração entre indústria, universidades e institutos de pesquisa, através da formação de consórcios de inovação para realização de grandes projetos de pesquisas entre empresas, universidades e centros tecnológicos nacionais. O plano cita, literalmente, o uso de incentivos fiscais para estimular o aumento do investimento em P&D, tanto para as grandes empresas, como também para as pequenas e médias empresas focadas em nichos de inovação.

3) Estimular a vitalidade inovadora dos talentos. A proposta envolve reformas das instituições de pesquisa e universidades, com o intuito de criar mais talentos e formação de equipes especializadas em desenvolvimento tecnológico e inovação com nível de competitividade e qualidade mundial. Uma das principais propostas para lograr esse objetivo são as reformas nos mecanismos de avaliação das universidades e centros de ciência e tecnologia, assim como a ideia de construir um "exército de jovens talentos", principalmente relacionado a engenheiros. Além disso, o 14º Plano Quinquenal também aponta para o uso de incentivos fiscais e alocação de maior volume de recursos para estimular esses avanços.

4) Aprimorar as instituições e mecanismos de inovação em C&T. Nessa dimensão, a proposta é fortalecer o sistema nacional de governança e avaliação de C&T, promovendo a alocação integrada de projetos, com a formação de talentos e distribuição de fundos para setores considerados estratégicos, particularmente aqueles contemplados na fronteira tecnológica da Indústria 4.0. Um ponto relevante nessa dimensão é a preocupação em fortalecer a proteção da propriedade intelectual e aumentar a eficácia da transferência e conversão das realizações de C&T em aplicações práticas, considerando comercialização e aplicação ampliada de novas tecnologias. Para isso, o plano propõe aumentar o investimento em P&D no apoio à pesquisa básica e de ponta.

Do ponto de vista da política industrial, o 14º Plano Quinquenal também está estritamente relacionado com a lógica da inovação, do desenvolvimento científico e tecnológico, considerando a necessidade do desenvolvimento de um sistema industrial moderno. De acordo com o CSET, as principais dimensões na busca pela modernização da estrutura do sistema industrial chinês são as abaixo relacionadas.

1) Modernização de cadeias produtivas. O plano propõe manter a participação da manufatura no PIB basicamente estável e fortalecer os alicerces da economia real. Isso será viabilizado através do aprofundamento dos pontos fortes da cadeia de produção e da cadeia de abastecimento existentes, levando em consideração as vantagens já estabelecidas de escala industrial e, ao mesmo tempo, criando cadeias de produção novas e emergentes, promovendo o aumento de escala e diversificação da cadeia produtiva, principalmente considerando a "indústria inteligente 4.0", além de contemplar a transformação verde de indústrias tradicionais e o desenvolvimento do setor de serviços. Um dos mecanismos para alcançar esse objetivo é o maior investimento em infraestrutura no país para

superar deficiências da cadeia de produção e da cadeia de abastecimento, implementando projetos de reengenharia da base industrial.

2) Desenvolvimento de indústrias emergentes estratégicas. O foco aqui claramente é o que se chama Indústria 4.0, o que deixa em evidência que o 14º Plano Quinquenal é uma continuidade do MIC2025, isto é, promover a automação industrial e a integração de diferentes tecnologias como IA, robótica, IoT e computação em nuvem com o objetivo de promover a digitalização das atividades industriais, melhorando os processos e aumentando a produtividade. Nesse item, o setor aeroespacial e naval, pontos de forte vantagem competitiva da China, são nitidamente citados como estratégicos. A ideia do desenvolvimento de *clusters* é tratado como um mecanismo importante para o desenvolvimento de indústrias de manufaturas avançadas, desenvolvendo novas tecnologias, novos produtos, novos formatos industriais, utilizando o mecanismo de fusões e reestruturações de empresas como mecanismo de promover escala e escopo em novos setores produtivos.

3) Aceleração do desenvolvimento de indústrias de serviços modernos. Acelerar o desenvolvimento do setor de serviços como P&D e design, estrutura logística moderna e serviços jurídicos, promovendo a integração do setor entre o setor de serviços, com as indústrias manufatureiras avançadas e a agricultura moderna.

4) Coordenação da promoção da construção de infraestruturas. Nesse item, há nitidamente uma lógica de construção de um sistema de infraestrutura associado à necessidade dos avanços em setores produtivos relacionados à Indústria 4.0, com a proposta de uma nova infraestrutura para a disseminação de redes de comunicações 5G, com construção de grandes centros de dados. A questão energética também é considerada, afirmando a necessidade de uma revolução energética, aprimorando os sistemas de produção, fornecimento, armazenamento e comercialização de energia, com foco na exploração e o desenvolvimento nacional de petróleo e gás.

5) Desenvolvimento baseado em digitalização. Essa é mais uma dimensão incorporada na estratégia do desenvolvimento dos setores mais intensivos em tecnologia, com o objetivo de desenvolver a digitalização industrial, estimulando a integração profunda das economias digital e real e criando *clusters* de indústria digital competitivos internacionalmente. Para isso, o objetivo é expandir a abertura ordenada de informações e dados públicos básicos e construir plataformas nacionais abertas para compartilhamento unificado de dados, salvaguardando a segurança dos dados nacionais.

Essas fases analisadas até aqui deixam em evidência a busca da China pelos avanços em estruturas produtivas mais intensivas em tecnologia e a busca de

consolidação como uma nação que ultrapassou a armadilha da renda média. Uma das principais estratégias é o *catch-up* tecnológico, focando principalmente em setores considerados vitais, que fazem parte da fronteira tecnológica atual. A análise desses planos, considerando a metodologia da teoria do ciclo de vida de curto prazo tecnológico e o SSI discutidos na seção 2 deste artigo, mostram que a China vem utilizando as janelas de oportunidades – geradas pelas transformações tecnológicas e econômicas – para lograr estágios mais avançados de desenvolvimento, muitas vezes adotando a estratégia do *leapfrogging*.

Na China, os gastos em P&D, os investimentos em parques tecnológicos, os programas de compras e de financiamento de governo voltados para indústrias de alta tecnologia, tanto no setor de tecnologia da informação e da comunicação, na biotecnologia e energia, quanto no programa espacial e militar, reafirmam a estratégia do país em lograr estruturas produtivas mais densas e diversificadas, dando ao país maior autonomia em sua trajetória de desenvolvimento.

A China também divulgou que nos próximos planos quinquenais do país haverá prioridade na estratégia chamada Dual Circulation Strategy (Wheatley, 2020), com foco em inovação e tecnologia, como nova estratégia para enfrentar o duelo econômico contra os Estados Unidos. Essa nova estratégica tem duas linhas de ação: i) fortalecer o mercado interno; e ii) ampliar o investimento tecnológico.

4.4 Avanços em indicadores de inovação

Em Jamrisko, Lu e Tanzi (2021) – que considera dimensões como intensidade em P&D, valor adicionado na manufatura, produtividade, densidade em alta tecnologia, eficiência no setor de serviços, concentração de pesquisadores e atividade de patentes –, chama a atenção a ascensão da China e queda dos Estados Unidos. Os Estados Unidos e a China são responsáveis por grande parte da inovação mundial e também estão travando uma batalha em áreas-chave de política, como direitos de propriedade intelectual. A diferença entre eles em relação ao potencial de inovação diminuiu continuamente durante o período de estudos da Bloomberg. Em 2020, a China ocupou a 16ª posição no *ranking* como país mais inovador no mundo, com seus melhores índices em dimensões como a 9ª posição em densidade em setores de alta tecnologia, 3ª posição em nível em atividade em patentes e a 13ª posição em atividades intensivas em P&D.

Os resultados dos indicadores da Bloomberg, mostrando o avanço da China enquanto uma economia inovadora, apontam para o relativo sucesso das políticas industriais e de inovação da China, e isso pode ser verificado em alguns indicadores do SNI do país.

Para os países considerados de industrialização tardia, um dos aspectos para lograr *catch-up* tecnológico é construir suas bases de capacidades, isto é, construir suas

aptidões tecnológicas, as quais compreendem dois elementos importantes na trajetória do desenvolvimento de uma nação: i) ter uma base de conhecimentos existentes para promover o aprendizado tecnológico, dado que o conhecimento influencia o processo de aprendizado, bem como a natureza da experiência acumulada futura; e ii) a intensidade do esforço ou do comprometimento. Não basta simplesmente expor os indivíduos ou as empresas ao conhecimento, mas é necessário o empenho consciente de seus membros para internalizar este conhecimento. Sem isso, o aprendizado não pode acontecer (Kim, 2005).

De acordo com Schiller e Lee (2015), entender o SNI é relevante porque ele é resultado da natureza interativa do aprendizado da inovação, a interface entre ciência e indústria tornando-se mais permeável nos vínculos gerais e universidade-indústria, que também incluem institutos governamentais e privados de pesquisa, que se tornou um modo particularmente importante de transferência de conhecimento. Mazzoleni e Nelson (2007) já argumentaram que a pesquisa em universidades e laboratórios públicos é importante para os processos de *catching-up*, devido ao seu potencial para criar capacidades tecnológicas e científicas locais.

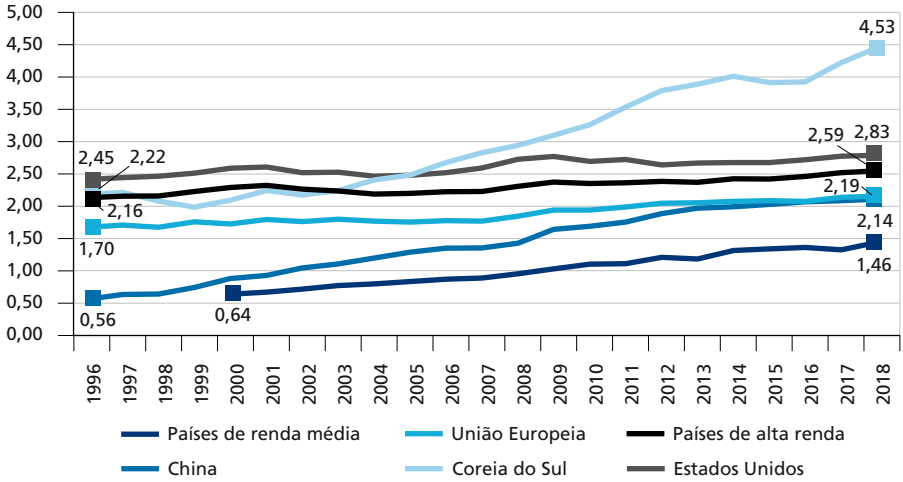
O nível das capacidades acadêmicas do sistema científico de um país está fortemente vinculado às capacidades tecnológicas de suas empresas, pois suas contribuições são cruciais para atividades de negócios tecnologicamente avançadas: i) os graduados altamente qualificados trazem novos conhecimentos para suas empresas e, portanto, são um elemento necessário na atualização de estratégias; ii) a pesquisa universitária pode estabelecer uma base para inovação e assistência direta à solução de problemas para as empresas. Esses vínculos estreitos entre educação, ciência e indústria estão no centro do conceito bem estabelecido do processo de inovação interativa; e iii) para criar capacidades acadêmicas suficientes, é necessário investimento público externo no ensino superior, vinculado a objetivos claramente definidos para o desenvolvimento do ensino superior e a atualização tecnológica (Schiller e Lee, 2015).

A capacidade dos países retardatários em criar estoque local de conhecimento, ou seja, o grau de difusão de conhecimento intranacional e intrafirma é proporcional ao nível de capacidade tecnológica do país, embora também seja afetada pelas diferenças organizacionais entre as empresas. Nesse sentido, entender a evolução de alguns indicadores do SNI da China é essencial para avaliar as possibilidades da China de internalizar tecnologia com a finalidade de fortalecer seu sistema produtivo mais intensivo em tecnologia.

Um dos indicadores que corroboram para essa constatação é a relação do investimento em P&D como proporção do PIB (gráfico 1). A China elevou o investimento em P&D como proporção do PIB de 0,56% em 1996 para 2,19% em 2018. Com isso, ultrapassou o percentual dos países de renda média (1,57% em

2018), mas ainda está um pouco abaixo da média dos países ricos (2,59% em 2018). Dada a velocidade do processo de inovação na China, dos ambiciosos planos de investimentos em inovação – MIC2025 e o 14º Plano Quinquenal –, é bem possível que a China ultrapasse o percentual médio dos países ricos em investimento em P&D, aproximando-se dos percentuais dos países da OECD e da União Europeia, como também de outros países líderes como Alemanha (3,09%, em 2018) e Coreia do Sul (4,81%, em 2018). Em relação aos Estados Unidos, com percentual de 2,84% em 2018, a China está mais próxima, o que confirma o estudo da Bloomberg, o qual afirma que o *gap* de potencial de inovação entre os países vem se reduzindo cada vez mais ao longo do tempo.

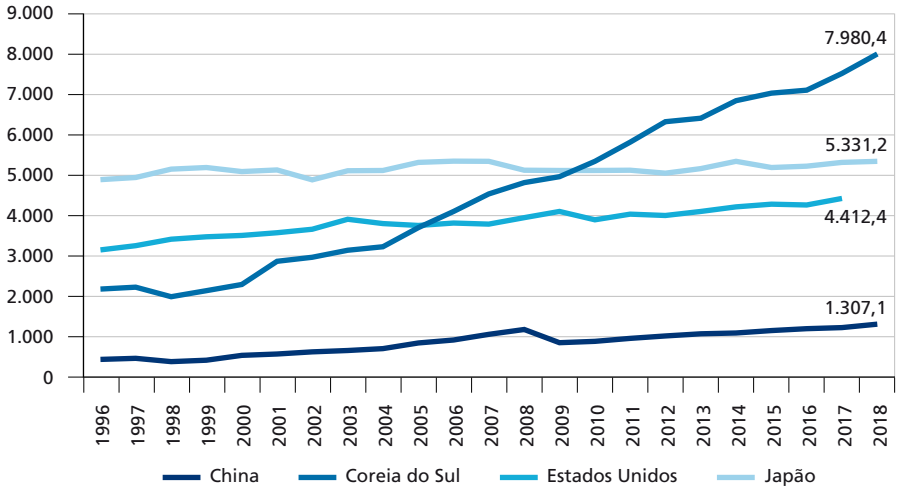
GRÁFICO 1
Investimento em P&D
(Em % do PIB)



Fonte: The World Bank Data.
Elaboração dos autores.

Entretanto, em outros indicadores, a China ainda fica bem abaixo dos países mais ricos e inovadores. Apesar do forte aumento do número relativo de pesquisadores, a China ainda fica bem atrás dos principais países em inovação. Enquanto esse indicador, para a China, em 2018, era de 1.307, para os Estados Unidos (2017) era de 4.412, para o Japão, de 5.333, e, para a Coreia do Sul, de 7.980, um crescimento de 267% desde 1996. Claro que, dado o tamanho da população da China, esse número ainda significa a existência de um considerável contingente de pesquisadores.

GRÁFICO 2
Pesquisadores em P&D, por 1 milhão de habitantes



Fonte: World Development Indicators.
Elaboração dos autores.

Na tabela 1, alguns indicadores selecionados do SNI da China apontam para a evolução do seu fortalecimento interno de capacidade de inovação, com crescimento contínuo em todos os indicadores da tabela relacionados ao ensino superior, às instituições científicas de P&D e ao papel das grandes e médias empresas com atividades de P&D. Em relação ao ensino superior, o número de instituições de P&D saltou de 3.481 em 2001 para 18.379 em 2019. O número de projetos de P&D no ensino superior também chama muita atenção, saltando de 280.324 projetos em 2005 para 1.188.769 em 2019. As despesas no ensino superior em P&D eram de ¥ 102,4 bilhões em 2001 e em 2019 alcançaram ¥ 1,796 trilhão.

TABELA 1
Indicadores do SNI da China

Indicadores	2001	2005	2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ensino superior											
Número de instituições de P&D (unidade)	3.481	3.936	5.159	9.225	9.842	10.632	11.732	13.062	14.971	16.280	18.379
Número de projetos de P&D (item)	-	280.327	429.096	657.027	711.010	766.731	841.520	894.279	966.780	1.076.903	1.188.769
Equivalente em tempo integral de pessoal de P&D (10 mil homens-ano)	17,1	22,7	26,6	31,4	32,5	33,5	35,5	36,0	38,2	41,1	56,6
Despesa em P&D (¥ 100 milhões)	102,4	242,3	390,2	780,56	856,7	898,1	998,59	1.072,24	1.265,96	1.457,88	1.796,62
Instituições científicas de P&D											
Número de instituições de P&D (unidade)	-	3.901	3.727	3.674	3.651	3.677	3.650	3.611	3.547	3.306	3.217
Número de projetos de P&D (item)	-	39.072	54.900	79.343	85.069	91.465	99.559	100.925	112.472	117.871	125.642
Equivalente em tempo integral de pessoal de P&D (10 mil homens-ano)	20,5	21,5	26,0	34,4	36,4	37,4	38,4	39,0	40,6	41,3	42,5
Despesa em P&D (¥ 100 milhões)	288,5	513,1	811,3	1.548,9	1.781,4	1.926,2	2.136,5	2.260,2	2.435,7	2.691,7	3.080,8
Grandes e médias empresas industriais											
Número de instituições de P&D (unidade)	7.419	9.352	13.241	-	-	-	-	-	-	-	-
Número de projetos de P&D (item)	-	70.580	103.234	192.755	205.146	210.997	173.298	187.100	215.506	213.215	242.806
Equivalente em tempo integral de pessoal de P&D (10 mil homens-ano)	37,9	60,6	101,4	181,9	197,7	203,8	198,6	196,4	193,1	201,6	199,6
Despesa em P&D (¥ 100 milhões)	442,3	1.250,3	2.681,3	5.992,3	6.744,1	7.319,7	7.792,4	8.289,5	8.976,2	9.542,7	9.996,9

Fonte: National Bureau of Statistics of China (NBS).
Elaboração dos autores.

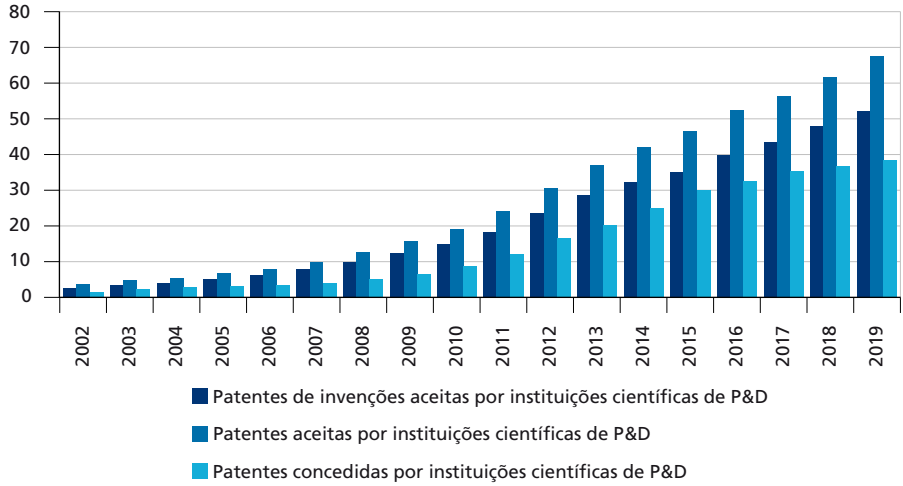
As instituições científicas de P&D também apresentam resultados relevantes de crescimento. O número de instituições de P&D não aumenta muito entre 2001 e 2019, 3.217 mil instituições em 2019, mas o número de projetos aumenta de 39.072 em 2001 para 125.642 em 2019, crescimento este associado a um maior volume de despesa em P&D, de ¥ 288,5 bilhões em 2001 para ¥ 3.080,83 bilhões em 2019.

No SNI chinês, o papel das grandes e médias empresas também é relevante, e isso fica em evidência com o crescimento do número de projetos, saltando de 70.580 em 2005 para 242.806 em 2019, e a despesa em P&D crescendo de ¥ 442,3 bilhões em 2005 para ¥ 9.996,9 bilhões em 2019. A incorporação de pesquisadores trabalhando em P&D também se eleva, saltando de 37,9 mil pesquisadores trabalhando em tempo integral em 2001 para 199,6 mil em 2019.

Outro indicador que corrobora para evidenciar o fortalecimento do sistema de inovação da China é o número de patentes, conforme o gráfico 3. Mesmo considerando que elas não representem efetivamente o potencial de inovação tecnológica de um país, seus indicadores são elementos-chave para termos indicativos sobre o avanço das tecnologias nos países e é muito usado na literatura para avaliar o potencial de inovação de um país para lograr o *catch-up* tecnológico. As patentes, por um lado, possibilitam a obtenção de benefícios monetários através da comercialização, venda ou licenciamento da tecnologia e, por outro, refletem, em parte, o dinamismo da produção de conhecimento e avanços tecnológicos, elementos essenciais para o progresso tecnológico dos países, tendo em vista que representam uma forma concreta de criação e difusão do conhecimento na atividade produtiva.

Todos os indicadores relacionados a patentes apresentam também um crescimento constante entre 2002 e 2019, com maior destaque para o número de pedidos de patentes aceitos por instituições científicas em P&D, o que aponta para uma maior efetividade da atividade de pesquisa do país. O número de patentes de invenções aceitos por instituições científicas em P&D cresce de 2.651 em 2002 para 52.185 em 2019. O número de pedidos de patentes aceitos por instituições científicas também aumenta de 3.820 em 2002 para 67.302 em 2019, e o número de patentes concedidos por instituições científicas de P&D se eleva de 1.601 em 2002 para 38.476 em 2019.

GRÁFICO 3
Pedidos de patentes por instituições científicas de P&D (2002-2019)
(Em 1 mil)



Fonte: NBS.
Elaboração dos autores.

O governo chinês incentiva o desenvolvimento de tecnologias futuras, fornecendo apoio financeiro e criando demanda por meio, por exemplo, de regulamentações ou incentivos fiscais para transformar rapidamente ideias de nichos de indústrias em produtos adequados para o consumo de massa. Zenglein e Holzmann (2019) afirmam que, indubitavelmente, a China avançou em campos como tecnologia da informação de próxima geração (empresas como Huawei e ZTE estão definidas para ganhar domínio global na implantação de redes 5G), ferrovias de alta velocidade e transmissões de eletricidade de ultra-alta tensão. Mais de 530 parques industriais de manufatura inteligentes surgiram na China. Muitos se concentram em *big data* (21%), novos materiais (17%) e computação em nuvem (13%). Recentemente, a indústria verde e a criação de uma "internet industrial" receberam ênfase especial em documentos de política, sustentando a visão do presidente Xi Jinping de criar uma "civilização ecológica" que prospera no desenvolvimento sustentável. A China também garantiu uma posição forte em áreas como IA, novas energias e veículos inteligentes conectados. O mercado de baterias para veículos elétricos é um exemplo poderoso de como essa dinâmica pode se desdobrar rapidamente e as cadeias de valor globais são absorvidas. Em 2017, sete das dez maiores empresas de baterias de veículos elétricos eram chinesas, respondendo por 53% da participação no mercado global.

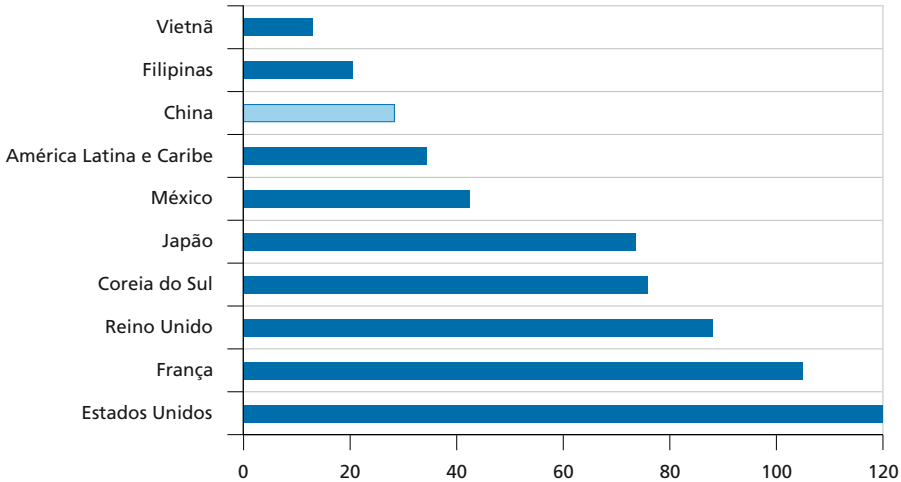
Com isso, o papel do governo é importante, mas nem sempre bem-sucedido, e deve ser diferente entre os setores. Nos setores de alta tecnologia, a simples

aplicação de tarifas ou o processo de incentivo ao licenciamento ou IDE podem não ser eficazes. Em vez disso, podem ser necessários subsídios de P&D e a formação de um consórcio/parceria público-privado focados nas atividades de P&D, assim como parcerias/formação de *joint-ventures* em P&D entre empresas nacionais e estrangeiras, pesquisa de engenheiros estrangeiros, conforme demonstrado pelos setores de telecomunicações e automotivo na China e pelas empresas que produzem chips, telefones celulares e TVs digitais na Coreia. Nos setores onde as inovações são infrequentes e altamente previsíveis, um *catch-up* bem-sucedido pode ser possível em grande parte por meio de iniciativas privadas ao longo de uma estratégia de *path following* ou *stage skipping*, enquanto em setores com tecnologias que são altamente fluidas e estão enfrentando altos riscos com grandes requisitos de capital, um *catch-up* bem-sucedido pode exigir colaboração público-privada ao longo de uma estratégia de criação de caminho.

5 POLÍTICAS DE EDUCAÇÃO

Um aspecto que merece ser mencionado é que, apesar de todos os avanços já conquistados pela China nesses quarenta anos, vários dos seus indicadores ainda correspondem aos de países de renda média. O gráfico 4 apresenta os dados de PIB por trabalhador empregado para a China e países selecionados, em dólares paridade do poder de compra (*purchasing power parity* – PPP) constantes de 2017.

GRÁFICO 4
PIB por trabalhador empregado (2017)
(Em US$ 1 mil constantes/PPP)



Fonte: World Bank Indicators.

Como se observa, a produtividade da China é semelhante à de países como Tailândia e Filipinas e inferior à média da América Latina e Caribe. Claro que essa menor produtividade reflete o peso de muitos setores onde prevalece baixa produtividade. Mas, ainda assim, reflete uma situação bem distinta de outros países mais avançados, dos quais a China quer se aproximar.

Isso mostra a relevância de um outro conjunto de políticas adotadas pela China. A absorção de tecnologias pressupõe a existência de um grande número de técnicos e engenheiros altamente capacitados, capazes de estabelecer um diálogo produtivo com seus congêneres nas sedes das multinacionais de origem do conhecimento transferido. Esse fato ganha ainda mais relevância quando o objetivo passa a ser a geração de conhecimento próprio, ainda que adaptado de outros países. A maior parte das empresas que pertence a setores altamente intensivos em tecnologia possui mais da metade de seus quadros com mestrado e doutorado. Ademais, mesmo os demais técnicos também necessitam de uma relativa qualificação, uma vez que lidam com processos avançados.

É fundamental, portanto, analisar a evolução e a situação geral da educação na China, com ênfase no ensino superior. A China sempre concedeu um lugar muito especial à educação. O acesso à elite há vários séculos, baseado na cultura confuciana, era dado pelo exame que permitia o ingresso no serviço civil. Na verdade, esse sistema consistia numa série de etapas a serem alcançadas (Schell e Delury, 2013), e a passagem nesses exames exigia uma enorme dedicação. No entanto, após a vitória da Revolução Comunista de 1949, a educação foi posta, em grande parte, a serviço do partido e da ideologia. O ponto mais baixo foi alcançado com a Revolução Cultural, iniciada em 1966, quando praticamente todo o sistema formal de educação foi desmantelado e os estudantes foram compulsoriamente transformados em guardas vermelhos. O ensino formal foi reintroduzido em 1970, mas só voltou realmente a funcionar, inclusive o ensino universitário, em 1977, com a volta do sistema de ingresso por meio de exames, o que havia sido abolido (Kang, 2004). Entre 1978 e 1992, as principais reformas do ensino universitário consistiram no estímulo ao envio de estudantes para o exterior e convites para a permanência de professores estrangeiros (Huang, 2003).

Finalmente, em meados da década de 1990 começam a ocorrer várias reformas. Até então, as universidades pertenciam basicamente ao Estado, nos seus diferentes níveis, e contando com 100% de financiamento público. A partir daí, começam a surgir algumas universidades transnacionais, resultados de parcerias com universidades estrangeiras, como a Johns Hopkins, dos Estados Unidos (Huang, 2003). A partir de 1998, o número de parcerias com instituições estrangeiras começa a crescer exponencialmente e se amplia o processo de internacionalização do ensino superior, tanto com o envio de alunos ao exterior quanto com a recepção de alunos estrangeiros (Mok e Xiao, 2017; Huang, 2003).

Um outro elemento muito importante foi a decisão de cobrar mensalidades dos alunos, com concessão de bolsas para os mais pobres a partir de 1999, e a permissão de criação de universidades privadas (Kang, 2004). Os professores começam a passar por sistemas de avaliação mais rígidos. Adicionalmente, o número de universidades foi consideravelmente reduzido, através da fusão de diversas instituições. Uma decisão, tomada ainda em 1993, foi a de realizar os esforços necessários para que as cem melhores universidades da China se aproximassem do nível da elite mundial. Portanto, adota-se uma diretriz de privilegiar também a qualidade e não apenas a quantidade (Li *et al.*, 2019). Recursos financeiros são alocados pelo governo com base em indicadores como posição em *rankings* internacionais, publicações e citações.

Deve-se também mencionar a ênfase dada no ensino de ciências e engenharia (Huang, 2003). Ela se refletiu num aumento exponencial de pessoas formadas nessas áreas, em comparação com os demais países avançados. A tabela 2 apresenta os dados de graus obtidos em ciências e engenharias em 2000 e 2014 para países selecionados. Ainda que os números sejam absolutos, são relevantes para indicar a capacidade de produção e absorção de conhecimento. Assim, entre esses dois anos, enquanto os Estados Unidos passam de 243,5 mil para 377,4 mil, a China passa de 281,3 mil para 1.447,3 mil. Portanto, o crescimento foi várias vezes maior do que em outros países relevantes no campo da inovação e indicam que a China tem quase o triplo do número de pessoas graduadas a cada ano do que os oito maiores da União Europeia (incluindo Reino Unido) e quase quatro vezes o número dos Estados Unidos, em 2014.

TABELA 2
Graus obtidos[1] em ciência e engenharia
(Em 1 mil)

Países	2000	2014
China	281,3	1447,3
Estados Unidos	243,5	377,4
União Europeia *top* 8	397,4	569,4
Japão	137,0	121,8
Coreia do Sul	85,7	114,2

Fonte: National Science Foundation. Disponível em: <https://bit.ly/3O8amKE>.
Nota: [1] Inclui primeiros graus obtidos em cursos de graduação, mestrado e doutorado.

A profundidade das reformas do ensino universitário chinês foi certamente facilitada pela quase destruição do sistema educacional durante a Revolução Cultural e mesmo depois. As reformas iniciadas na década de 1970 implicavam em se partir quase do zero. Todo o processo de alteração da economia e da governança da China também se refletiu nas reformas do ensino superior, uma

vez que foi necessário refazer esse sistema, tornando obrigatória a cooperação do exterior. Foi, assim, uma vantagem adicional decorrente das reformas iniciadas com Deng Xiaoping. Essa internacionalização do ensino superior, com constante troca internacional de estudantes e professores e a criação de universidades transnacionais, permitiu certamente uma rápida e intensa absorção de conhecimento, tão importante para o processo de inovação analisado nos parágrafos acima. Ou seja, o ponto é que o aumento da capacidade de absorção de conhecimento, essencial no esquema teórico de SNIs e Sistemas Setoriais de Inovação (SIIs), foi fortemente favorecido pelas trocas internacionais de conhecimento ocorridas no âmbito do ensino superior.

A tabela 3 apresenta alguns indicadores relativos a números de alunos e professores no ensino superior em alguns anos e também o número de instituições. Observa-se que, mesmo após 2004, continuou havendo um processo de consolidação de universidades. O número em 2019 é quase a metade do observado em 2004. Entre esses dois anos, o número de matrículas e de novos alunos no ensino superior mais do que dobrou, enquanto a população aumentou apenas 8% no mesmo período. O número de alunos graduados em cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado) aumentou mais de quatro vezes.

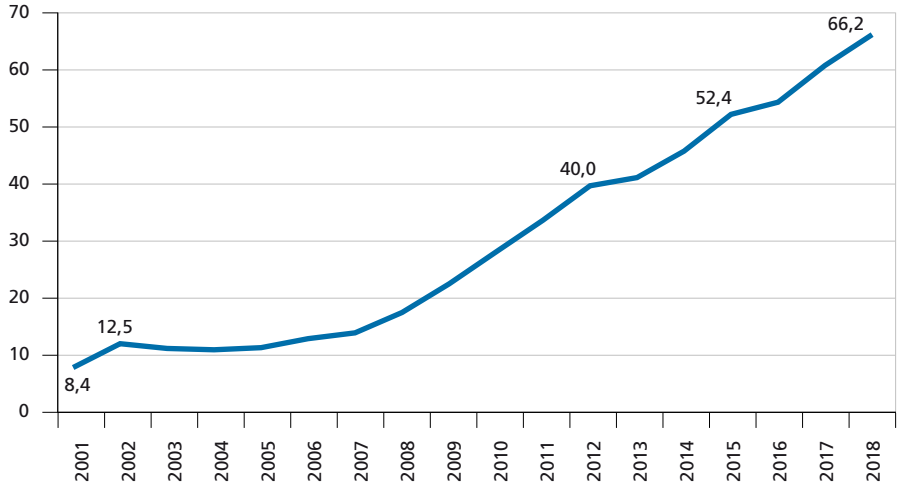
TABELA 3
Indicadores de ensino superior – anos selecionados
(Em 1 mil)

Indicadores	2004	2010	2015	2018
Instituições de ensino superior para adultos (em unidades)	505	65	292	268
Matrículas em cursos de graduação em instituições de ensino superior	7.378,4	12.656,1	15.766,8	17.508,2
Inscritos em instituições de ensino superior	4.473,0	6.618,0	7.378,0	9.149,0
Graduados em faculdades de graduação	1.196,3	2.590,5	3.585,9	3.947,2
Graduados com graus ou diplomas em instituições de ensino superior	2.391,0	5.754,0	6.809,0	7.585,3
Graduados, doutorado	23,4	49,0	53,8	62,6
Graduados, mestrado	127,3	334,6	497,7	577,1
Graduados, pós-graduados	150,8	383,6	551,5	639,7
Novas inscrições de alunos de doutorado	53,3	63,8	74,4	105,2
Novas inscrições de alunos de mestrado	273,0	474,4	570,6	811,3
Professores e funcionários em escolas regulares (instituições) de ensino superior	1.610,7	2.156,6	2.369,3	2.566,7
Número total de matrículas de alunos de doutorado	165,6	259,0	326,7	424,2
Número total de matrículas de alunos de mestrado	654,3	1.279,5	1.584,7	2.439,5

Fonte: NBS.
Elaboração dos autores.

Conforme podemos identificar no gráfico 5, o número de estudantes chineses estudando no exterior apresenta um crescimento contínuo entre 2001 e 2018, com um salto substancial de 83.973 estudantes em 2001, para 662.100 em 2018. Esse crescimento coloca a China como o país com maior número de estudantes estrangeiros no mundo, à frente de países como Índia, Alemanha, Coreia do Sul, França e Estados Unidos (McCarthy, 2020).

GRÁFICO 5
Estudantes chineses que estudam no exterior
(Em 10 mil pessoas)



Fonte: NBS.
Elaboração dos autores.

6 ESTRATÉGIAS DE CRESCIMENTO DA CHINA

Essa seção visa examinar as estratégias de *catch-up* adotadas pela China, que complementam as políticas de inovação. Para Lee, Gao e Li (2017), se o padrão da China difere de outras experiências exitosas em setores mais intensivos em tecnologia, como Coreia e Taiwan, então algumas das discrepâncias podem ser explicadas em termos da diferença de tamanho e da complexa interação do Estado, empresas privadas e empresas estatais, assim como com as multinacionais estrangeiras. Dada a grande população da China e uma maior abertura ou flexibilidade na inserção do capital estrangeiro no país, o governo pode buscar estabelecer melhores acordos com empresas estrangeiras na transferência de tecnologia por meio da adoção da chamada política de mercado de negociação de tecnologia.

Li (2018), seguindo a mesma linha de desafios a serem superados pela China, mostra que o desafio não é apenas continuar a trajetória do Made in China de

grande para mega, mas é avançar de Made in China para o Designed in China e para o Innovated in China, como a Alemanha e os Estados Unidos têm feito por décadas, com sucesso. Em MIC2025, as metas e ideias de implementação foram estabelecidas, incluindo o avanço de novas tecnologias de ponta por meio de investimentos em P&D, aumentando o acúmulo de propriedade intelectual, criando padrões técnicos distintos, alavancando o acesso ao mercado chinês, convidando investidores estrangeiros, aprimorando a indústria do internet *plus* e promovendo o desenvolvimento industrial e de manufatura. Entretanto, quando se trata de tecnologias emergentes e digitalização, a China aspira dar um salto (*leapfrogging*) e ultrapassar os concorrentes estrangeiros. Em 2016, o Comitê Central do PCC e o Conselho de Estado publicaram em conjunto um *Outline of the National Innovation Driven Development Strategy*. O conceito descreve a ambição de usar a dinâmica para pular/*leapfrog* e ficar à frente de outras nações. As lacunas de tecnologia nas indústrias emergentes são mais fluidas e, portanto, a China vê a oportunidade única de assumir uma posição de liderança, principalmente considerando as janelas de oportunidades abertas pelas tecnologias emergentes de ciclo de vida de curto prazo tecnológico.

Para Herrigel, Wittke e Voskamp (2013), em seu impulso inicial de industrialização pós-1992, a manufatura chinesa se destacou nos mercados globais como uma plataforma para alto volume, baixo custo e produção voltada para a exportação. Desde a adesão da China à OMS em 2001, no entanto, a industrialização bem-sucedida criou as condições do mercado interno para estratégias de avanço na estrutura produtiva do país. Em particular, a demanda doméstica mais sofisticada por produtos manufaturados está mudando o foco estratégico dos fabricantes chineses para uma produção mais avançada. Eles estão aproveitando sua experiência em produção de volume (que envolve notável flexibilidade de fabricação) para subir na cadeia de valor para projetar e desenvolver seus próprios produtos cada vez mais sofisticados.

O argumento de Herrigel, Wittke e Voskamp (2013) para os avanços tecnológicos na China é o de que as multinacionais de países desenvolvidos da Ásia, Europa e Estados Unidos estão respondendo às mesmas possibilidades de mercado emergente, aprofundando e aprimorando seus compromissos na China. As multinacionais instaladas na China estão promovendo um avanço em suas capacidades locais de produção, engenharia e *design*, bem como treinamento e infraestruturas da cadeia de suprimentos, para adaptar seus produtos às características técnicas, regulamentares e culturais específicas do mercado chinês.

Para o autor, o avanço na China tem sido em duas fases: em um primeiro momento, houve uma estratégia chamada de relações de aprendizagem unilaterais (*unilateral learning relations*), com uma estratégia inicial de industrialização

voltada para a exportação, em que os produtores chineses se aprimoraram com sucesso ao se tornarem aprendizes de seus clientes estrangeiros e aprenderam ao se integrar a países de práticas transnacionais. O sucesso dessas relações inicialmente aumentou a sofisticação do mercado chinês. Em um segundo momento, há uma nova fase de *upgrading* impulsionada pelo aprendizado tecnológico mútuo (*mutual learning*), na qual as empresas nacionais chinesas e multinacionais buscam tornar suas operações mais sofisticadas. Nesse novo contexto, as principais empresas chinesas e estrangeiras aprendem umas com as outras, ou seja, em uma dinâmica de aprendizagem mútua que é facilitada pela globalização dos sistemas de aprendizagem formal, como os Sistemas de Produção Corporativa (Corporate Production Systems – CPS). Originalmente desenvolvido para facilitar a inovação e a otimização contínua em operações multinacionais em mercados competitivos desenvolvidos, os princípios do CPS se difundiram na China por meio de cadeias de suprimentos transnacionais e processos de governança intramultinacionais. Os CPS globais são arquiteturas de governança que geram reflexão, deliberação e experimentação conjuntas. Quando bem-sucedido, isso produz aprendizagem multidirecional (recursiva) entre todos os participantes.

Lee, Gao e Li (2017), Lee e Lim (2001), Mu e Lee (2005) e Lee (2013), utilizando o arcabouço do sistema setorial de inovações e ciclos de vida do produto, afirmam que a China segue essa estratégia de ciclos tecnológicos curtos com a finalidade de promover o *catch-up* tecnológico e superar a armadilha da renda média. Os autores analisam os setores como telefonia celular, automobilístico e semicondutores, apontando para alguns elementos essenciais que fortalecem e direcionam a dinâmica do *catch-up* do país, conforme a seguir descrito.

1) A experiência da China mostra que as estratégias *path-following, stage-skipping* e *path-creation catch-up* não são padrões mutuamente exclusivos, mas podem ser adotados sequencialmente. No estágio inicial, o *catch-up* prossegue com um estágio de *path-following* que depende de mercados de baixa renda, mas o último estágio pode exigir estratégias de *leapfrogging* (*stage-skipping* e *path-creation catch-up*).

2) A essencialidade que as empresas privadas nacionais e as estatais exercem no país, principalmente considerando a complexidade do papel do governo na China.

3) O enorme tamanho do mercado e o forte poder de barganha da China que afetam o acesso à tecnologia estrangeira, principalmente no processo de formação de *joint-venture*, com exigências de transferência de tecnologia e conteúdo local.

4) A estrutura política descentralizada da China frequentemente leva ao conflito de papéis entre os governos central e local. A dinâmica divergente de *catch-up* na China tem sido frequentemente atribuída à inconsistência e descoordenação entre os diferentes níveis de governo. Para a indústria automobilística, os governos locais em Xangai, Guangzhou e Pequim tendem a depender do IDE para gerar receitas fiscais, apesar de a demanda do governo central exigir um desenvolvimento tecnológico altamente orientado para atores nacionais. As inconsistências ou conflitos entre esses governos afetam ainda mais o tamanho e a natureza do poder de barganha da China, que interfere no acesso do país ao conhecimento estrangeiro.

De acordo com Lee (2013), considerando a dimensão de nível micro ou empresarial da economia chinesa, pode-se observar uma estratégia única de aprendizagem de capacidades tecnológicas e acesso ao conhecimento estrangeiro. Conforme observado por Lee, Jee e Eun (2011), as características únicas chinesas incluem os seguintes três elementos: i) uma ênfase na "engenharia direta" (o papel das empresas *spin-off* da universidade) em contraste com a engenharia reversa de Coreia e Taiwan; ii) aquisição de tecnologia e marcas por meio de fusões e aquisições internacionais; e iii) aprendizagem paralela de firmas de IDE para promover empresas nacionais. Esses três elementos compõem o modelo de Pequim, pois não foram adotados explicitamente pela Coreia e por Taiwan.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perez e Soete (1988) afirmam que paradigmas tecnológicos emergentes podem servir como uma janela de oportunidade para os países retardatários avançarem para novas tecnologias. Lee e Malerba (2016) afirmam que o conceito de "janelas de oportunidade" foi usado pela primeira vez por Perez e Soete (1988) para se referir ao papel do surgimento de novos paradigmas tecnoeconômicos que pudessem gerar o avanço dos países retardatários que se aproveitam de um novo paradigma para superar sua condição de industrialização tardia e competir com países pioneiros. Podemos considerar que as transformações tecnológicas com a Indústria 4.0 pode ser uma janela de oportunidade para economias retardatárias buscarem estratégias para o *catch-up*. Para isso, são necessárias respostas coordenadas e estratégicas para realizar esses potenciais.

Nesse sentido, a partir do arcabouço teórico/metodológico schumpeteriano do SSI e ciclos tecnológicos de curto prazo, o objetivo deste trabalho foi apresentar as políticas industriais desenvolvidas pela China nos últimos trinta anos com relação ao fortalecimento dos setores de alta tecnologia. Foram enfatizadas principalmente as grandes medidas visando o fortalecimento do

processo doméstico de inovação e as políticas voltadas para o ensino superior, que as complementam. Foram também apresentados alguns indicadores relativos a inovação e educação, de forma a permitir uma breve avaliação dessas políticas.

Foi visto que, principalmente a partir de meados da década de 2000, a China vem construindo uma indústria de alta tecnologia baseada tanto em empresas domésticas quanto em tecnologias domésticas, denominadas de *indigenous innovation*. Portanto, o objetivo é não apenas tornar cada vez mais a inovação industrial o principal motor do crescimento econômico, como garantir uma relativa independência desses setores de conhecimento, partes, peças e componentes produzidos no exterior. Ou seja, a evolução das políticas industriais e de inovação analisadas neste artigo na China apontam para o fato de que elas estão vinculadas ao desenvolvimento de setores produtivos estratégicos relacionados aos novos padrões tecnológicos da Indústria 4.0, fato este que oferece elementos para visualizar o potencial da China em dominar setores industriais essenciais para o seu *catch-up* tecnológico e sua consolidação enquanto uma nação com o maior mercado interno do mundo, estrutural industrial avançada e elevado potencial em inovação de forma contínua, com possibilidades de liderar setores industriais da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

BERTHÉLEMY, J.; DÉMURGER, S. Foreign direct investment and economic growth: theory and application to China. **Review of Development Economics**, v. 4, n. 2, p. 140-155, 2000.

BREZNITZ, D. **Innovation in real places**: strategies for prosperity in an unforgiving world . Oxford: Oxford University Press, 2021.

CHUNLIN, Z. **How much do state-owned enterprises contribute to China's GDP and employment**? Washington: World Bank, 2019.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance**: lessons from Japan. New York: Frances Printer Publisher, 1987.

FU, X. **China's path to innovation**. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2015.

GILL, C. CCP announces plan to take control of China's private sector. **Asia Financial**, 17 Sep. 2020. Disponível em: <https://www.asiafinancial.com/ccp-announces-plan-to-take-control-of-chinas-private-sector>.

HARTMANN, D. *et al*. **International trade, development traps, and the core-periphery structure of income inequality**. Stuttgart: University of Hohenheim, 2019. (Discussion Paper, n. 1).

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for Industrie 4.0 scenarios**: a literature review. Dortmund: Technische Universität Dortmund, 2015. (Working Paper, n. 1).

HERRIGEL, G.; WITTKE, V.; VOSKAMP, U. The process of Chinese manufacturing upgrading: transitioning from unilateral to recursive mutual learning relations. **Global Strategy Journal**, v. 3, n. 1, p. 109-125, 2013.

HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.

HUANG, F. Policy and practice of the internationalization of higher education in China. **Journal of Studies in International Education**, v. 7, n. 3, p. 225-240, 2003.

HUANG, C.; SOETE, L. **The global challenges of the knowledge economy**: China and the EU. Maastricht: UNU-Merit, 2007. (Working Paper).

JAMRISKO, M.; LU, W.; TANZI, A. South Korea leads world in innovation as U.S. exits top ten. **Bloomberg**, 3 Feb. 2021. Disponível em: <https://bloom.bg/3mBOZpi>.

JIN, F.; LEE, K.; KIM, Y-K. Changing engines of growth in China: from exports, FDI and marketization to innovation and exports. **China and World Economy**, v. 16, n. 2, p. 31-49, 2008.

KANG, O. Higher education reform in China today. **Policy Futures in Education**, v. 2, n. 1, p. 141-149, 2004.

KAREN J L. *et al*. What is the middle-income trap, why do countries fall into it, and how it can be avoided? **Global Journal of Emerging Markets**, v. 3, n. 3, p. 2810-2889, 2011.

KIM, L. **Da imitação à inovação**: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

KROEBER, A. **China's economy**. Oxford: Oxford University Press, 2020.

LEAL, R. C. S.; LIMA, U. M.; FILGUEIRAS, V. A Indústria 4.0 e o debate acerca dos seus impactos sobre o emprego. **Revista Princípios**, Edição 150, Setembro/Outubro 2017.

LEE, K. **Schumpeterian analysis of economic catch-up**: knowledge, path creation, and the middle income trap. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

LEE, K.; GAO, X.; LI, X. Assessing industrial catch-up in China: a sectoral systems of innovation perspective. **Cambridge Journal of Regions Economy and Society**, v. 10, n. 1, p. 59-76, 2017.

LEE, K.; JEE, M.; EUN, J. Assessing China's economic catch-up at the firm level and beyond: Washington consensus, East Asian consensus and the Beijing model. **Industry and Innovation**, v. 18, n. 5, p. 487-507, 2011.

LEE, K.; KIM, B. Y. Both institutions and policies matter but differently for different income groups of countries: determinants of long-run economic growth revisited. **World Development**, v. 37, n. 3, p. 533-549, 2009.

LEE, K.; LEE, J. National innovation systems, economic complexity, and economic growth: country panel analysis using the US patent data. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 30, p. 897-928, 2019.

LEE, K.; LIM, C. Technological regimes, catching up and leapfrogging: findings from the Korean industries. **Research Policy**, v. 30, n. 3, p. 459-483, 2001.

LEE, K.; LIM, C.; SONG, W. Emerging digital technology as a window of opportunity and technological leapfrogging: catch-up in digital TV by the Korean firms. **International Journal of Technology Management**, v. 29, n. 1-2, p. 40-63, 2005.

LEE, K.; MALERBA, F. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. **Research Policy**, v. 46, n. 2, 2016.

LEE, K.; MANI, S.; MU, Q. Explaining divergent stories of catch-up in the telecommunication equipment industry in Brazil, China, India, and Korea. *In*: MALERBA, F.; NELSON. R. (Ed.). **Economic development as a learning process**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2012.

LEE, K.; WANG R. Science and technology institutions and performance in China: the semi-conductor industry. *In*: XIAOMING, H. (Ed.). **The institutional dynamics of China's great transformation**. Abingdon: Routledge, 2010.

LI, H. *et al.* Innovation efficiency of semiconductor industry in China: a new framework based on generalized three-stage DEA analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 66, p. 136-148, Jun. 2019.

LI, L. China's manufacturing locus in 2025: with a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". **Technological Forecasting and Social Change an International Journal**, v. 135, p. 66-74, Oct. 2018.

LIN, J. Y. **Demystifying the Chinese economy**. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2012.

LIN, K. *et al.* State-owned enterprises in China: a review of 40 years of research and practice. **China Journal of Accounting Research**, v. 13, p. 31-55, 2020.

LING, L. China's manufacturing locus in 2025: with a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". **Technological Forecasting and Social Change**, v. 135, p. 66-74, 2018.

LUNDVALL, B. **National systems of innovation**: toward a theory of innovation and interactive learning. London: Frances Pinter, 1992.

MALERBA, F. **Sectoral systems of innovation**: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2004.

MALERBA, F.; MANI, S. **Sectoral systems of innovation and production in developing countries**: actors, structure and evolution. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2009.

MALERBA, F.; NELSON, R. N. Learning and catching up in different sectoral systems: evidence from six industries. **Industrial and corporate change**, v. 20, n. 6, p. 1645-1675, 2011.

MAZZOLENI, R.; NELSON, R. N. Public research institutions and economic catch-up. **Research Policy**, v. 36, n. 10, p. 1512-1528, 2007.

MCCARTHYM, N. The countries with the most students studying abroad. **Statista**, 12 May 2020. Disponível em: <https://www.statista.com/chart/3624/the-countries-with-the-most-students-studying-abroad/>.

MOK, K. H.; XIAO, H. Higher education governance and policy in China: managing decentralization and transnationalism. **Policy and Society**, v. 36, n. 1, p. 34-48, 2017.

MU, Q.; LEE, K. Knowledge diffusion, market segmentation and technological catch-up: telecommunication industry in China. **Research Policy**, v. 34, n. 6, p. 759-783, 2005.

NELSON, R. **National innovation systems**: a comparative analysis. New York: Oxford University Press, 1993.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Science, technology and innovation outlook 2016**. Paris, OECD Publishing, 2016.

_____. **Science, technology and industry scoreboard 2017**: the digital transformation. Paris, OECD Publishing, 2017.

_____. **Science, technology and innovation outlook 2018**: adapting to technological and societal disruption. Paris: OECD Publishing, 2018.

PEREZ, C.; SOETE, L. **Catching-up in technology**: entry barriers and windows of opportunity. *In*: DOSI, G. *et al*. (Ed.). Technical change and economic theory. London: Pinter Publishers, 1988. p. 458-479.

SCHELL, O.; DELURY, J. **Wealth and power**. New York: Random House, 2013.

SCHILLER, D.; LEE, K. Are university-industry links meaningful for catch up? A comparative analysis of five Asian countries. *In*: ALBUQUERQUE, E. (Ed.). **Developing national systems of innovation**. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2015. p. 55-92.

WADE, R. H. O papel do Estado em escapar da armadilha da renda média: em defesa da política industrial inteligente. *In*: CASTRO, A. C.; FILGUEIRAS, F. (Ed.). **O Estado no século XXI**. Brasília: Enap, 2018. p. 195-224.

WANG, J.; WU, H.; CHEN, Y. Made in China 2025 and manufacturing strategy decisions with reverse QFD. **International Journal of Production Economics**, v. 224, n. 1, 2020.

WANG, Z. Q.; SWAIN, N. J. The determinants of foreign direct investment in transforming economies: empirical evidence from Hungary and China. **Weltwirtschaftliches Archive**, v. 131, n. 2, p. 359-382, 1995.

WHEATLEY, A. China circulates new strategy in economic duel with US. **Asia Financial**, 5 Sep. 2020. Disponível em: <https://www.asiafinancial.com/china-circulates-new-strategy-in-economic-duel-with-us>.

WOETZEL, J. *et al*. **China and the world**: inside the dynamics of a changing relationship. New York: McKinsey Global Institute, 2019.

WORLD BANK; DRC – DEVELOPMENT RESEARCH CENTER. **Innovative China**: new drivers of growth. Washington: World Bank; DRC, 2019.

WÜBBEKE, J. *et al*. **Made in China 2025**: the making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries. Berlin: Merics, 2016. (Merics Papers on China, n. 2).

XIWEI, Z.; XIANGDONG, Y. Science and technology policy reform and its impact on China's national innovation system. **Technology in Society**, v. 29, n. 3, p. 317-325, 2007.

ZAGATO, L. *et al*. **A armadilha da renda média e os obstáculos à transformação estrutural**: a curva S da complexidade econômica. São Paulo: FGV, 2019. (Texto para Discussão, n. 508).

ZENGLEIN, M. J.; HOLZMANN, A. **Evolving Made in China 2025**: China's industrial policy in the quest for global tech leadership. Berlin: Merics, 2019. (Merics Papers on China, n. 8).

ZHANG, C. **How much do state-owned enterprises contribute to China's GDP and employment?** Washington: World Bank, 2019. (Working Paper).

ZHANG, Z. International trade and foreign direct investment: further evidence from China. **Asian Economic Journal**, v. 9, p. 153-167, 1995.

SOBERANIA E CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO: UMA VISÃO BRASILEIRA

Flávio Neri Hadmann Jasper[1]
André Figueiredo Nunes[2]

Este estudo tem por objetivo analisar a criação do Sistema Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (Sisdacta) desde a sua concepção, evolução e situação atual até sua inserção como fator gerador de cooperação internacional na área de segurança, defesa e controle ambiental. A criação de um sistema integrado teve como desafio fornecer as informações necessárias para manter a soberania nacional no espaço aéreo brasileiro, provendo um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo com qualidade internacional e um sistema de defesa aérea – ou aeroespacial – que rivalizasse com os existentes em países do primeiro mundo, com menor custo de implantação e operação. Como um sistema integrado, o Sisdacta é uma inovação administrativa, de sistema e operacional. A pesquisa também analisa a criação do Sistema de Vigilância da Amazônia (Sipam), criado dentro de uma vertente ligada à ecologia e derivado da agenda da conferência realizada no Rio de Janeiro, a Eco-92. Analisa-se, ainda, o Sistema Integrado de Vigilância da Amazônia (Sivam), que se transformou no Quarto Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (Cindacta IV) com sede em Manaus, Amazonas, a partir do qual aborda a dimensão internacional de ambos os sistemas em relação à cooperação com os países amazônicos membros da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA). A pesquisa trata, por fim, de forma resumida, da importância do financiamento externo atrelado a objetivos de longo prazo, que permitiram viabilizar um projeto estratégico dessa envergadura no Brasil.

Palavras-chave: soberania; defesa aeroespacial; controle de tráfego; Amazônia; integração regional.

AIR SPACE CONTROL AND SOVEREIGNTY: THE BRAZILIAN MODEL

This study aims to analyze the creation of the Integrated Air Defense and Air Traffic Control System (Sistema Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo – Sisdacta), from its conception, evolution and current situation, as well as its insertion as a factor that has generated international cooperation in security, defense and environmental monitoring. The creation of an integrated system had the challenge of providing the information necessary to maintain national sovereignty in the Brazilian airspace, providing an air traffic management system with international quality and an air defense system (today aerospace) that would rival the existing systems in first world countries, with lower implementation and operation costs. The research also provided a brief history of the creation of the Integrated System for the Protection of the Amazon (Sistema de Proteção da Amazônia – Sipam), a system created within a strand linked to ecology and derived from the agenda of the conference held in Rio de Janeiro, Eco-92. In addition, the work also analyzes the Integrated System of Surveillance of the Amazon (Sistema Integrado de Vigilância da Amazônia – Sivam) that became the Fourth Integrated Center for Air Defense and Air Traffic Control (Quarto Centro Integrado de

1. Professor titular da Universidade da Força Aérea (Unifa); e doutor em ciências aeroespaciais pela Unifa. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0849-5154>. *E-mail*: <fnhjasper@gmail.com>.

2. Pesquisador do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais (Dinte) do Ipea; e doutor em ciências militares pela Escola de Comando do Estado-Maior do Exército (Eceme). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0982-7680>. *E-mail*: <andrenunes03@hotmail.com>.

Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo – Cindacta IV) based in Manaus, Amazonas, and, allied to that, approaches the international dimension of both systems in relation to cooperation with Amazonian countries that are members of the Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO). The research also briefly addresses the importance of external financing linked to long-term objectives that made it possible to make a strategic project of this magnitude possible in Brazil.

Keywords: sovereignty; aerospace defense; air traffic management; Amazon; regional integration.

SOBERANÍA Y CONTROL DEL ESPACIO AÉREO: UNA VISIÓN BRASILEÑA

Este estudio tiene como objetivo analizar la creación del Sistema de Defensa Aérea y Control de Tránsito Aéreo (Sisdacta) desde su concepción, evolución y situación actual hasta su inserción como factor generador de cooperación internacional en el área de seguridad, defensa y control ambiental. El desafío de crear un sistema integrado fue proporcionar la información necesaria para mantener la soberanía nacional en el espacio aéreo brasileño, proporcionando un sistema de gestión del tráfico aéreo con calidad internacional y un sistema de defensa aérea -o aeroespacial- que rivalizaba con los existentes en Brasil países del primer mundo, con menor costo de implantación y operación. Como sistema integrado, el Sisdacta es una innovación administrativa, de sistema y operativa. La investigación también analiza la creación del Sistema de Protección de la Amazonía (Sipam), creado dentro de una vertiente vinculada a la ecología y derivado de la agenda de la conferencia realizada en Río de Janeiro, Eco-92. También se analiza el Sistema Integrado de Vigilancia de la Amazonía (Sivam), que se convirtió en el Cuarto Centro Integrado de Defensa Aérea y Control de Tránsito Aéreo (Cindacta IV) con sede en Manaus, Amazonas, desde el cual se aborda la de ambos sistemas en relación a la cooperación con el miembro amazónico. países de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA). Finalmente, la investigación trata, de forma resumida, de la importancia del financiamiento externo vinculado a objetivos de largo plazo, que hizo posible la realización de un proyecto estratégico de esta magnitud en Brasil.

Palabras clave: soberanía; aeroespacial; control de tránsito aéreo; Amazonas; integración.

JEL: F52; H56.

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art12

Data de envio do artigo: 10/2/2022. Data de aceite: 30/3/2022.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem por objetivo analisar a criação, a evolução e o estágio atual do Sistema de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (Sisdacta), sistema brasileiro que integra duas importantes funções em nível de Estado: o controle de tráfego aéreo e a defesa do espaço aéreo.

A pesquisa aborda o tema ressaltando três aspectos: i) o conceitual, que diz respeito à inovação do sistema enquanto modelo de controle de tráfego aéreo de natureza dual, ou seja, militar e civil; ii) o tecnológico/empresarial, que se refere ao *software* do sistema e empresas internacionais vencedoras de concorrência promovida pelo governo brasileiro para o desenvolvimento do sistema nacional de monitoramento do espaço aéreo; e iii) a dimensão internacional, que remete à cooperação regional com países amazônicos para controle e vigilância do espaço aéreo daquela região.

Nessa perspectiva, este texto foi dividido em três seções, iniciando com um breve histórico sobre o Ministério da Aeronáutica (Maer), destacando que a ideia de integração que gerou o Sisdacta já estava presente no decreto que criou essa secretaria de Estado, em 1941. O histórico reflete a dualidade da política pública para o setor, apontando, em especial, para aspectos ligados à segurança e ao desenvolvimento. Com a evolução do Sisdacta e seu desdobramento em dois sistemas, os atuais órgãos centrais passaram a ser o Comando Aeroespacial (Comaer) e o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Decea), que constituem o núcleo gerencial responsável pela condução das atividades de defesa aeroespacial e de gerenciamento do tráfego aéreo no âmbito do país.

O trabalho aborda a criação do Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam) e do Sistema Integrado de Vigilância da Amazônia (Sivam). Ambos tiveram como desafios perseguir, conquistar e manter a soberania nacional no espaço aéreo e territorial da Amazônia e seu entorno estratégico, o arco amazônico,[3] executando ações de defesa nacional no que tange ao narcotráfico e atividades ilegais de desflorestamento e garimpo.

Para que se possa compreender os aspectos conceituais que envolvem a criação desse sistema, nas seções 2 e 3 são apresentados fatores relacionados aos aspectos de inovação, um sistema integrado, com a defesa aeroespacial e o controle de tráfego aéreo providos por uma mesma infraestrutura, onde os dados são coletados, mas cujo tratamento operacional é distinto.[4] Na sequência, são apresentados aspectos relacionados à criação do Sipam e do Sivam, que se tornou no Quarto Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (Cindacta IV), localizado em Manaus, no Amazonas.[5]

Para explicar a motivação da criação desses sistemas, a pesquisa também faz uma breve incursão pelo conceito de soberania no sentido de domínio territorial. Desse modo, compreendendo a amplitude do conceito de soberania, para os fins desta pesquisa, utilizou-se a definição do jurista Francisco Rezek: "Estados soberanos, em regra, detêm sobre seu suporte físico – territorial e humano – a exclusividade e a plenitude das competências". E continua: "Isto quer dizer que o Estado exerce sem qualquer concorrência sua jurisdição territorial, e faz uso de todas as competências possíveis na órbita do direito público", relacionando-o com

3. Corredor logístico para o escoamento da produção nacional por via fluvial até o porto marítimo de Itaqui, no Maranhão. Os portos fluviais que compõem o arco amazônico são os portos de Porto Velho, Rondônia; Manaus/Itacoatiara, Amazonas; Santarém, Pará; Itaituba/Miritituba, Pará; Belém/Vila do Conde, também no Pará; e Santana, no Amapá.

4. O alvo adquirido por um radar, por exemplo, poderá ser visto tanto no console da defesa aeroespacial quanto no do gerenciamento de tráfego aéreo (Air Traffic Management – ATM). Se o alvo possui todas as informações previstas em um plano de voo, é tratado pelo ATM. Caso seja um alvo desconhecido, esse dado passa a ser tratado pela defesa aeroespacial que, em última instância, pode enviar um vetor (aeronave) para interceptação e verificação.

5. O Cindacta possui quatro estruturas localizadas em diferentes áreas do território brasileiro. Além do Cindacta IV, situado em Manaus, há também os Cindacta I, II e III, localizados em Brasília, Curitiba e Recife, respectivamente.

a necessidade de controle sobre o seu espaço aéreo, bem como com a autonomia na operação do sistema caracterizada pela independência do *software* que gerencia ambos os sistemas (Rezek, 2014, p. 282).

A seção 4, em seu turno, abrange a dimensão internacional do Sipam e principalmente do Sivam, analisando acordos de cooperação com países amazônicos da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), enfatizando o interesse tanto do Brasil quanto de alguns estados nacionais da região no compartilhamento de dados e informações relacionados ao sistema de vigilância amazônico do Brasil.

2 HISTÓRICO DA AERONÁUTICA

Nesta seção é feita uma síntese da história do Maer. Tal síntese tem como propósito permitir que o leitor possa compreender por que o controle de tráfego aéreo, uma atividade de caráter civil, encontra-se na competência de uma força armada.

A ideia de centralização do controle do espaço aéreo já havia sido discutida em 1928, isto é, treze anos antes da criação da Força Aérea Brasileira (FAB), em 1941. O major Lysias Augusto Rodrigues, em artigo publicado no extinto diário *O Jornal*, frisou: "A criação do Ministério do Ar se impõe, entre nós, como o único meio de conjugar esforços, de dar uma diretiva única, capaz de nos dar a colocação (...) de primeira potência aeronáutica na América do Sul" (Lavenère-Wanderley, 1966, p. 280).

O Maer foi instituído em 20 de janeiro de 1941, por meio do Decreto-Lei nº 2.961, para centralizar, sob sua direção, as atividades aeronáuticas no Brasil. A razão principal da criação desse órgão foi o crescimento da aviação nacional. A norma destacou que "a sua eficiência e [o] aparelhamento *são decisivos para o progresso e [a] segurança nacionais*" (Brasil, 1941, grifo nosso).

Inicialmente, o governo brasileiro não cria uma "Força Aérea", pois a norma estabelece, na verdade, as "Aviações Nacionais" (Brasil, 1941, art. 8º). Todavia, logo a seguir, o governo edita o Decreto-Lei nº 3.302, de 22 de maio de 1941, corrigindo o decreto de criação do Maer, dizendo que onde se lê "Aviações Nacionais", leia-se "Força Aérea Brasileira" (Brasil, 1941, art. 1º).

Portanto, ao criar uma instituição para cuidar da aplicação do poder aéreo nacional, o governo brasileiro seguiu a tendência internacional da época da Segunda Guerra Mundial. Contudo, nos demais países, as forças aéreas[6] evoluíram essencialmente para a vertente militar, não lhes sendo atribuídas missões de caráter civil, exceto aquelas relacionadas com missões de busca e salvamento (*search and rescue* – SAR) ou de calamidade pública, como enchentes e terremotos, ou retirada

6. No caso do Brasil, a instituição militar é a Aeronáutica, organizada, em 1941, sob a forma de ministério e, a partir de 1999, sob a forma de comando.

de refugiados de áreas de conflito. Todavia, no Brasil, o então presidente Getúlio Vargas nomeou um civil como primeiro ministro a ocupar a pasta, o doutor Joaquim Pedro Salgado Filho, que permaneceu no cargo no período de 1941 a 1945. Esse é um aspecto que distingue o Maer dos demais ministérios militares nessa época. A visão do governo Vargas era de uma estrutura centralizada, onde todos os assuntos da "aviação nacional" estavam afetos. Esse fator já demonstra uma inovação administrativa e de política de Estado no caso brasileiro, uma vez que os demais países tenderam a fazer a separação entre a atividade militar (uma força aérea) e a atividade civil (o gerenciamento da aviação civil).

Em 30 de outubro de 1945, com a assunção do brigadeiro Armando Figueira Trompowsky de Almeida, o Maer transforma-se em um ministério militar, a exemplo dos ministérios da Marinha e do Exército. A transformação se consolida quando, em 1946, a nova constituição do país (Brasil, 1946), em seu art. 176, define que a Aeronáutica (e não a força aérea) será a nova força armada, fato que se manteve na Constituição Federal de 1988 (CF/1988).[7]

A figura 1 mostra as competências atribuídas ao Maer em 1941. Ela representa o que lhe foi incumbido, em 1941, nas vertentes militar e civil.

FIGURA 1
Maer: competências atribuídas (1941)

Elaboração dos autores.
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

7. Aeronáutica é o termo previsto no art. 142 da CF/1988, sendo a força armada. A força aérea é o seu braço operacional, constituído por aeronaves, bases, equipamentos e recursos humanos. O Comaer é a sua estrutura organizacional, a estrutura que a Aeronáutica utiliza para desempenhar sua missão. Anteriormente, a estrutura organizacional era de ministério, agora é de comando, uma vez que, com a criação do Ministério da Defesa (MD), a Aeronáutica, como força armada, e em tempo de paz, está subordinada ao MD.

Em 1968, o Maer determinou ao Estado-maior estudar e apresentar soluções para a implantação de um moderno sistema de controle de tráfego aéreo e que, ao mesmo tempo, propusesse um sistema de defesa aérea (Moreira, 2005, p. 9). A concepção aprovada foi a de um sistema integrado, onde o controle de tráfego aéreo e a defesa aérea utilizariam a mesma infraestrutura.

3 A CONCEPÇÃO DOS PROJETOS SISDACTA E SIPAM/SIVAM

A diretiva estipulada pelo Maer ao Estado-maior da FAB foi seguida e o modelo determinado foi alcançado. Ao ser lançado, o sistema foi visto com desconfiança pela Organização da Aviação Civil Internacional (Oaci) e muitos países o condenaram, por não acreditar que seria possível obter sucesso na integração dessas duas áreas (Esteves, 2005, p. 4). O modelo brasileiro, no entanto, representou uma quebra de paradigma no cenário internacional, ou seja, o país inovou nessa área, pois foi uma ruptura com os padrões e o modelo já estabelecido que faz a separação entre a defesa aérea e o controle de tráfego aéreo, que ainda segue em uso em países como os Estados Unidos, Reino Unido e França, por exemplo.

No caso da Europa, o tráfego aéreo é gerenciado por meio do Eurocontrol, que tem como objetivo "apoiar os estados-membros e cooperar com organizações europeias e internacionais para aprimorar o sistema, procurando balancear as necessidades da aviação civil com as necessidades de defesa e segurança nacional".[8] O portal do Eurocontrol também destaca que o órgão aprimora a performance da rede de tráfego aéreo europeia atuando como elo entre os usuários civis e militares do espaço aéreo na Europa. No caso europeu, há também um escritório de ligação, o Civil-Military Stakeholder Committee (CMSC), para que haja coordenação entre os usuários civis e militares do espaço aéreo, cuja prioridade é a defesa, bem como a segurança nacional. Vale ressaltar que o CMSC é um órgão consultivo, nos aspectos operacionais e técnicos, subordinado a seu diretor-geral, que assegura que os critérios definidos para os usuários civis e militares sejam equilibrados, juntamente com a indústria de transporte aéreo, com os devidos cuidados em relação aos aspectos de defesa e segurança nacional da Europa.

No caso dos Estados Unidos, o controle de tráfego aéreo é gerenciado pela Administração Federal de Aviação (Federal Aviation Administration – FAA), uma agência subordinada ao departamento de transportes do governo norte-americano cuja missão é "prover o mais seguro e eficiente sistema aeroespacial do mundo".[9]

8. Disponível em: <https://www.eurocontrol.int/civil-military>.

9. Atualmente, em função dos voos espaciais de cunho comercial, a FFA está usando a expressão aeroespacial para designar o seu sistema de gerenciamento de tráfego aéreo. O Brasil também usa essa expressão e pode ser considerado pioneiro no seu uso. Disponível em: <https://www.faa.gov/about/mission>.

No que tange à defesa do espaço aéreo na América do Norte, a responsabilidade está a cargo do Comando de Defesa Aeroespacial da América do Norte (North American Aerospace Defense Command – Norad), organização binacional (Estados Unidos e Canadá) com a missão de alarme e controle aeroespacial e alarme marítimo, incluindo detecção, validação e alerta antecipado contra ataques direcionados para atingir a América do Norte, seja por aeronaves e mísseis, seja por veículos espaciais. Para prover esse serviço, o Norad trabalha em conjunto com o Centro de Comando do Norte (Northern Command Center).[10]

No caso brasileiro, como pode ser observado a seguir, há uma integração dos serviços prestados – gerenciamento de tráfego aéreo e defesa aeroespacial – em uma única organização, o Cindacta.

3.1 O Sisdacta

Para implantar o sistema concebido, realizou-se uma concorrência internacional, em que duas empresas, a norte-americana Raytheon e a francesa Thomson-CFS, concorreram para fornecer os equipamentos e implantar o projeto, vencida pela empresa francesa. As obras civis do primeiro centro integrado, nomeado como Cindacta I, com sede em Brasília, iniciaram-se em 1973 e foram concluídas em 1975 (Moreira, 2005, p. 9-10). Ambas as empresas também concorreram, em 1994, à licitação do projeto Sivam,[11] quando venceu a norte-americana Raytheon.

A evolução da aviação nacional sob a égide de uma instituição militar e com um modelo centralizado gerou esse importante sistema que utiliza a mesma infraestrutura de apoio (integração) para atender a duas atividades distintas: a defesa aeroespacial e o controle de tráfego aéreo.

O sistema foi concebido para maximizar o emprego dos meios e tornar mais eficaz a coordenação das atividades das aviações civil e militar. Um de seus pontos principais é a integração dos meios, ou seja, a infraestrutura operacional de visualização através de radares, comunicação, *softwares* da defesa aérea e do controle de tráfego aéreo, assim como a integração de recursos humanos para apoiar e operar o sistema ficariam sob a competência de um órgão.

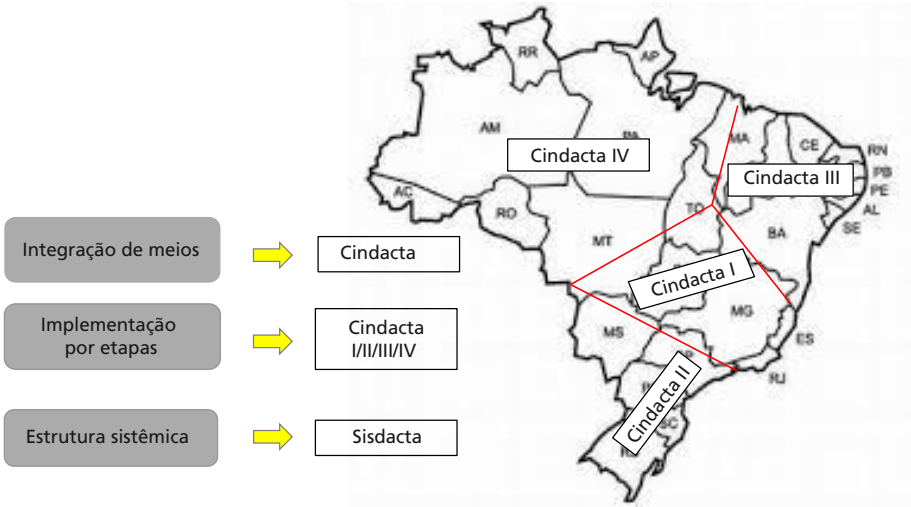
Como órgãos executivos desse sistema, foram criados os Cindactas, tendo sua área de atuação dividida. A concepção desse sistema pode ser observada na figura 2.

Nesse sentido, o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (Sisceab) foi instituído em 1990 e reformulado em 2000, com o objetivo de integrar os órgãos e sistemas que já participam do Controle da Circulação Aérea Nacional e proporcionar condições eficientes e seguras a todas as aeronaves, nacionais ou

10. Disponível em: <https://www.norad.mil/About-NORAD/>.
11. O Sivam é o atual Cindacta IV, com sede em Manaus, Amazonas.

estrangeiras, no espaço aéreo sob jurisdição brasileira (Brasil, 2000, art. 12). Teve, ainda, como objetivos prover a vigilância do espaço aéreo e participar do Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (Sisdabra).

FIGURA 2
Concepção do Sisdacta



Elaboração dos autores.

Dessa forma, o Sisceab foi criado para centralizar os meios de comunicação, vigilância e controle que ainda não estavam sob a gerência do órgão responsável pelo sistema que, à época, era a Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo (DIREPV), então subordinada ao Comando-Geral de Apoio (Comgap).

Aqui, é preciso fazer uma breve distinção entre o que a Aeronáutica destaca como controle do espaço aéreo. O controle está ligado ao Gerenciamento de Tráfego Aéreo (Air Traffic Management – ATM) ou comumente denominado Air Traffic Control (ATC). É responsabilidade da Aeronáutica gerenciar aeronaves civis e militares que voam sob as regras da Oaci.

No caso do Brasil, o controle do espaço aéreo, em termos de soberania do país sobre o seu território, está ligado à palavra defesa, cujo significado atual é Sistema de Defesa Aeroespacial e Controle de Tráfego Aéreo (Sisdabra),[12] nome derivado do anterior em função da evolução e incorporação de meios como os

12. Anteriormente, a sigla era decodificada como Sistema de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo. A mudança se deve à mudança no conceito de poder aéreo que, no Brasil, é descrito como poder aeroespacial em função de meios como os satélites.

satélites. Portanto, observa-se que a questão do monitoramento do território brasileiro não era pontual, mas envolvia todo o país.

A Amazônia representa um caso especial para o monitoramento do espaço aéreo brasileiro. Não somente por sua dimensão geográfica em relação ao território nacional, mas também por questões associadas: ao narcotráfico; à questão ambiental; ao controle do desmatamento; ao garimpo ilegal; e ao monitoramento de terras indígenas. Assim, foram criados dois sistemas diferentes e integrados para monitoramento da região, o Sipam e o Sivam, que, como já mencionado, posteriormente se tornou o Cindacta IV.

3.2 O Sipam

A Amazônia brasileira sempre exigiu a atenção do Estado brasileiro. Entre as principais preocupações que envolvem essa região destacam-se a preservação das riquezas naturais e da biodiversidade, a preservação de tribos indígenas, bem como suas características geográficas naturais que dificultam o controle das fronteiras. Este último, em particular, nos leva aos principais desafios brasileiros na Amazônia, o controle territorial e a restrição da entrada de drogas, armas e tráfico de pessoas pelas fronteiras. Esse é um problema que coloca em risco a integridade e a soberania brasileira sobre seu território e afeta as populações nas grandes metrópoles pela estrutura de organizações criminosas que exercem poder em áreas de vulnerabilidade social.

> Durante a primeira década do milênio, o narcotráfico faturou, em média, US$ 900 bilhões ao ano, segundo o Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC). A cifra é equivalente a 35% do produto interno bruto (PIB) brasileiro ou a 1,5% de toda a riqueza produzida no globo. O cenário é ainda mais grave quando se considera que o narcotráfico impulsiona e alimenta 40% das demais frentes de negócios mantidas pelo crime organizado, segundo a UNODC, com base em dados do final da década passada. As atividades, que incluem tráfico de armas, de pessoas e lavagem de dinheiro, entre outros, giraram em torno de US$ 2,1 trilhões, ou seja, 3,6% do PIB global (Unifesp, 2016, p. 7).

O Sipam foi desenvolvido, enquanto conceito, em 1990, como uma resposta para a deficiência brasileira no controle da região amazônica e a incapacidade de expressiva reação aos danos ecológicos causados por exploração ilegal na floresta. O projeto ganhou notoriedade de incentivo público. No âmbito internacional, eram debatidos os efeitos climáticos das ações do homem no clima e, em 1992, o Brasil sediou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUCED), também conhecida como Eco-92.

O Sipam nasceu da necessidade de tornar efetiva a presença do Estado na Amazônia Legal, por meio de um sistema que contribuísse no controle, na fiscalização e no monitoramento dessa região estratégica para o Brasil.

O conceito de Amazônia Legal foi desenvolvido pelo Estado brasileiro e diz respeito à Amazônia brasileira, como pode ser observado na concepção publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

> A Amazônia Legal corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) delimitada em consonância ao art. 2º da Lei Complementar nº 124, de 3 de janeiro de 2007. A região é composta por 772 municípios distribuídos da seguinte forma: 52 municípios de Rondônia, 22 municípios do Acre, 62 do Amazonas, 15 de Roraima, 144 do Pará, 16 do Amapá, 139 do Tocantins, 141 do Mato Grosso, bem como por 181 municípios do estado do Maranhão situados ao oeste do Meridiano 44º, dos quais 21 deles estão parcialmente integrados na Amazônia Legal. Possui uma superfície aproximada de 5.015.067,75 km², correspondente a cerca de 58,9% do território brasileiro (IBGE, 2022).

Assim, a temática da Amazônia recebeu maior destaque a partir de 1990, contribuindo para que o governo brasileiro colocasse em andamento ações que permitissem o monitoramento e o controle dessa vasta região, como foi o caso do Sivam.

3.3 O Sivam

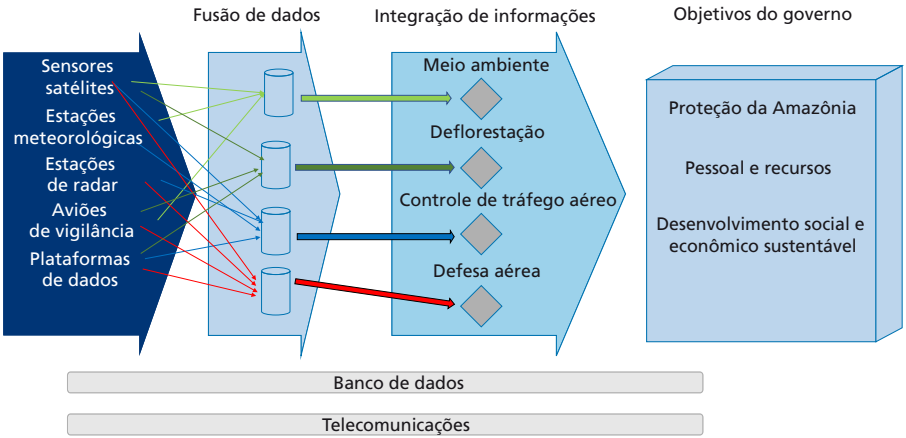
O Sivam, cuja função precípua é o monitoramento da Amazônia Legal, foi inaugurado em julho de 2002, durante o segundo mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso, sete anos após a companhia norte-americana Raytheon vencer licitação contra a concorrência da francesa Thomson, em 1995.

O decreto presidencial de 18 de outubro de 1999, no seu art. 3º, definia que o Sivam fazia parte do Sipam e, no parágrafo único, destacou que esse sistema "visa à execução de obras e serviços, à aquisição de equipamentos e à alocação de bens destinados à coleta, ao processamento, à produção e à difusão de dados sobre a Amazônia, no âmbito do Sipam" (Brasil, 1999). Portanto, o projeto Sivam nasceu sob a coordenação do Maer, tendo, entre outras, as seguintes atribuições: i) gerar conhecimentos atualizados sobre a Amazônia brasileira; ii) criar condições para que os órgãos setoriais do governo se integrassem na busca de soluções para proteção da Amazônia; e iii) sistematizar o controle, a fiscalização, a monitorização e a vigilância da região (Brasil, 2005).

Dessa forma, o Sivam nasceu como responsável por coletar, processar e distribuir dados para os usuários integrantes do Sipam, propiciando condições para um novo estilo de administração integrada na região amazônica, com o suporte de equipamentos, *software* e pessoal destinados ao levantamento de dados sobre aquela área.

O conceito do Sivam pode ser observado na figura 3 e, erroneamente, foi considerado um projeto de natureza militar, conquanto sua finalidade principal tenha sido a de dar viabilidade ao Sipam para somente após sua conclusão separar-se, tornando-se o Cindacta IV. A palavra-chave de ambos os projetos foi integração.

FIGURA 3
Conceito do Sipam e do Sivam



Elaboração dos autores.

Para financiar esse projeto, o Brasil, com a participação do Banco do Brasil, realizou um empréstimo junto ao Export-Import Bank of the United States (Eximbank) de aproximadamente US$ 1,023 bilhão à época. O valor total da implantação do Sivam foi de US$ 1,395 bilhão, sendo US$ 1,285 bilhão para equipamentos e serviços e US$ 110 milhões destinados a obras civis (Brasil, 2005, p. 4). Do total dos investimentos, a Raytheon, vencedora da licitação para o fornecimento de equipamentos, recebeu US$ 239,2 milhões (Almeida, 2020, p. 45-47).

O projeto permitiu a aquisição das aeronaves que, atualmente, integram o Segundo Esquadrão do Sexto Grupo de Aviação (2º/6º GAv), sediado na Base Aérea de Anápolis (BAAN), Ala 2, dentre elas o E-99, que "é capaz de detectar alvos aéreos e transmitir as informações de detecção para os centros de controle em terra, além de cumprir missões de controle e alarme em voo, com a participação de aeronaves de caça em voos de defesa aérea, de busca e salvamento e de vigilância e controle do espaço aéreo" (Carlos, 2020).

Essa organização, em 2009, ainda considerava as aeronaves pertencentes ao seu acervo, apesar de operadas pela FAB.

O Sipam é parceiro do Programa Terra Legal criado pelo governo federal, através da Lei nº 11.952, para titular a propriedade de terras públicas de até quinze módulos

> fiscais localizadas na Amazônia e que tenham sido ocupadas por posseiros antes de dezembro de 2004. As áreas regularizadas estão sendo monitoradas, através de imagens dos radares Imageador Multiespectral (MSS), Radar de Abertura Sintética (SAR) e Sensor Ótico e Infravermelho (OIS) *das aeronaves do Censipam*, e também pela aquisição de imagens de satélite (Brasil, 2009a, p. 39, grifo nosso).

Em outro trecho do mesmo relatório é mencionado que

> o Sipam também realiza o trabalho de monitoramento dos 43 municípios embargados, prioritários para as ações de prevenção e combate ao desmatamento. (...) São 851 mil quilômetros quadrados *que o avião R-99B começou a sobrevoar*, em 2009, para coletar imagens desses municípios. (...) Continuidade ao trabalho iniciado em 2008 (Brasil, 2009a, p. 41, grifo nosso).

Contudo, o diretor-geral do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam) destaca que

> operações coordenadas pelo Censipam muitas vezes envolvem a Força Aérea Brasileira (FAB). "O conceito operacional do Censipam busca a integração de dados para geração de produtos nas áreas de inteligência, monitoramento ambiental e territorial, e a Força Aérea é uma das nossas grandes parceiras neste trabalho", afirmou o diretor-geral. *A parceria do Censipam com a FAB é histórica, vem desde a implantação do Sivam e o uso de aeronaves R-35, R-99 e E-99* para o levantamento de dados obtidos por meio de sensores aerotransportados (Sipam, 2018, p. 57, grifo nosso).

O detalhe da aquisição de aeronaves – além dos equipamentos que serviriam tanto para o Sipam quanto para o Sivam, por meio do financiamento do Eximbank, como acervo do Censipam e operadas pela FAB – demonstra a capacidade de o Brasil, com fundamento nos resultados da Eco-92, utilizar a sua diplomacia para justificar a implantação de um sistema que serviria para o propósito principal de proteção ambiental da Amazônia, mas teria como suporte tecnológico um sistema de vigilância que seria o Sivam.

A vigilância e o alerta antecipado de atividades ilegais e ameaças na região amazônica encontram importância sob o ponto de vista de segurança nacional e internacional, pois no contexto geopolítico brasileiro tal região é de importância ímpar para o Brasil, visto que dos dez países com quem compartilha fronteiras terrestres sete são estados amazônicos, com apenas Argentina, Paraguai e Uruguai localizados fora desse grupo. Os países amazônicos que fazem fronteira com o Brasil são: Guiana, Suriname, Colômbia, Peru, Venezuela, Bolívia e Guiana Francesa.[13] Outro país que integra a Amazônia é o Equador, que, no entanto, não possui fronteiras com o Brasil.

Posto isso, na próxima seção, será abordada a dimensão internacional relacionada ao controle do espaço aéreo na região amazônica a partir das relações

13. Território ultramarino da França.

de cooperação com países amazônicos membros da OTCA, o que não inclui a Guiana Francesa.

4 CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO E COOPERAÇÃO INTERNACIONAL COM OS PAÍSES AMAZÔNICOS

Situada no norte da América do Sul, com uma área que representa mais de 25% do continente americano e uma população de cerca de 48 milhões de habitantes,[14] a Amazônia é a maior floresta tropical do mundo, com extensa riqueza de recursos naturais e de biodiversidade. A Amazônia integra o território de nove países – Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela – além do Brasil, cuja maior porção desse bioma encontra-se sob sua jurisdição.

Dadas as proporções geográficas da região amazônica – em especial a Amazônia brasileira, cuja extensão territorial corresponde a aproximadamente 60% do território nacional (IBGE, 2022) –, o monitoramento de atividades ilegais como desmatamento, tráfico de pessoas, tráfico de ilícitos, garimpo sem licenciamento e ocupação de terras indígenas permanece um desafio constante para as autoridades, as Forças Armadas e forças auxiliares dos países amazônicos. Como mencionado anteriormente, a introdução do Sivam, atual Cindacta IV, representou um avanço sem igual para o Brasil no princípio do século XXI, estabelecendo condições para uma nova forma de vigilância e controle do espaço aéreo sobre a área da Amazônia por meio de coleta, processamento e distribuição de dados no âmbito do Sipam.

O progresso do Brasil despertou um interesse de cooperação internacional com outros estados sul-americanos membros da OTCA. Em 25 de julho de 2002, dia do lançamento do Sivam, o então presidente da República Fernando Henrique Cardoso, em seu discurso em Manaus, Amazonas, fez menção à possibilidade de colaboração com países vizinhos.

> Estou convencido de que esse sistema que estamos hoje inaugurando será um grande êxito para o Brasil. Um êxito que poderá estender-se para os países vizinhos, como já disse o ministro da Defesa, se eles assim o desejarem, porque as questões do desenvolvimento da Amazônia exigem uma perspectiva de integração (Brasil, 2002).

O então presidente brasileiro, que poucos dias antes do lançamento do Sivam havia recebido o recém-eleito presidente colombiano Álvaro Uribe[15] em Brasília, continuou seu discurso comentando sobre a possibilidade de compartilhamento de dados com a Colômbia.

---

14. Disponível em: <http://otca.org/pt/a-amazonia/>.

15. Nessa ocasião, Álvaro Uribe era o presidente colombiano eleito, mas ainda não havia sido empossado. Uribe assumiria a cadeira presidencial em seu país no dia 7 de agosto de 2002.

> Tendo em vista o alcance regional do Sivam, vamos trabalhar para que seus serviços também possam ser utilizados pela Colômbia, para o controle da aviação na região da fronteira, de modo a aumentar a eficácia dos programas de combate ao narcotráfico. É essa a disposição demonstrada pelo presidente e é essa a disposição que demonstramos algum tempo atrás e reiteramos hoje, não só no que diz respeito à Colômbia, mas no que diz respeito a todos os países vizinhos que desejem participar dessa nova possibilidade de ampliação do controle sobre o espaço aéreo e de informações sobre a região (Brasil, 2002).

O discurso do ex-presidente FHC, além de apontar para o interesse de cooperação de países, mostra também o interesse brasileiro em assim proceder em relação à vigilância e ao controle do espaço aéreo sobre a Amazônia.

Desse modo, Fagundes (2014, p. 101) chama atenção para o fato de que como os radares têm um alcance de aproximadamente 300 km, são capazes de realizar varredura em territórios de países vizinhos se instalados em zonas de fronteira. Assim, para evitar a desconfiança em relação ao desequilíbrio relacionado às capacidades militares na região amazônica, a opção brasileira de tornar o Sivam um instrumento de política externa em relação à segurança regional pode também ser compreendida como uma oportunidade de afirmação da liderança brasileira no que tange à integração sul-americana. Apesar disso, é importante frisar que o Sivam foi planejado e implementado como um sistema para servir ao Estado brasileiro, o que não impede que o Brasil permaneça empregando-o como um instrumento de diplomacia voltado para a cooperação em âmbito regional.

Assim foi por ocasião de reuniões de ministros das relações exteriores da OTCA que a cooperação em torno do Sivam para vigilância sobre o espaço aéreo foi debatida. O empenho de cooperação entre os países amazônicos foi discutido durante a VIII Reunião de Ministros das Relações Exteriores dos Estados-Membros da OTCA, em Manaus, em 2004. A ata final do encontro fez menção ao sistema destacando o "potencial de cooperação entre os estados- membros, com base em sistemas de sensoriamento remoto, como o Sistema de Vigilância da Amazônia (Sivam) e o Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam)". Aliado a isso, também foram saudadas as "ações bilaterais em andamento entre o Brasil e os demais estados-membros para estabelecer as condições de acesso às informações geradas por esses sistemas" (OTCA, 2004).

De acordo com Martínez (2012, p. 230), na IX Reunião de Ministros das Relações Exteriores da OTCA, também houve deliberação para cooperação multilateral em torno do Sivam/Sipam, "em especial nas áreas de aproveitamento e monitoramento dos recursos hídricos, incêndios florestais e ilícitos". O documento final do encontro enfatizou isso afirmando que os estados-membros da entidade decidiram

> promover a cooperação entre os estados-partes com vistas ao desenvolvimento de projetos nacionais de sistemas de informação geográfica para monitoramento ambiental da Amazônia que contribuam para melhorar o conhecimento dos países-membros da OTCA sobre a Amazônia e monitorar as atividades relevantes desenvolvidas na região. Da mesma forma, Recomendam à Secretaria Permanente da OTCA, conforme suas possibilidades técnicas, a apoiar a formulação de projetos que permitam concretizar a oferta do governo do Brasil de estender a todos os países-membros a possibilidade de cooperar no campo dos sistemas de proteção e vigilância da Amazônia (Sivam/Sipam), especialmente em áreas como: desenvolvimento científico e tecnológico; uso e monitoramento dos recursos hídricos, minerais e florestais; monitoramento de incêndios florestais; e combate a atos ilegais na região (OTCA, 2004, tradução nossa).

Em 2006, ocorreu a I Reunião dos Ministros da Defesa dos Estados da OTCA. Nessa ocasião, segundo Fagundes (2014, p. 102-103), quando discutido o compartilhamento de dados do Sivam, a delegação do Equador "ressaltou a importância de a OTCA apoiar a criação de um sistema integrado e a Venezuela lembrou que os países haviam aprovado anteriormente o incentivo à criação de sistemas nacionais de vigilância". O ministro equatoriano inclusive chegou a defender que a OTCA custeasse a implementação de um sistema de vigilância regional (Schwaizer, 2016, p. 78).

A Venezuela, no entanto, em busca de maior autonomia, optou por avançar no desenvolvimento do Sistema de Vigilância Orinoco e Amazônia (Sivoram). Trata-se da adaptação do programa de controle meteorológico local aplicado à Amazônia e ao rio Orinoco para os moldes do Sivam (Monteiro, 2009, p. 92). Mesmo assim, antes de o projeto Sivoram ser tornado público, Schut (2004, p. 5-6, 22, 25) argumenta que esse país e outros estados da região do Escudo Guianense,[16] como Colômbia, Guiana e Suriname, eram favoráveis ao compartilhamento de dados do Sivam.

Apesar de os países mencionados tenham demonstrado interesse no Sivam, ou Cindacta IV, como posteriormente passou a ser conhecida a estrutura inaugurada em julho de 2002, foram a Colômbia e o Peru, em especial, que mais progrediram no sentido de cooperação com o Brasil para o monitoramento do espaço aéreo amazônico. Brasil e Colômbia firmaram o Grupo de Trabalho Bilateral para a Repressão da Criminalidade e do Terrorismo,[17] no segundo semestre de 2003, e o governo brasileiro concedeu autorização para que os comandos militares responsáveis

16. Escudo Guianense é a nomenclatura dada à região transfronteiriça da América do Sul que abrange o rio Amazonas ao sul, o rio Japurá-Caquetá ao sudoeste, os rios Orinoco e Guaviare a noroeste, o oceano Atlântico a (norte) leste e a Serranía de Chiribiquete a oeste. Os países cujos territórios encontram-se parcialmente nessa área geográfica são Brasil, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Suriname e Venezuela.

17. Formado por representantes dos ministérios das relações exteriores, da justiça e da defesa de ambos os países.

pelo gerenciamento e emprego do Sivam também participassem de atividades voltadas para o intercâmbio de informações envolvendo as duas nações (Brasil, 2003).

Ainda na fase inicial da implementação do Sivam, outro país que demonstrou interesse nesse sistema brasileiro foi o Peru, tendo sido firmado, em abril de 2003, um acordo entre os dois governos, o *Memorando de Entendimento entre os Governos da República Federativa do Brasil e da República do Peru sobre Cooperação em Matéria e Proteção e Vigilância da Amazônia*, por meio do qual governo brasileiro se dispôs a assessorar e permitir acesso progressivo ao Peru no que se refere a dados gerados pelo Sivam, com o propósito de integrar o Estado vizinho ao Sipam. O art. 6º do memorando previa o "estabelecimento de um centro de vigilância da Amazônia, situado em território peruano, com capacidade de intercambiar dados com o Sistema de Proteção/Vigilância da Amazônia (Sipam/Sivam)". O memorando foi aprovado pelo Congresso Nacional brasileiro em fevereiro de 2006 e no mês seguinte entrou em vigor internacionalmente (Brasil, 2006).

No primeiro semestre de 2009, Brasil e Peru fecharam um acordo para monitoramento e vigilância do espaço aéreo de 50 quilômetros a partir da fronteira comum. O objetivo principal do acordo foi estabelecer mecanismos para que os dois países pudessem se antecipar à entrada de uma aeronave ilegal em seus territórios. Outros países como a Colômbia e a Guiana Francesa também manifestaram interesse em formalizar acordo similar com o Brasil (Sequeira, 2009).

Foi a partir da cooperação bilateral com o Brasil que o Peru desenvolveu o seu próprio sistema de vigilância do espaço aéreo amazônico, que recebeu o nome de Sistema de Vigilancia Amazónico y Nacional (Sivan). O projeto de investimento do Sivan foi aprovado pelo ministério da defesa peruano em dezembro de 2014 e o sistema passou a ser operado pela Força Aérea local a partir de janeiro de 2015 (Biaggi, 2021).

Em 2017, Brasil, Colômbia e Peru praticaram o exercício militar conjunto Amazonas I, simulação por meio da qual um alvo hipotético atravessaria o espaço aéreo dos três países e seria interceptado por meios de sua Força Aérea. O exercício promoveu um intercâmbio de militares com controladores de tráfego aéreo acompanhando as tarefas a partir do Cindacta IV e do Destacamento de Controle de Tráfego Aéreo de Tabatinga, com emprego, inclusive do Hórus, sistema colombiano de rastreamento por satélite (Brasil..., 2017).

Apesar de a cooperação bilateral com o Peru ser mais acentuada em relação a outros países, a Bolívia também firmou acordo para "aprimoramento do Sistema de Controle e Defesa do Espaço Aéreo Boliviano à luz do que é desenvolvido no Brasil" (Brasil, 2020). Tal compromisso foi fechado em janeiro de 2020 durante visita dos ministros da defesa de ambos os países ao Cindacta IV.

O controle do espaço aéreo brasileiro na região amazônica através do Sivam, atual Cindacta IV, desde a sua inauguração, tem gerado oportunidade de cooperação com os países vizinhos, em especial os países da OTCA. Mesmo assim, à exceção de Colômbia e principalmente Peru, os avanços nessa direção ainda se encontram em fase de desenvolvimento.

5 CONCLUSÃO

Este texto teve por objetivo analisar a criação, a evolução e o estágio atual do Sisdacta, sistema brasileiro que integra duas importantes funções em nível de Estado: o controle de tráfego aéreo e a defesa do espaço aéreo. Demonstrou-se aqui que a criação desse sistema pode ser considerada uma inovação no campo administrativo, de gerência de recursos e de política de Estado.

A análise destacou a forma de financiamento do Sisceab, que sucedeu o Sisdacta, mantendo a ideia original de integração, apenas fazendo a separação operacional, isto é, dos dados obtidos pela infraestrutura de radares, meios de tecnologia da informação (TI) e de comunicação, para duas finalidades distintas: i) a defesa aeroespacial, relativa à soberania do Brasil no seu espaço aéreo; e ii) o gerenciamento do tráfego aéreo circulando no espaço aéreo nacional e sob a responsabilidade do país.

Este texto também abordou um rápido histórico sobre a criação do Sipam e do Sivam, dois sistemas que tiveram como desafios perseguir, conquistar e manter a soberania nacional no espaço aéreo e territorial da Amazônia e seu entorno estratégico, o arco amazônico, executando ações de defesa nacional, inclusive no que se refere ao narcotráfico e atividades ilegais de desflorestamento e garimpo.

Nesse aspecto, a implantação desses sistemas gerou cooperação internacional com diversos países, como Peru, Bolívia e Colômbia, também como forma de ampliar a integração regional em termos de segurança e defesa. A pesquisa destacou que a cooperação regional é um fator que pode ser ampliado, por meio da liderança do Brasil no contexto da América do Sul. Como exemplo, temos a cooperação com a Bolívia, cujo acordo foi realizado em 2020.

Em relação ao Sipam, foi demonstrado que sua criação teve a ver com os compromissos diplomáticos do Brasil oriundos da Eco-92, inclusive no que se refere ao financiamento pelo Eximbank, que permitiu, também, a aquisição das aeronaves E-99 e R-99. O Sivam, por sua vez, foi o suporte tecnológico para o Sipam, até o momento em que se transforma no Cindacta IV, finalizando o projeto Sisdacta e integrando a cobertura radar de todo o país, como previsto inicialmente no projeto. O Sipam evoluiu para uma estrutura autônoma que é hoje o Censipam, mas ainda com suporte da FAB no que tange aos sensores aéreos (como as aeronaves E-99 e R-99).

A pesquisa demonstrou que a palavra-chave de todos os projetos foi integração, constante no decreto de criação do Maer em 1941, que permanece até os dias atuais, e o aspecto de segurança, na visão de soberania sobre o espaço aéreo nacional. Também que o Sisdacta foi uma inovação administrativa, ao colocar sob a gerência de uma única organização toda uma infraestrutura tecnológica e de recursos humanos para atender dois sistemas: o da defesa aeroespacial e o de controle de tráfego aéreo. A inovação se estendeu pela parte operacional, cujos dados coletados da mesma fonte são tratados de forma distinta: para o controle de tráfego aéreo e para a defesa aeroespacial.

O Sisdacta também foi uma inovação conceitual, ao integrar, sob uma mesma estrutura e gerência duas atividades distintas: defesa aérea e gerenciamento de tráfego aéreo, uma vez que, ainda hoje no mundo, essas estruturas são específicas, com equipamentos para cada sistema e gerenciamento por entidades diferentes.

Dessa forma, a pesquisa atingiu os objetivos propostos de analisar a criação, a evolução e o estágio atual do Sisdacta, tendo abordado o tema por meio de quatro aspectos: i) o conceitual (inovação do sistema); ii) o diplomático (implementação de compromissos sobre a Amazônia assumidos na Eco-92); iii) o tecnológico/empresarial (*software* do sistema e empresas vencedoras da concorrência); e iv) o financeiro (empréstimo do Eximbank e custeio do sistema).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. W. L. de. Sistema de Vigilância da Amazônia (Sivam): perspectivas da economia de defesa. **A Defesa Nacional**, v. 88, n. 793, 29 jul. 2020.

BIAGGI, V. D. V. **El Sistema de Vigilancia Amazónico y Nacional (Sivan) y las amenazas no convencionales**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Academia Diplomática del Perú Javier Pérez de Cuéllar, Lima, 2021. Disponível em: <http://repositorio.adp.edu.pe/bitstream/handle/ADP/175/2021%20Tesis%20Velasquez%20Biaggi%2c%20Victor%20Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BRASIL. Decreto-Lei nº 2.961, de 20 de janeiro de 1941. Cria o Ministério da Aeronáutica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 jan. 1941. Seção 1. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-2961-20-janeiro-1941-412859-publicacaooriginal-1-pe.html>.

_____. Constituição dos Estados Unidos do Brasil, de 18 de setembro de 1946. A Mesa da Assembleia Constituinte promulga a Constituição dos Estados Unidos do Brasil e o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, nos termos dos seus arts. 218 e 36, respectivamente, e manda a todas as autoridades, às quais couber o conhecimento e a execução desses atos, que os executem e façam executar e observar fiel e inteiramente como neles se contêm. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1946. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao46.htm>.

_____. Decreto-Lei nº 107, de 16 de janeiro de 1967. Autoriza o Poder Executivo a constituir a empresa Telecomunicações Aeronáuticas S/A (Tasa). **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jan. 1967a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D65451.htm>.

_____. Decreto-Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967. Dispõe sobre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 1967b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm>.

_____. Ministério da Aeronáutica. **Plano Plurianual de Investimentos**. Portaria nº 88/GM7, de 7 de outubro de 1968. Brasília: Maer, 1968.

_____. Portaria nº S-001/GM4, de 23 de julho de 1980. Cria a Comissão de Desenvolvimento do Projeto e da Implantação do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (Ciscea). **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 jul. 1980a.

_____. Decreto Reservado nº 10, de 18 de março de 1980. Cria o Núcleo do Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (Nucomdabra) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 mar. 1980b.

_____. Decreto nº 86.864, de 21 de janeiro de 1982. Regulamenta o Decreto-Lei nº 1.896, de 17 de dezembro de 1981, que dispõe sobre a utilização de instalação e serviços destinados a apoiar e tornar segura a navegação aérea. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1982. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1980-1984/D86864.htm>.

_____. Portaria nº 724/GM3, de 1 de novembro de 1989. Aprova o Regulamento do Núcleo do Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (Nucomdabra). **Diário Oficial da União**, Brasília, 1 nov. 1989.

_____. Decreto de 18 de outubro de 1999. Dispõe sobre o Conselho Deliberativo do Sistema de Proteção da Amazônia (Consipam) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 out. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior%20a%202000/Dnn-18-10-99.htm#art9>.

_____. Biblioteca da Presidência da República. **Discurso na cerimônia de ativação do Primeiro Complexo Operacional Sipam/Sivam**. Manaus: Presidência da República, 2002. Disponível em: <http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/presidencia/ex-presidentes/fernando-henrique-cardoso/discursos/2o-mandato/2002/25-de-julho-de-2002-discurso-na-cerimonia-de-ativacao-do-primeiro-complexo-operacional-sipam-sivam/view>.

_____. Decreto nº 4.200, de 17 de abril de 2002. Transfere do Ministério da Defesa para a Casa Civil da Presidência da República a Secretaria-Executiva do Conselho Deliberativo do Sistema de Proteção da Amazônia – SECONSIPAM, altera sua denominação e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 abr. 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4200.htm>. Acesso em: 30 ago. 2020.

_____. Brasil/Colômbia. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 50, 12 set. 2003.

_____. Comando da Aeronáutica. Diretriz de comando da Aeronáutica (DCA) nº 351-1, de 2004. Estabelece a Política da Aeronáutica para o Controle do Espaço Aéreo. Aprovada pela Portaria nº 979/GC3, de 22 de setembro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004.

_____. Ministério da Aeronáutica. **Comissão de Implantação do Sistema de Controle do Espaço Aéreo (Ciscea) e Comissão para Coordenação de Implantação do Projeto do Sistema de Vigilância da Amazônia (CCSIVAM)**. Brasília: Maer, 2 jul. 2005.

_____. Decreto nº 5.752, de 12 de abril de 2006. Promulga o memorando de entendimento entre os governos da República Federativa do Brasil e da República do Peru sobre cooperação em matéria de proteção e vigilância da Amazônia, celebrado em Lima, em 25 de agosto de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 abr. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5752.htm>.

_____. Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 dez. 2008. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6703.htm>.

_____. Presidência da República. **Relatório de gestão do centro gestor e operacional do sistema de proteção da Amazônia**. Brasília: Casa Civil, 2009a.

_____. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 162/2009. Relatório de Monitoramento. Programa Emaer-32. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 92, 16 fev. 2009b. Seção 1.

_____. Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Cindacta IV recebe visita de ministros da Defesa do Brasil e da Bolívia e inaugura Centro Regional de Monitoração. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo**, 4 fev. 2020. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=cindacta-iv-recebe-visita-de-ministros-da-defesa-do-brasil-e-da-bolivia-e-inaugura-centro-regional-de-monitoracao>.

BRASIL, Colômbia e Peru farão treinamento conjunto de combate a tráfego ilícito. **Folha Militar**, 21 nov. 2017. Disponível em: <http://folhamilitar.com.br/2017/11/brasil-colombia-e-peru-farao-treinamento-conjunto-de-combate-a-trafego-ilicito/>.

CARLOS, L. Esquadrão Guardião 2°/6° GAV irão operar Aeronaves E-99M Modernizadas pela Embraer. **Defesa.TV**, 9 ago. 2020. Acesso em: 3 nov. 2021.

DRUCKER, P. F. **Uma era de descontinuidade**. Tradução de J. R. Brandão Azevedo. São Paulo: Círculo do Livro S/A, 1975.

ESTEVES, P. Controle do espaço aéreo brasileiro: uma história que merece ser contada. **DefesaNet**, p. 1-18, 31 mar. 2005.

_____. Sisceab: Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro. **Ordem de Batalha**, 4 ago. 2006. Disponível em: <http://freepages.rootsweb.com/~otranto/military/fab/sisceab.htm>. Acesso em: 7 jan. 2022.

FAGUNDES, F. C. de R. **Cooperação em segurança e defesa no espaço andino-amazônico**: ambiguidades e potencialidades. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/103973>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Amazônia legal**: o que é? Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>.

LAVENÈRE-WANDERLEY, N. F. **História da Força Aérea Brasileira**. Brasília: Maer, 1966.

MARTÍNEZ, M. M. **Bacia amazônica e hidropolítica**: interdependência hidrológica, incipiente regime regional e baixo conflito. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11422/1/2012_MonicaMontanaMartinez.pdf>.

MONTEIRO, L. C. do R. **Políticas territoriais do estado brasileiro na Amazônia e seus efeitos na fronteira Brasil-Colômbia**: controle estatal e ameaças transnacionais. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MOREIRA, M. N. de A. Sisdacta (1968-1978): visão estratégica. **Revista Unifa**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 19, p. 35-40, dez. 2004.

OTCA – ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA. *In:* REUNIÓN DE MINISTROS DE LAS RELACIONES EXTERIORES DE LOS ESTADOS MIEMBROS DE LA ORGANIZACIÓN DEL TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA, 8., Manaus, 2004. **Acta final...** Manaus: OTCA, 2004. Disponível em: <http://otca.org/wp-content/uploads/2020/07/VIII-Reuni%C3%B3n-de-Ministros-de-Relaciones-Exteriores-Acta-Resol-Declaraci%C3%B3n.pdf>.

REZEK, J. F. **Direito internacional público**: curso elementar. 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

SCHUT, V. **Feasibility of a monitoring programme for the Guiana shield initiative**. Amsterdam: Netherlands Committee for IUCN, 2004. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2004-010.pdf>.

SCHWAIZER, V. R. **As estratégias brasileiras de integração regional**: os casos do projeto Sipam/Sivam na tríplice fronteira Brasil, Venezuela e Guiana (2000-2012). 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufrr.br:8080/jspui/bitstream/prefix/374/1/As%20estrategias%20brasileiras%20de%20integra%c3%a7%c3%a3o%20regional.%20Schwaizer%20%281%29.pdf>.

SEQUEIRA, C. D. Peru integrará seus radares aos do Sivam. **Folha de S.Paulo**, 22 mar. 2009. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mundo/ft2203200909.htm>.

SIPAM – SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA. **Relatório de gestão do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia**. Brasília: Sipam, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/censipam/publicacoes/relatorios/arquivos/relatorio-de-atividades-2018.pdf>.

UNIFESP – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO. **Entreteses**: revista Unifesp. São Paulo: Unifesp, jun. 2016. n. 6. Disponível em: <https://www.unifesp.br/edicoes-anteriores-entreteses/item/2163-revista-entreteses-ed-06>.

INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS

1. A revista *Tempo do Mundo* tem como propósito apresentar e promover debates sobre temas contemporâneos. Seu campo de atuação é o da economia e política internacionais, com abordagens plurais sobre as dimensões essenciais do desenvolvimento, como questões econômicas, sociais e relativas à sustentabilidade.
2. Serão considerados para publicação artigos originais redigidos em português, inglês e espanhol.
3. As contribuições não serão remuneradas, e a submissão de um artigo à revista implicará a transferência dos direitos autorais ao Ipea, caso ele venha a ser publicado.
4. O trabalho submetido será encaminhado a, pelo menos, dois avaliadores. Nesta etapa, a revista utiliza o sistema *blind review*, em que os autores não são identificados em nenhuma fase da avaliação. A avaliação é registrada em pareceres, que serão enviados aos autores, mantido o sigilo dos nomes dos avaliadores.
5. Os artigos, sempre inéditos, deverão ter no máximo 13 mil palavras, incluindo ilustrações (tabelas, quadros, gráficos etc.), espaços, notas de rodapé e referências.
6. O arquivo deve ser editado em Microsoft Word ou editor de texto compatível; e a formatação deve seguir os seguintes padrões: *i)* fonte Times New Roman, tamanho 12, espaçamento 1,5, parágrafos justificados; e *ii)* margens: superior = 3 cm, inferior = 2 cm, esquerda = 3 cm, e direita = 2 cm. As ilustrações devem ser numeradas e conter legendas, fonte e indicação de autoria.
7. Caso o artigo possua ilustrações, estas também deverão ser entregues em separado, em arquivos específicos, nos formatos originais (editáveis).
8. As remissivas das citações ao longo do texto deverão seguir o sistema autor-data, como em: (Barat, 1978). Quando aplicável, deve-se acrescentar o número da página citada, a saber: (Barat, 1978, p. 15).
9. As referências completas deverão estar reunidas no fim do texto, em ordem alfabética, e observarem a norma NBR 6023 da ABNT.
10. Apresentar em página separada: *i)* título do trabalho em português, inglês e espanhol – em maiúsculas e negrito; *ii)* até cinco palavras-chave em português, inglês e espanhol; *iii)* resumo de cerca de 150 palavras, em português, inglês e espanhol; *iv)* classificação JEL; e *v)* informações sobre o(s) autor(es): nome completo, titulação acadêmica, filiação profissional e/ou acadêmica atual, área(s) de interesse em pesquisa, instituição(ões) de vinculação, endereço, *e-mail* e telefone. Se o trabalho possuir mais de um autor, ordenar de acordo com a contribuição de cada um ao trabalho.
11. As submissões deverão ser feitas pelo *e-mail*: tempodomundo@ipea.gov.br.

Itens de verificação para submissão

1. O texto deve ser inédito.
2. O texto deve estar de acordo com as normas da revista.

Declaração de direito autoral

A submissão de artigo autoriza sua publicação e implica compromisso de que o mesmo material não será submetido a outro periódico simultaneamente.

Os artigos selecionados passam por revisão de língua portuguesa conforme o Manual do Editorial do Ipea (disponível em: http://www.ipea.gov.br).

A revista não paga direitos autorais aos autores dos artigos publicados. O detentor dos direitos autorais da revista é o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), com sede em Brasília.

Política de privacidade

Os nomes e os *e-mails* fornecidos serão usados exclusivamente para os propósitos editoriais da revista *Tempo do Mundo*, não sendo divulgados nem disponibilizados para nenhuma outra entidade.

GUIDELINES FOR ARTICLE SUBMISSION

1. *Tempo do Mundo* aims at promoting the discussion of contemporary themes. It focus on international politics and economics, welcoming multidisciplinary approaches to the essential dimensions of development such as economic, social, political and sustainability.
2. Original articles in Portuguese, English and Spanish will be considered for publication.
3. The Journal does not pay any royalties to authors and the publication of articles implies the transfer of copyrights to Ipea.
4. Submitted manuscripts will undergo at least two peer reviews. The journal uses the blind review system, so that the authors are not identified during the evaluation process. The reviewers' written evaluations will be sent to the authors, and these reviewers will remain anonymous.
5. All submissions must be original manuscripts. They must have at most 13,000 words (including charts, figures, footnotes, bibliography, etc).
6. The manuscripts must be submitted in Microsoft Word format or other compatible text editor. The format of the file must be the following: A-4 Paper (29.7 x 21 cm); margins: superior=3 cm, inferior=2 cm, left=3 cm and right=2 cm; the characters must be in font Times New Roman size 12 and 1.5 spacing, justified. The graphics - tables, charts, graphs etc - should be numbered and include subtitles. Graphics sources must be reported.
7. If the article presents graphs, figures and maps, they should also be presented in separate files in the original (editable) format.
8. Citations must use the author-date system, e.g. (Barat, 1978). If it is the case, the cited page number must also be specified, e.g. (Barat, 1978, p.15).
9. The full references should be brought together at the end of the text in alphabetical order.
10. The following must be presented in a separate cover page: *i)* title in Portuguese, English and Spanish – in capital and bold letters; *ii)* up to five keywords in Portuguese, English and Spanish; *iii)* a summary of about 150 words in Portuguese, English and Spanish; *iv)* JEL classification; and *v)* personal information: the author(s) full name, academic qualifications, professional experience and/or current field(s) of interest in research, institutional affiliation, address, e-mail and phone number. If the work has more than one author, they should be listed according to their respective contributions to the article.
11. Submissions must be sent to the following e-mail address: tempodomundo@ipea.gov.br.

Items verified upon submission

1. The article is original.
2. The article is in accordance with the editorial rules of the Journal.

Copyrights declaration

By submitting an article, the author authorizes its publication by the Institute for Applied Economic Research (IPEA) and agrees not to submit it for publication elsewhere.

The articles written in Portuguese undergo a grammatical and orthographical review, according to Ipea's Editorial Manual (available at: http://www.ipea.gov.br).

The Journal does not pay any royalties to the authors of published articles. The owner of the copyrights is IPEA, with headquarters in Brasília, Brazil.

Privacy policy

The names and emails submitted will only be used for editorial purposes by *Tempo do Mundo*, and will not be published or given to any other institution.

INSTRUCIONES PARA LA SUMISIÓN DE ARTÍCULOS

1. La revista *Tempo do Mundo* tiene por objetivo promover discusiones sobre cuestiones contemporáneas. Su ámbito es el de la política y economía internacionales, con enfoques plurales en dimensiones clave del desarrollo, como cuestiones económicas, políticas y relacionadas a sostenibilidad.
2. Serán considerados para publicación artículos originales escritos en portugués, inglés o español.
3. Las contribuciones no son pagadas y la sumisión de un artículo resulta en la transferencia de los derechos de autor al Ipea, en el caso de que se lo publique.
4. El trabajo sometido será evaluado por al menos dos evaluadores. En esta etapa, la revista utiliza el sistema *blind review,* en el que no se identifican los autores en ningún momento. La evaluación es registrada por escrito y enviada a los autores, manteniéndose la confidencialidad de los evaluadores.
5. Los artículos, siempre inéditos, deben tener hasta 13 mil palabras, incluyéndose las ilustraciones (tablas, cuadros, grafos etc.), espacios, notas al pie y referencias.
6. El archivo debe ser editado en Microsoft Word u otro editor de texto compatible; y el formato debe seguir el siguiente estándar: i) fuente Times New Roman, tamaño 12, espacios 1,5 párrafos justificados; márgenes: superior = 3 cm, inferior = 2 cm, izquierda = 3 cm, y derecha = 2 cm. Las ilustraciones deben ser enumeradas y traer leyendas, fuentes y referencias.
7. Si el artículo contiene ilustraciones, las mismas deberán también ser enviadas en separado, en sus formatos originales y editables.
8. Citaciones en el texto deben seguir el estándar autor-fecha, como en (Barat, 1978). Cuando sea el caso, también se debe especificar la página de la citación, como en (Barat, 1978, p. 15).
9. Referencias completas deben venir al fin del texto, por orden alfabético.
10. Debe presentarse en una página separada: *i)* título del artículo en portugués, inglés y español, en letras capitales y negritas; *ii)* hasta 5 palabras clave en portugués, inglés y español; *iii)* resumen de más o menos 150 palabras en portugués, inglés y español; *iv)* clasificación JEL; y *v)* informaciones personales del autor: nombre, títulos académicos, afiliación profesional y/o institucional; área(s) de interés en la investigación, dirección, correo electrónico y teléfono. Si el trabajo tiene más de un autor, se los debe ordenar según el grado de contribución.
11. Sumisiones deben ser enviadas al correo electrónico: tempodomundo@ipea.gov.br.

Elementos verificados en la sumisión

1. El texto es inédito.
2. El texto sigue las reglas de la revista.

Declaración de derechos de autor

La sumisión del artículo autoriza su publicación y resulta en el compromiso de que el mismo no va a ser sometido a otra revista simultáneamente.

Los artículos elegidos en portugués son sometidos a revisión según el Manual Editorial de Ipea (disponible en: http://www.ipea.gov.br).

Las sumisiones no son pagadas. El titular de los derechos de autor de los artículos es Ipea, con sede en Brasilia.

Política de privacidad

Nombres y direcciones electrónicas informadas son para uso exclusivo de la Equipe Editorial de la revista *Tempo do Mundo*, no habiendo ninguna divulgación de los mismos a terceros.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Chefe do Editorial
Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Chefia
Rafael Augusto Ferreira Cardoso
Samuel Elias de Souza

Supervisão
Aline Cristine Torres da Silva Martins

Revisão
Bruna Oliveira Ranquine da Rocha
Carlos Eduardo Gonçalves de Melo
Elaine Oliveira Couto
Lis Silva Hall
Mariana Silva de Lima
Marlon Magno Abreu de Carvalho
Vivian Barros Volotão Santos
Débora Mello Lopes (estagiária)
Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos (estagiária)

Editoração
Aline Cristine Torres da Silva Martins
Mayana Mendes de Mattos
Mayara Barros da Mota

Capa
Danielle de Oliveira Ayres
Flaviane Dias de Sant'ana

Projeto Gráfico
Renato Rodrigues Bueno

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Composto em adobe garamond pro 11/13,2 (texto)
Frutiger 67 bold condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Rio de Janeiro-RJ

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ISSN 2176-7025

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada