



Parcerias Estratégicas

Volume 28 - Número 53 - Junho 2023

Bioeconomia

- *Framework* de políticas orientadas por missões para a bioeconomia

CT&I para o desenvolvimento do Brasil

- Ciência, Tecnologia e Inovação – Oportunidades e desafios
- Ciência, Tecnologia e Inovação – Vantagens competitivas

Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em energia

- Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Fundamentação teórica e desenho da metodologia
- Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Classificações para a construção dos indicadores
- Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Proposta de um sistema de mensuração

Impactos de ações antrópicas no meio ambiente

- Altamira (PA): Análise histórica a partir de *dashboards* de desmatamento
- Pensando águas no território Kalunga (GO) a partir de dados do MapBiomas Águas

Educação superior

- Expandir sem democratizar? O acesso à educação superior na Índia

Soberania tecnológica

- Abordagem metodológica para a análise de soberania tecnológica

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista Parcerias Estratégicas, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgge.org.br>.

Boa leitura!

Parcerias Estratégicas

v. 28, n. 53, junho de 2023, Brasília-DF

ISSN 1413-9375

Parc. Estrat. | Brasília - DF | v. 28 | n. 53 | p. 1-238 | jan-jun 2023

Parcerias Estratégicas – v.28 – n.53 – junho de 2023

A revista Parcerias Estratégicas é publicada semestralmente pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e tem por linha editorial divulgar e debater temas nas áreas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Distribuição gratuita. Disponível eletronicamente em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas>.

Edição

Marianna Nascimento
Maisa Cardoso

Conselho editorial

Adriano Batista Dias (Fundaj)
Eduardo Baumgratz Viotti (Consultor legislativo do Senado Federal para assuntos de política de CT&I)
Gilda Massari (S&G Gestão Tecnológica e Ambiental/RJ)
Ricardo Bielschowsky (UFRJ)
Ronaldo Mota Sardenberg (Consultor)

Projeto gráfico

Núcleo de Design Gráfico do CGEE

Capa, diagramação e infográficos

Diogo Moraes

Revisão de Abstracts

Letícia Albuquerque de Carvalho

Endereço para correspondência

SCS Q. 9, Lote C, Torre C, salas 401 a 405, Ed. Parque Cidade Corporate, Brasília DF, CEP 70308-200, telefone: (61) 3424-9600, E-mail: editoria@cgee.org.br

Indexada em: Latindex; EBSCO publishing; bibliotecas internacionais das instituições: Michigan University, Maryland University; Université du Québec; Swinburne University of Technology; Delaware State University; National Defense University; San Jose State University; University of Wisconsin-Whitewater; Qualis/Capes.

Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – Vol. 1, n.1 (maio 1996) • Brasília: CGEE, 2002–

Semestral

De 1996 a 2001 editada pelo Centro de Estudos Estratégicos (CEE/MCT).

ISSN1413-9375

1. Ciência e Tecnologia – Periódicos 2. Inovação tecnológica – Brasil I. CGEE.

CDU 323.6(81)(05)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo aos processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

Diretor-presidente

Fernando Cosme Rizzo Assunção

Diretores

Ary Mergulhão Filho
Carlos Roberto Fortner

Comunicação Integrada do CGEE

Coordenador

Jean Marcel da Silva Campos

Apoio técnico-administrativo

Luciane Penna Firme Horna

Assessora de Comunicação

Bianca Torreão

Estagiários/Jornalismo

Ana Luísa dos Santos
Henrique Uyeda Nagae

Designers

Eduardo José Lima de Oliveira
Cleyton Santos Ferreira

Estagiários/Design

Laiane Matos Fernandes
Rayellen Mesquita de Souza

Eventos

Susan Soares Luz
Jéssica Ferreira de La Torres

Estagiária/Eventos

Flávia Maciel Freitas

Edição

Maisa Cardoso

Estagiária/Edição

Letícia Albuquerque de
Carvalho

Esta edição da revista Parcerias Estratégicas é parte integrante das atividades desenvolvidas pelo CGEE no âmbito do 3º Contrato de Gestão firmado com o MCTI.

Parcerias Estratégicas não se responsabiliza por ideias emitidas em artigos assinados. São permitidos a reprodução e o armazenamento dos textos, desde que citada a fonte.

Conselho de Administração CGEE - junho 2023

Membros natos representantes de entidades da sociedade civil

Fernanda Antonia da Fonseca Sobral (SBPC) – Titular
Francilene Procópio Garcia (SBPC) – Suplente
Álvaro Toubes Prata (ABC) – Titular
Virgínia Sampaio Teixeira Ciminelli (ABC) – Suplente
Rafael Esmeraldo Lucchesi (CNI) – Titular
Gianna Sagazio (CNI) – Suplente
Alysson Paolinelli (CNA) – Titular (falecido em 29/06/2023)

Membros natos representantes do poder público:

Raphael Padula (MCTI) - Titular
Osório Coelho Guimarães Neto (MCTI) – Suplente
Mariana Nunes de Moura Souza (MCTI) – Titular
Maria Luiza Nogueira Rangel (MCTI) – Suplente
Waldemar Barroso Magno Neto (Finep) – Titular
Otavio Augusto Burgardt (Finep) - Suplente
Ricardo Magnus Osório Galvão (CNPq) – Titular
Olival Freire Junior (CNPq) – Suplente
Mercedes Maria da Cunha Bustamante (MEC) – Titular
Denise Pires de Carvalho (MEC) - Suplente

Membros eleitos

Lucia Carvalho Pinto de Melo (Representante dos Associados) – Titular
Raimar van den Bylaardt (Representante dos Associados) – Suplente
Odir Antonio Dellagostin (Confap) – Titular | *Presidente do Conselho*
José Frederico Lyra Netto (Consecti) – Suplente
Francisco de Assis Mendonça (Foprop) – Titular

Jardel Pauber Matos e Silva (Anprotec) – Suplente
Marcela Chami Gentil Flores (Anpei) – Titular
Paulo Rogério Foina (Abipti) – Suplente
Hulda Oliveira Giesbrecht (Sebrae) – Titular
Nelson de Chueri Karam (Dieese) – Suplente

Sumário

07 Aos leitores

Seção 1 Bioeconomia

11 *Framework* de políticas orientadas por missões para a bioeconomia
Daniella Fartes dos Santos e Silva, Bárbara Bressan Rocha, Emily Caroline Costa Silva, João Pedro Ferreira Arbache, Marcelo Khaled Poppe

Seção 2 CT&I para o desenvolvimento do Brasil

39 Ciência, Tecnologia e Inovação – Oportunidades e desafios
Arthur Oscar Guimarães, Kilma Gonçalves Cezar

57 Ciência, Tecnologia e Inovação – Vantagens competitivas
Arthur Oscar Guimarães e Kilma Gonçalves Cezar

Seção 3 Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em energia

79 Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Fundamentação teórica e desenho da metodologia
André Tosi Furtado, Sílvia Angélica Domingues de Carvalho, Daniela Scarpa Beneli, Bárbara Bressan Rocha, Marcelo Khaled Poppe

97 Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Classificações para a construção dos indicadores
André Tosi Furtado, Sílvia Angélica Domingues de Carvalho, Daniela Scarpa Beneli, Bárbara Bressan Rocha, Marcelo Khaled Poppe

123 Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Proposta de um sistema de mensuração
André Tosi Furtado, Sílvia Angélica Domingues de Carvalho, Daniela Scarpa Beneli, Bárbara Bressan Rocha, Marcelo Khaled Poppe

Seção 4

Impactos de ações antrópicas no meio ambiente

147 Altamira (PA): Análise histórica a partir de *dashboards* de desmatamento
Gabriel Klein Ramos, Vanessa Pozzi Zoch, Clarisse Touginha Guerreiro, Júlia Medina Coelho Galvão, Pedro Bruzzi Lion, Gustavo Macedo de Mello Baptista

169 Pensando águas no território Kalunga (GO) a partir de dados do MapBiomas Água
Francisco Octávio Bittencourt de Sousa, Emilly Caroline Costa Silva, Victor Henriques Pimentel, Yasmin de Oliveira Targino, Ylana Leal Melo de Oliveira, Gustavo Macedo de Mello Baptista

Seção 5

Educação superior

191 Expandir sem democratizar? O acesso à educação superior na Índia
Ana Luíza Matos de Oliveira, Saumen Chattopadhyay

Seção 6

Soberania tecnológica

221 Abordagem metodológica para a análise de soberania tecnológica
Alessandra de Moura Brandão, Cesar Augusto Costa, Eduardo Amadeu Dutra Moresi, Fernando Teixeira Bueno

Aos leitores

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) reúne, nesta edição, artigos multitemáticos que dão pistas sobre assuntos que têm permeado a pauta contemporânea de importantes discussões dos meios acadêmico e científico.

Entre as colaborações deste número 53 da revista *Parcerias Estratégicas*, o leitor vai poder apreciar abordagens que vão desde a temática da *Bioeconomia*; passando pela seção que trata de *Oportunidades, desafios e vantagens competitivas para a Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I)*; além de outra seção que versa sobre *Mapeamento estratégico de indicadores de CT&I em energia*. A edição destaca, ainda, a seção sobre *Impactos antrópicos no meio ambiente*.

O periódico também traz um artigo que questiona se, de fato, houve inclusão na experiência da Índia com a expansão do acesso à educação superior nas últimas décadas.

Mais um relevante artigo apresenta um panorama conceitual de *Soberania tecnológica*, fazendo menção a temas atuais como privacidade, Lei Geral de Proteção de Dados, Internet das Coisas (IoT) e espaço cibernético.

Este número foi construído, em grande parte, graças à importante colaboração de diferentes equipes do Centro, como os integrantes da Agenda Positiva da Mudança do Clima e do Desenvolvimento Sustentável; a equipe organizadora da V Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI) no CGEE; e os membros do Observatório de Tecnologias Espaciais (OTE).

A editoria da revista agradece, de forma especial, à Emilly Caroline Costa Silva, pela fundamental contribuição na divulgação deste periódico no ambiente acadêmico, na organização da pauta, na produção e reunião de conteúdos que tornaram possível a montagem deste número.

Boa leitura!

SEÇÃO 1

BIOECONOMIA

Framework de políticas orientadas por missões para a bioeconomia

Framework de políticas orientadas por missões para a bioeconomia

Daniella Fartes dos Santos e Silva¹, Bárbara Bressan Rocha², Emily Caroline Costa Silva³,
João Pedro Ferreira Arbache⁴, Marcelo Khaled Poppe⁵

Resumo

A busca por economias mais limpas tem levado os países a procurar estilos de desenvolvimento que dependam cada vez menos de recursos fósseis. O caminho para um modelo econômico mais sustentável passa pelo uso de matérias-primas que possuam menor pegada de carbono. A bioeconomia aparece como uma solução promissora ao possibilitar uma trajetória de desenvolvimento fundamentada em recursos biológicos renováveis. Para o Brasil, a bioeconomia constitui uma grande oportunidade por aproveitar amplas vantagens comparativas, como rica biodiversidade e elevada produção de biomassa a

Abstract

The search for greener economies has been leading countries to search for less fossil fuel dependent development stiles. The path towards a more sustainable economic model passes through the utilization of raw materials with less carbon footprint. Bioeconomy seems like a promising solution as it enables a development trajectory based on renewable biological resources. Regarding Brazil, bioeconomy constitutes a big opportunity to exploit broad comparative advantages such as rich biodiversity and high biomass production at low costs.

- 1 Engenheira química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), mestre em Biocombustíveis pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e doutora em Ecossistemas de Inovação na Bioeconomia também pela UFRJ. É assessora técnica no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).
- 2 Engenheira eletricitista pela Universidade de Brasília (UnB), com Master in Business Administration (MBA) em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). É assessora técnica no CGEE.
- 3 Engenheira de Energia pela (UnB), mestranda em Mudanças Climáticas pela (UnB) e assessora técnica no CGEE.
- 4 Economista pela Universidade de Brasília (UnB), foi estagiário do CGEE na assessoria da Agenda Positiva da Mudança do Clima.
- 5 Engenheiro eletricitista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), diploma de estudos aprofundados (DEA) em Economia de Sistemas Energéticos e Inovação pela Universidade de Paris-Dauphine e Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN) e Assessor Técnico no CGEE.

baixo custo. Entretanto, desenvolver a bioeconomia de um país é um grande desafio por duas razões principais: ser multissetorial e depender fortemente de inovação. Por esses motivos, são necessárias ferramentas que auxiliem o processo de definição de políticas incentivadoras da bioeconomia. As políticas orientadas por missão (POM) podem ser entendidas como políticas públicas sistêmicas que se valem do conhecimento de fronteira para alcançar objetivos específicos e podem ser aplicadas ao caso da bioeconomia. Assim, o objetivo desse trabalho foi desenvolver um *framework* POM para a bioeconomia, de modo a construir insumos para a criação de uma estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) em bioeconomia. Para isso, foi utilizada a metodologia POM com insumos levantados por meio de apoio de consultoria, formulário colaborativo, grupo de trabalho e oficinas de trabalho envolvendo especialistas da bioeconomia brasileira. Como principal resultado, foram definidos o desafio societal a ser enfrentado e a missão ampla a ser realizada. Foram determinadas, também, três missões específicas caracterizadas por temas, diretrizes para o cumprimento das missões, resultados esperados para o País e ações a serem empreendidas para o alcance dos objetivos das missões.

Palavras-chaves: Bioeconomia. Missão. Políticas orientadas por missões.

Nevertheless, it is a great challenge to develop a country's economy for two main reasons: it is multisectoral and it strongly depends on innovation. Therefore, it is necessary to have tools to assist the definition process of policies that support bioeconomy. The mission-oriented policies (MOP) can be understood as systemic public policies. These policies use border thinking to achieve specific goals and they can be applied to the bioeconomic case. This work's objective was thereby to develop a MOP framework to bioeconomy. This way, it is possible to construct inputs for the national science, technology and innovation (STI) strategy on bioeconomy. For that, the MOP methodology was used with inputs withdrawn from consultancy, collaborative survey, working group and workshops involving Brazilian bioeconomy experts. As main results, the social challenge to be faced and the wide mission to be attained were defined. Three specific missions were also determined. They are characterized by themes, guidelines to reach missions, expected results for the country and actions to accomplish the missions.

Keywords: Bioeconomy. Mission. Mission-oriented policies.

1. Introdução

A busca por economias mais limpas tem levado os países a procurar soluções que dependam cada vez menos de recursos fósseis. O caminho para um modelo econômico mais sustentável passa pelo uso de matérias-primas que possuam menor pegada de carbono e que possam proporcionar desempenho e geração de valor de forma competitiva. A bioeconomia aparece

como uma solução promissora ao propor um estilo de desenvolvimento fundamentado em recursos biológicos renováveis. Para o Brasil, a bioeconomia representa a oportunidade de aproveitar vantagens comparativas, tais como a elevada produção de biomassa a baixos custos e a rica biodiversidade. Entretanto, desenvolver a bioeconomia de um país é um grande desafio por duas principais razões. A primeira é o fato de a bioeconomia ser muito transversal, envolvendo diversos setores, como o da agropecuária, o de energia e de químicos, só para citar alguns. A segunda razão é a necessidade que a bioeconomia tem de desenvolvimento de novas tecnologias. A definição de bioeconomia desenvolvida pelo projeto Oportunidades e Desafios da Bioeconomia (ODBio), executado pelo CGEE, deixa claro seu potencial e seus desafios:

A bioeconomia compreende toda a atividade econômica derivada de bioprocessos e bioprodutos que contribui para soluções eficientes no uso de recursos biológicos – frente aos desafios em alimentação, produtos químicos, materiais, produção de energia, saúde, serviços ambientais e proteção ambiental – que promovem a transição para um novo modelo de desenvolvimento sustentável e de bem-estar da sociedade (CGEE, 2020a).

É consenso entre as nações com agendas para o desenvolvimento da bioeconomia que as soluções inovadoras passam, fundamentalmente, pelo avanço de diferentes fronteiras de conhecimento, o que requer aporte substancial de recursos - em projetos portadores de futuro - aliados a um grande esforço de comunicação e engajamento da sociedade para viabilizar a transformação.

Para que essas agendas possam prosperar, é essencial dispor de um quadro político com visão de futuro e comprometido com os avanços necessários em diferentes áreas. Tratando-se de um processo cada vez mais dinâmico e complexo, espera-se que as políticas de inovação sejam mais ambiciosas, abrangentes e complexas em termos de *design*, escopo, interação com outras políticas públicas, instrumentos de implementação, monitoramento e avaliação, do que políticas que impactam a inovação no sentido estrito.

As políticas orientadas por missão (POM) visam a fornecer uma solução estruturada em forma de abordagem para o enfrentamento de grandes desafios societais como aqueles relacionados às mudanças climáticas e ao combate e à prevenção de doenças. O desenvolvimento da bioeconomia pode ser entendido como um desses desafios societais. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um *framework* POM para a bioeconomia, de modo a arquitetar insumos para a criação de uma estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) em bioeconomia.

Este trabalho é composto por outras três seções além desta introdução. A seção 2 faz uma breve revisão da literatura sobre políticas orientadas por missões. A seção 3 expõe a metodologia aplicada no trabalho e está dividida de forma a apresentar: um modelo conceitual de POM

adaptado para as características da bioeconomia (subseção 3.1); e as etapas de interação com os atores da bioeconomia para o levantamento e a análise de insumos com vistas à construção e validação do *framework* (subseção 3.2). Por sua vez, a seção 4 exhibe os resultados do trabalho, sendo dividida de forma a evidenciar: o *framework* POM, os temas das missões específicas e as ações levantadas pelos especialistas da bioeconomia. Por último, a seção 5 apresenta as considerações finais do trabalho.

2. Revisão da literatura – Políticas orientadas por missões

As políticas orientadas por missão (POM) podem ser definidas como políticas públicas sistêmicas que se valem do conhecimento de fronteira para o alcance de objetivos específicos (MAZZUCATO, 2018). Um clássico exemplo da aplicação de POM é o caso “homem na Lua” da National Aeronautics and Space Administration (NASA) [Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço]. Entretanto, as missões contemporâneas visam a abordar desafios mais amplos que exigem um compromisso de longo prazo e soluções tecnológicas e sociais. Kattel e Mazzucato (2018) identificam três gerações de políticas orientadas à missão, as quais, argumentam, representam três tipos empíricos diferentes de POM:

- A primeira geração é representada pelas missões econômicas de emparelhamento (industrial e tecnológico) dos Estados Unidos e da Alemanha (final do século 19 e início do século 20). Tais missões foram posteriormente “emuladas” (REINERT, 2016) em meados do século 20 pelos países do Leste Asiático e da América Latina, com resultados distintos;
- A segunda geração diz respeito às clássicas missões de defesa, de energia nuclear e aeroespaciais de meados do século 20, simbolizadas pelos Projetos Manhattan e Apollo; e
- A terceira geração é representada pela atual e ainda incipiente rodada de políticas orientadas por missão para enfrentar os chamados ‘grandes desafios sociais’.

Kattel e Mazzucato (2018), portanto, ampliam a noção de políticas orientadas por missão, adicionando outro tipo (missões de emparelhamento técnico-industrial) aos dois tipos de missão propostos por Soete e Arundel (1993), que os chamam de “Velhas [missões]: defesa, nuclear e aeroespacial” e “Novas [missões]: tecnologias ambientais”. Os esforços de governos e organizações transnacionais para alcançar modelos de desenvolvimento mais sustentáveis são

exemplos dessas novas missões. Nesses casos, a abordagem POM traz orientação estratégica para políticas de financiamento e esforços de inovação.

Recentemente, a literatura POM ganhou novas contribuições conceituais avançadas. Esses trabalhos estabelecem uma abordagem setorial para a implantação de políticas orientadas por missões. Conforme explicam Miedzinski *et al.* (2019), essa abordagem se diferencia entre três níveis:

1. O mais alto corresponde aos amplos desafios societais
 - 1.1. Um desafio é uma área amplamente definida, identificada como urgente e selecionada como prioritária, seja por meio de um processo de cima abaixo (*top down*), com a priorização estabelecida por lideranças políticas, por exemplo, seja por um processo de baixo acima (*bottom up*), como resultado de mobilização social. Exemplos relacionados ao referido desafio incluem: prevenir e mitigar mudanças climáticas; lidar com os desafios associados ao envelhecimento da população; ou, ainda, garantir segurança energética.
2. O intermediário estabelece potenciais soluções para problemas concretos e representa as “missões”
 - 2.1. As missões são as formas de se enfrentar os desafios ao se estabelecer problemas específicos a serem solucionados. Miedzinski *et al.* (2019, p. 3) dão como exemplo “a redução das emissões de carbono em uma determinada porcentagem durante um período de tempo específico” como forma de se contribuir à mitigação das mudanças climáticas.
3. O terceiro é formado pelos setores industriais
 - 3.1. Os setores industriais são definidos de maneira ampla como “os limites dentro dos quais as empresas operam, como transporte, saúde ou energia” (MIEDZINSKI *et al.*, 2019).

Há, ainda, um quarto nível implícito, composto pelo que os autores chamam de projetos de inovação, associados tanto a missões como a setores específicos. A Figura 1 ilustra os quatro níveis propostos na abordagem desenvolvida por Mazzucato (2018).

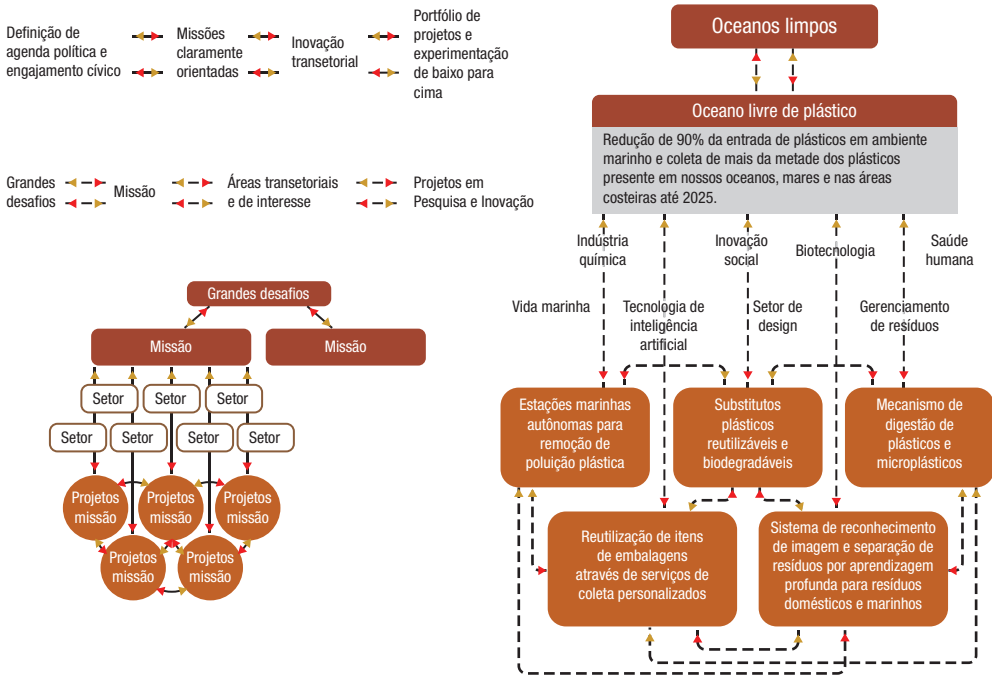


Figura 1. Desafios sociais, missões, setores e projetos de inovação; e o exemplo do desafio de se limpar os oceanos

Fonte: Miedzinski et al. (2019, p. 4).

Segundo esta abordagem, o desenvolvimento de projetos orientados por missões em múltiplos setores é o objetivo de uma política orientada à resolução de desafios sociais. As missões “exigem que diferentes setores se reúnam de novas maneiras: as mudanças climáticas não podem ser combatidas apenas pelo setor de energia, serão necessárias mudanças no transporte e na nutrição, bem como em muitas outras áreas” (MIEDZINSKI *et al.*, 2019, p. 3). A abordagem busca criar sinergias em múltiplos setores para promover inovações sistêmicas, isto é, a transformação dos sistemas sociotécnicos (GEELS, 2004) – arranjos institucionais que permitem o uso de tecnologias para desempenhar diferentes funções sociais (como mobilidade, alimentação ou habitação, por exemplo). Inovações sistêmicas são definidas como um portfólio de inovações interdependentes, que se reforçam mutuamente e, juntas, têm o potencial de transformar sistemas prestadores de serviços essenciais às sociedades, como saúde, alimentação ou mobilidade (MIEDZINSKI *et al.*, 2019, p. 6). O impacto de inovações sistêmicas não se deve ao grau de disruptibilidade de uma inovação tecnológica isolada, mas à interação e sinergia criadas por múltiplas inovações, tecnológicas e não-tecnológicas, incrementais e radicais.

A abordagem de Mazzucato e colegas (MAZZUCATO 2018; MIEDZINSKI *et al.*, 2019) defende que as inovações sistêmicas estão ancoradas em múltiplas inovações setoriais. Entretanto, essa visão parece mais associada a uma perspectiva restrita de um sistema de inovação, centrada na análise das interrelações entre o subsistema de pesquisa e educação e o subsistema de produção e inovação (composto pelos setores industriais). Ainda assim, mas em linha com o que fora anteriormente argumentado em Mazzucato e Penna (2016), e conforme se avançará na próxima seção, uma política orientada por missão requer uma visão ampliada do sistema nacional de inovação. Nessa linha, entende-se que inovações sistêmicas estão ancoradas não em setores industriais, mas em capacidades associadas a diferentes dimensões que compõem um sistema de inovação (Figura 2): dimensão sociocultural, de políticas públicas, científico-tecnológica (base de conhecimento), produtiva (industrial) e econômica (mercados consumidores e de capitais).



Figura 2. A perspectiva “ampliada” do sistema nacional de inovação

Fonte: Mazzucato e Penna (2016).

É verdade que a necessidade de se apoiar projetos em múltiplos setores foi uma marca das missões clássicas como o Projeto Apollo. Mas, ao contrário dessas velhas missões, em que a direção do progresso técnico era definida de cima abaixo por especialistas, as novas missões sociais requerem geração de consenso para criar legitimidade em torno da política e demandam o fomento à experimentação

(SOETE e ARUNDEL, 1993). De fato, a diferença crucial entre as velhas e novas missões é a necessidade de se atentar tanto para a viabilidade técnica (principal foco das velhas missões) como para a viabilidade econômica (MAZZUCATO e PENNA, 2016). Isso porque a superação dos grandes desafios sociais exige não apenas que se demonstre a viabilidade técnica de uma certa tecnologia, mas que esta se difunda na economia para substituir velhas tecnologias que estejam causando os próprios desafios. Portanto, as novas políticas orientadas por missões englobam não apenas instrumentos do lado da oferta - por exemplo, subvenções para pesquisa e desenvolvimento (P&D) - como também instrumentos do lado da demanda - como compras públicas ou apoio à demanda privada -.

Para caracterizar cada geração de POM, Kattel e Mazzucato (2018) desenvolvem a ideia de capacitações dinâmicas no setor público, mesclando o conceito de 'capacitações dinâmicas' das empresas (a partir da literatura schumpeteriana sobre administração de empresas) com o de 'capacidades do Estado' (da literatura weberiana sobre administração pública). O resultado dessa síntese são as noções de 'capacitações estatais', 'capacitações de política' e 'capacitações administrativas'.

A ideia de que as políticas orientadas por missão podem ser diferenciadas em termos de capacidades foi desenvolvida inicialmente em Mazzucato e Penna (2016). Com base na análise do programa brasileiro de inovação ('orientado por missões') Inova Empresa, Mazzucato e Penna identificaram seis tipos de 'capacidades' que pareçam necessárias para a consistência interna e a eficácia das políticas orientadas por missões: i. capacidade científico-tecnológica; ii. capacidade de demanda; iii. capacidade produtiva; iv. capacidade do Estado; v. capacidade política; e vi. capacidade técnico-administrativa. Os autores também argumentaram que três mecanismos facilitariam a criação de capacidades durante o próprio processo de política orientada a missões: mecanismos de cooperação; mecanismos de competição; e mecanismos de avaliação e prestação de contas.

De acordo com esses argumentos, a proposição apresentada aqui é a de que: (a) existem (pelo menos) três tipos empíricos de políticas orientadas por missão (KATTEL; MAZZUCATO, 2018); e (b) esses tipos podem ser caracterizados em termos de seis pares de capacidades e capacitações (MAZZUCATO e PENNA, 2016; KATTEL e MAZZUCATO, 2018) que devem, em última instância, serem usados para identificar um processo geral (ideal-típico) de política orientada por missão. Portanto, é fundamental entender a diferença entre 'capacidade' e 'capacitação'. Embora existam muitas definições na literatura, propõe-se os seguintes conceitos simplificados:

- *Capacidade* representa um estoque de recursos intangíveis e tangíveis, instituições e suas relações em estruturas, tais como: recursos humanos, organizações, capital financeiro, ativos de produção, informação e conhecimento, tecnologias, reputação, legitimidade, boa vontade e outros tipos de recursos (como leis, normas, organizações informais, regras de ação, rotinas, processos e procedimentos). Seguindo a teoria da estruturação de Giddens (1984), pode-se

argumentar que recursos, instituições e estruturas têm uma natureza dupla: tanto restringem quanto possibilitam a ação, ou seja, facilitam a ação em uma direção, mas impedem (ou dificultam) a ação em outras direções. Portanto, para ir além das restrições das capacidades existentes, novos recursos, instituições e estruturas devem ser criados e mobilizados.

- *Capacitação* representa a habilidade de um agente em mobilizar ou usar esses recursos e estruturas para alcançar objetivos específicos. Capacitação dinâmica é a habilidade de atrair ou usar esses recursos em um ambiente em mutação. Nas palavras de Teece e Pisano (1994, p. 1): “O termo ‘capacitação’ enfatiza o papel principal da gerência estratégica na adaptação, integração e reconfiguração apropriadas de habilidades, recursos e competências organizacionais internas e externas em um ambiente em mutação”.

Segundo essas definições, a quantidade de recursos humanos é um indicador de capacidade, mas a habilidade desses recursos humanos para executar alguma atividade e alcançar algum objetivo é um indicador de capacitação. Em outras palavras, a capacitação é um atributo indissociável dos agentes.

Tendo em vista a visão ampla de um sistema de inovação, seis níveis ou dimensões do **par capacidade-capacitação** podem ser definidos.

Os três primeiros tendem a estar associados ao setor público:

- Capacidade do Estado: os recursos necessários para gerar consenso, mitigar desacordos e ganhar legitimidade para enfrentar um desafio. Exemplos de recursos são autoridade legítima, conhecimento sobre o desafio em foco (suas causas e efeitos) e poder de ação (político e jurídico), incluindo, portanto, diferentes tipos de instituições formais e informais.
- Capacitação de Estado: a habilidade de usar a capacidade estatal para governar políticas orientadas por missão, gerando consenso, mitigando desacordos e coordenando ações. Inclui a formulação e promoção da aceitação de um enquadramento (*framing*) para o desafio a ser enfrentado, de modo a garantir legitimidade social e política entre as partes interessadas - ou, como colocam Painter e Pierre (2005, p. 2): “a habilidade do estado em mobilizar apoio e consentimento social e econômico [e político] para a consecução de objetivos públicos”.
- Capacidade técnico-administrativa: os recursos necessários para traduzir o desafio em políticas orientadas por missão e para governar o processo. O recurso mais importante aqui corresponde aos indivíduos que formam uma burocracia weberiana em uma determinada organização, com suas habilidades coletivas, competências, inteligência,

aptidões de aprendizado e capacidades de absorção. Em conjunto, esses recursos – organizações e seus indivíduos – formam a estrutura de governança da POM.

- Capacitação técnico-administrativa: ser capaz de, por um lado, formular um diagnóstico do desafio e propor linhas de ação (prognóstico) e, por outro, efetivamente e o mais eficientemente possível implementar (governar) essas missões e gerenciar um portfólio de projetos ao longo do ciclo de política. Observe que essa ‘capacitação de implementação’ é semelhante ao que Painter e Pierre (2005, p. 2) definem como capacidade administrativa: “a [habilidade] de gerenciar com eficiência os recursos humanos e físicos necessários para fornecer os resultados do governo”.
- Capacidade de política pública: o conjunto de instrumentos de política que inclui ferramentas do lado da oferta (finanças e serviços) e ferramentas do lado da demanda (compras, regulamentação, apoio à demanda privada), além de ferramentas sistêmicas e horizontais.
- Capacitação de política pública: seguindo a definição de Painter e Pierre (2005, p. 2), essa é “a [habilidade] de reunir os recursos necessários para fazer escolhas coletivas inteligentes e definir orientações estratégicas para a alocação de recursos escassos”.

Os outros três níveis, por sua vez, tendem a estar relacionados à sociedade civil:

- Capacidade científico-tecnológica: o conjunto de organizações de ciência e tecnologia, cientistas, pesquisadores e inventores, dados, conhecimentos, tecnologias, infraestruturas, etc., que formam as estruturas do subsistema de pesquisa e educação de um sistema de inovação. Duas das estruturas mais fundamentais nessa dimensão são os paradigmas científico (KUHNS, 2012 [1962]) e tecnológico (DOSI, 1982).
- Capacitação científico-tecnológica: a habilidade de entender e usar recursos científicos e tecnológicos para criar novos conhecimentos, invenções e inovações que, no contexto de políticas orientadas por missões, podem representar soluções para os desafios abordados.
- Capacidade produtiva: os setores industriais (agricultura, serviços e manufatura) da economia e seus recursos, como trabalhadores (e habilidades), ativos e bens de capital, rotinas e regimes técnicos (NELSON; WINTER, 1982), disponibilidade de caixa, boa vontade corporativa (*corporate goodwill*), reputação de marca e outros tipos de propriedades intelectuais. O conjunto dos setores industriais forma a estrutura e indica a diversificação produtiva. Outra estrutura relevante é o regime da indústria (GEELS, 2014), definida como o conjunto de instituições específicas de um setor industrial que

mediam percepções e ações das empresas no setor frente a pressões advindas dos ambientes externos.

- Capacitação produtiva: esse tipo de capacitação pode ser definido, na veia da literatura de capacitação dinâmica, como a habilidade ‘ambidestra’ de mobilizar (*exploit*) recursos e competências produtivas para aproveitar as oportunidades existentes e melhorar a produtividade e a eficiência (‘produzir a mesma coisa da mesma maneira e melhor’) e explorar (*explore*) novas oportunidades, adquirindo ou criando novos recursos e competências para lidar com as incertezas de um ambiente em mudança (‘produzir coisas novas ou produzir coisas de uma maneira diferente’).
- Capacidade do mercado: compreende diferentes tipos de mercados, que podem ser resumidos em duas categorias - os de consumo (capacidade de demanda) e os financeiros (capacidade financeira) -. No caso de mercados consumidores, sua capacidade está relacionada ao tamanho do mercado, incluindo aqueles considerados intermediários ou consumidores finais ou governamentais (compras) em todas as suas segmentações com base em poder de compra, preferências e grau de sofisticação. No caso de mercados financeiros, a capacidade refere-se ao tamanho do financiamento (de curto e longo prazo) disponível para despesas e investimentos empresariais e para o consumo, aos tipos de agentes e veículos financeiros e às características do mercado que podem levar à criação de clássicas falhas de mercado (como seleção adversa e risco moral por assimetrias de informação).
- Capacitação de mercado: as capacitações de demanda podem ser pensadas de duas maneiras - primeiro, enquanto a capacidade de demanda inclui demanda latente ou insatisfeita, a capacitação de demanda pode ser vista como a ‘demanda efetiva’ (no sentido keynesiano) por um determinado produto ou serviço e o seu grau de difusão na economia; segundo, a capacitação de demanda está relacionada à habilidades dos consumidores de expressar suas preferências, traduzi-las em necessidades e realmente usar o que está sendo consumido -. Capacitação financeira é a habilidade de mobilizar recursos financeiros para promover o desenvolvimento do capital da economia, seja por meio do financiamento de investimentos de longo prazo ou por meio do financiamento do consumo, por exemplo. Requer um apetite por risco e habilidades gerenciais para minimizá-los.

Embora conceitualmente possamos associar certas capacidades a uma dada dimensão, é importante observar que, na realidade, as capacidades de uma dimensão podem ser utilizadas por agentes que atuam em diferentes dimensões. Portanto, na realidade, as capacidades podem se sobrepor e o mesmo agente pode agir (ou seja, manifestar suas capacitações) em diferentes dimensões, tornando menos direta a identificação de capacidades / capacitações do que na teoria.

3. Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do *framework* POM voltado à bioeconomia pode ser dividida em dois eixos. O primeiro referiu-se à construção de um modelo conceitual de POM adaptado às características da bioeconomia (subseção 3.1). O segundo, por sua vez, envolveu o desenvolvimento das etapas de interação com os atores da bioeconomia para o levantamento e a análise de insumos, além da validação do *framework* (subseção 3.2).

3.1. Políticas orientadas por missões para a bioeconomia

Para além da síntese conceitual apresentada na seção 2, o desenvolvimento de uma metodologia de programas orientados por missão para a bioeconomia requer o estabelecimento de conceitos que balizarão a rotina metodológica. Assim, esta subseção elenca tais definições e propõe um modelo conceitual (Figura 3) para o estabelecimento de uma metodologia. Inicialmente, foram empregadas as seguintes definições:

- *Desafio societal*: Área amplamente definida, identificada como urgente e selecionada como prioritária.
- *Missão*: São imperativos que representam possíveis soluções – comportamentais, ambientais, tecnológicas, regulatórias e econômicas – para o desafio. Para a bioeconomia, foi verificada a oportunidade de se estabelecer dois níveis de missões, sendo uma ampla, que carrega elementos comuns a todas as missões subsequentes; e as missões específicas, que endereçam questões particulares das diferentes áreas da bioeconomia.
- *Capacidades e capacitações*: respectivamente, recursos intangíveis e tangíveis, instituições e suas relações em estruturas; e a habilidade de um agente em mobilizar ou usar esses recursos e estruturas para alcançar objetivos específicos. Estão associadas às seis dimensões fundamentais de um sistema de inovação (ver Figura 3): de Estado ou sociopolítica e cultural (SP); técnico-administrativa (TA); de políticas públicas (PP); científico-tecnológica (CT); produtiva (PD); e de mercado consumidor e financeiro (MC).
- *Projetos*: são iniciativas direcionadas ao cumprimento da missão que, ou se valem de capacidades existentes, explorando a capacitação dos agentes, ou buscam criar novas capacidades e capacitações. Em conjunto, formam uma carteira de projetos que permitem a experimentação e o aprendizado.

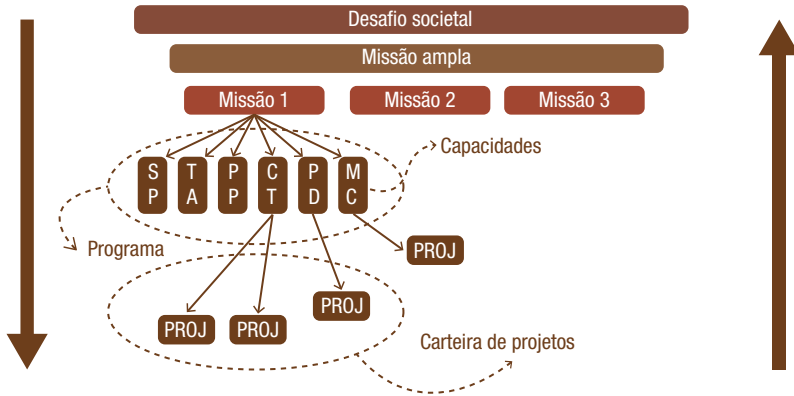


Figura 3. Modelo conceitual para o estabelecimento de uma metodologia de programas orientados por missão

Fonte: Elaboração própria.

3.2. Fases de execução

A construção do *framework* POM para a bioeconomia contou com seis etapas de levantamento e análise de informações. A evolução dessas etapas ao longo do tempo e a quantidade de atores mobilizados em cada etapa podem ser vistas nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

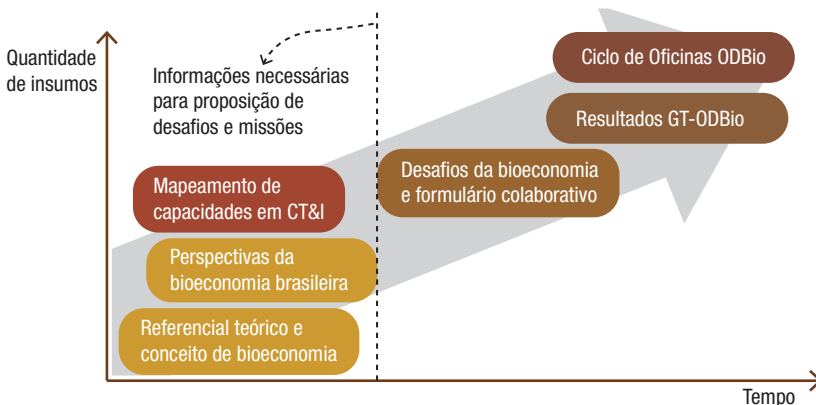


Figura 4. Etapas de levantamento de informações para o desenvolvimento de um *framework* POM para a bioeconomia

Fonte: Elaboração própria.

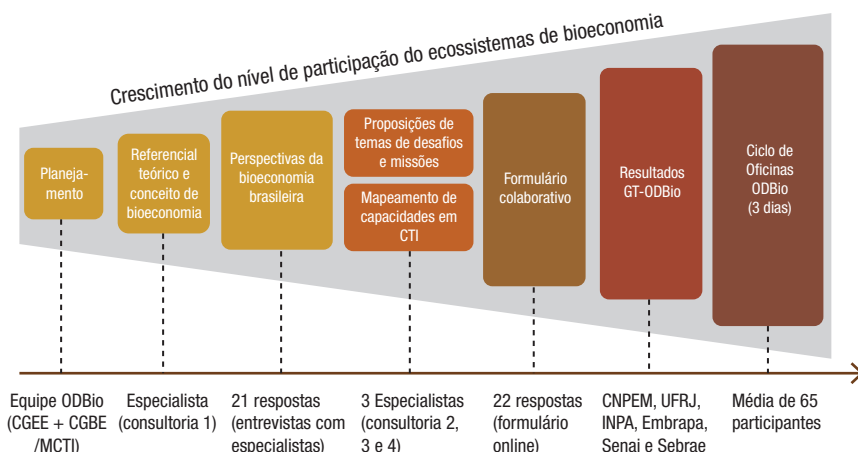


Figura 5. Crescimento do nível de participação de especialistas no desenvolvimento do *framework* POM para a bioeconomia

Fonte: Elaboração própria.

Inicialmente, foram realizados levantamentos a respeito do referencial teórico sobre os conceitos: i. de *bioeconomia*; e ii. de *POM para bioeconomia*. As pesquisas destes conceitos foram feitas, respectivamente, por consultorias especializadas dos professores Joaquim Machado⁶; e Caetano Penna⁷.

Em seguida, foram realizadas duas etapas em paralelo: o mapeamento de capacidade em CT&I para a Bioeconomia, sob responsabilidade da especialista Daniella Fartes, na ocasião, consultora do CGEE (CGEE, 2020d); e a análise das perspectivas da bioeconomia brasileira, conduzida pela especialista Elisa Dezolt⁸, sob a orientação do professor Caetano Penna. Para essas etapas, foram

6 Engenheiro agrônomo; mestre; e doutor em Genética e melhoramento de plantas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP). Especialista em Genética genômica pelo The Volcani Center, em Israel. É professor do Programa de Pós-graduação Interunidades em Biotecnologia (PPIB) da USP em temas como Economia da Biotecnologia e Fluxo de Informação Genética em Sistemas Complexos. Foi pesquisador de empresas e representantes do segmento na Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio); além de assessor técnico do Conselho Nacional do Patrimônio Genético (CGen). Ex-diretor do CGEE.

7 Professor adjunto de Economia industrial e tecnológica do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ), onde é membro do Grupo de Pesquisa do Setor Elétrico (GESEL) e Grupo de Pesquisa em Economia da Inovação. É membro associado da Science Policy Research Unit (SPRU), Universidade de Sussex (Reino Unido).

8 Graduada em Ciências Biológicas pela UnB. Mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente; e especialista em Parcerias Intersetoriais pela Universidade de Cambridge. Trabalha há mais de 15 anos na área ambiental. Atualmente, é especialista em Política e Indústria da área de meio ambiente e sustentabilidade da Confederação Nacional da Indústria, onde coordena o GT Licenciamento Ambiental e a Rede Indústria de Biodiversidade.

realizadas consultas a outros especialistas na forma de entrevistas. A metodologia completa sobre estas entrevistas está disponível em publicação do CGEE (2020c).

Na etapa posterior, foram feitas as primeiras proposições de desafio e missões da bioeconomia, por meio da consultoria de Diana Jungmann, da 14 Bisness, também sob orientação do professor Caetano Penna. Essa etapa contou com o desenvolvimento de um formulário digital que foi respondido por 22 especialistas. A metodologia completa desta etapa também pode ser acessada em publicação do CGEE (2021).

Na sequência, foram iniciadas as atividades em conjunto com o Grupo de Trabalho do ODBio (GT-ODBio). O grupo foi criado em outubro de 2020 e contou com a participação de seis instituições: Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai); Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa); Universidade Federal do Rio de Janeiro (URFJ), por meio do Grupo de Estudos em Bioeconomia (GEBio); e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). Os objetivos iniciais do GT-ODBio foram levantar contribuições e auxiliar no aprimoramento das propostas de desafio e missões da bioeconomia, assim como ajudar a conceber o Ciclo de Oficinas ODBio.

O Ciclo de Oficinas ODBio teve como objetivo geral elaborar subsídios para o desenho de proposta de Estratégia de Ciência Tecnologia e Inovação para a Bioeconomia, por meio da validação do *framework* POM para a bioeconomia. As oficinas também tiveram como finalidade levantar ações necessárias para o alcance dos objetivos das missões específicas. Estes eventos foram realizados nos dias 3, 15 e 29 de março de 2021, com duração de três horas cada, contando com uma média de 65 participantes. Uma descrição detalhada sobre os desenvolvimentos com o GT-ODBio e com o Ciclo de Oficinas pode ser acessada em publicação do CGEE (2021).

Os resultados específicos sobre as fases intermediárias não são analisados neste artigo, mas podem ser acessados por meio das referências: CGEE (2020a), CGEE (2020b), CGEE (2020c), CGEE (2020d), CGEE (2020e), CGEE (2021).

4. Resultados e discussões: *Framework* POM para a bioeconomia

Para a construção do *framework* POM para a bioeconomia, foi necessário modelar a abordagem de POM de forma a endereçar questões específicas. O modelo conceitual apresentado na

Framework políticas orientadas por missões para bioeconomia



Figura 6. Framework POM para a bioeconomia

Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 da subseção 3.1 passou por duas considerações importantes. A primeira se refere ao fato de que o **desafio societal** não foi construído de forma a identificar um problema e sim de forma a registrar e endereçar uma oportunidade para o Brasil. Isso porque a bioeconomia pode representar soluções para vários problemas, como as mudanças climáticas, a preservação da biodiversidade e o desenvolvimento econômico e social do País. No entanto, não é a solução única para todos esses problemas. Assim, optou-se por desenvolver o desafio societal de forma a visar à promoção da bioeconomia no País. A versão final do desafio pode ser vista na Figura 6.

A segunda consideração relevante foi a identificação da necessidade de dois níveis de missões, um geral e um específico. Isso se deu por conta da transversalidade da bioeconomia, o que faz com que apenas uma missão não seja suficiente para endereçar todo o seu alcance. Assim, as soluções encontradas foram: desenvolver a **missão ampla**, de acordo com as recomendações da metodologia de POM; e defini-la com **três missões específicas**, que estão hierarquicamente sob a missão ampla. As missões também podem ser vistas na Figura 6.

Enquanto a missão ampla estabelece o objetivo principal a ser alcançado, as missões específicas foram desenvolvidas de forma a caracterizar as três grandes áreas da bioeconomia brasileira. A primeira se refere aos recursos da biodiversidade; a segunda, à produção de biomassa de baixo custo e baixa pegada de carbono; e a terceira se refere a todos os processos relacionados com a transformação dos recursos biológicos renováveis em produtos. De forma a caracterizar mais profundamente as missões específicas, foram estabelecidos os seguintes **temas das missões** para cada uma delas:

Missão 1: Promover a utilização sustentável da biodiversidade, viabilizando cadeias de valor e maximizando os serviços ecossistêmicos

- a. Prospecção, mapeamento, caracterização e catalogação dos recursos químicos e biológicos provenientes da biodiversidade, incluindo ações para a sua utilização com fins de desenvolvimento de produtos e serviços;
- b. Criação, fortalecimento e gerenciamento de informação e acesso a bancos nacionais de amostras físicas e de dados de caracterização de natureza química e biológica dos recursos da biodiversidade;
- c. Valoração dos recursos químicos e biológicos provenientes da biodiversidade e, quando houver, dos conhecimentos tradicionais associados;

- d. Desenvolvimento e fortalecimento de cadeias produtivas baseadas na biodiversidade; e
- e. Avaliação, monitoramento e remuneração de serviços ecossistêmicos associados à biodiversidade.

Missão 2: Promover a produção sustentável de biomassa para a geração de produtos de valor agregado, com base na melhoria científica e tecnológica

- a. Desenvolvimento e customização de biomassas (convencionais e não convencionais), valorizando a produção sustentável, incluindo as de origem agropecuária, florestal e aquática para a produção de bioprodutos;
- b. Caracterização, mapeamento e promoção de oportunidades de: aproveitamento integral e valorização da biomassa e seus resíduos; e de identificação de aspectos tecnológicos e não tecnológicos envolvidos, incluindo a exploração das novas tendências de consumo;
- c. Desenvolvimento de biomoléculas, produtos de origem biológica e serviços tecnológicos para a produção de biomassa;
- d. Priorização de sistemas produtivos com maior eficiência no uso sustentável dos recursos naturais;
- e. Promoção da recuperação de áreas degradadas para atividades bioeconômicas;
- f. Avaliação, monitoramento contínuo e política de remuneração de serviços ecossistêmicos na produção de biomassa; e
- g. Desenvolvimento de informação, conhecimento e tecnologia para a adaptação e mitigação dos efeitos da mudança do clima nos sistemas produtivos, considerando aspectos como defesa zoofitossanitária e a garantia das seguranças hídrica, energética alimentar.

Missão 3: Desenvolver tecnologias, processos, produtos e serviços para uma indústria sustentável, utilizando a biomassa e os recursos biológicos e químicos da biodiversidade

- a. Desenvolvimento e escalonamento de rotas tecnológicas sustentáveis para fins industriais e, quando apropriado, incluindo ativos da biodiversidade;

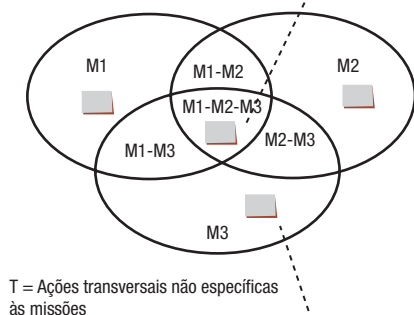
- b. Integração e implantação de biorrefinarias e unidades industriais de tecnologias sustentáveis;
- c. Desenvolvimento de ferramentas e abordagens inovadoras para biotecnologia industrial;
- d. Desenvolvimento de produtos de base biológica e com novas funcionalidades, em substituição aos de origem fóssil e sintética;
- e. Integração de cadeias produtivas; e
- f. Avaliação de sustentabilidade de tecnologias, produtos e processos de toda a cadeia produtiva.

Além do estabelecimento desses temas, optou-se por adicionar dois novos elementos ao *framework*: as diretrizes e os resultados. O conjunto de **diretrizes** visa a orientar os projetos que deverão ser planejados a partir das missões propostas. O conjunto de **resultados**, por sua vez, visa a evidenciar os benefícios associados ao endereçamento do **desafio societal**, fechando o *framework*.

É importante ressaltar que o *framework* tem um papel orientador, tendo como principal objetivo balizar o desenvolvimento de projetos estruturantes que venham, de fato, provocar o alcance da finalidade das missões. Assim, durante o Ciclo de Oficinas ODBio, os participantes não só revisaram e validaram o *framework* e os temas das missões específicas, como também levantaram um conjunto de ações vistas como relevantes para a referida conquista. As ações recebidas foram classificadas de acordo com o diagrama da Figura 7 e a data de recebimento. Os resultados do levantamento das ações podem ser vistos na Tabela 1.

O exercício de classificação das ações destaca tanto as características específicas como transversais da bioeconomia brasileira. Assim como algumas ações levantadas foram essencialmente voltadas para uma missão específica, outras cruzaram suas fronteiras, podendo ser classificadas como parte de duas ou mais missões. A identificação das áreas de atuação de cada missão é o primeiro passo para um processo de priorização que deve gerar uma carteira de projetos estruturantes.

Temas e ações



Missão 1: Promover a utilização sustentável da biodiversidade, viabilizando cadeias de valor e maximizando os serviços ecossistêmicos

- Prospecção, mapeamento, caracterização e catalogação dos recursos químicos e biológicos provenientes da biodiversidade, incluindo ações para sua utilização para fins de desenvolvimento de produtos e serviços;
- Criação, fortalecimento e gerenciamento de informação e acesso a bancos nacionais de amostras físicas e de dados de caracterização de natureza química e biológica dos recursos da biodiversidade;
- Valoração dos recursos químicos e biológicos provenientes da biodiversidade e, quando houver, dos conhecimentos tradicionais associados;
- Desenvolvimento e fortalecimento de cadeias produtivas baseadas na biodiversidade; e
- Avaliação, monitoramento e remuneração de serviços ecossistêmicos associados à biodiversidade.

Missão 2: Promover a produção sustentável de biomassa para a geração de produtos de valor agregado com base na melhoria científica e tecnológica.

- Desenvolvimento e customização de biomassas (convencionais e não convencionais), valorizando a produção sustentável, incluindo as de origem agropecuária, florestal e aquática para a produção de bioprodutos;
- Caracterização, mapeamento e promoção de oportunidades de aproveitamento integral e valorização da biomassa e seus resíduos, a identificação de aspectos tecnológicos e não tecnológicos envolvidos, incluindo a exploração das novas tendências de consumo;
- Desenvolvimento de biomoléculas, produtos de origem biológica e serviços tecnológicos para a produção de biomassa;
- Priorização de sistemas produtivos com maior eficiência no uso sustentável dos recursos naturais;
- Promoção da recuperação de áreas degradadas para atividades bioeconômicas;
- Avaliação, monitoramento contínuo e política de remuneração de serviços ecossistêmicos na produção de biomassa; e
- Desenvolvimento de informação, conhecimento e tecnologia para a adaptação e mitigação dos efeitos da mudança do clima nos sistemas produtivos, considerando aspectos como defesa zootossanitária e a garantia das seguranças hídrica, energética alimentar.

Missão 3: Desenvolver tecnologias, processos, produtos e serviços para uma indústria sustentável, utilizando a biomassa e os recursos biológicos e químicos da biodiversidade

- Desenvolvimento e escalonamento de rotas tecnológicas sustentáveis para fins industriais e, quando apropriado, incluindo ativos da biodiversidade;
- Integração e implantação de biorrefinarias e unidades industriais de tecnologias sustentáveis;
- Desenvolvimento de ferramentas e abordagens inovadoras para biotecnologia industrial;
- Desenvolvimento de produtos de base biológica em substituição aos de origem fóssil, sintética e com novas funcionalidades;
- Integração de cadeias produtivas; e
- Avaliação de sustentabilidade das tecnologias, produtos, processos de toda a cadeia produtiva.

Figura 7. Exercício de categorização

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1. Ações levantadas durante o Ciclo de Oficinas

Ação	Área do diagrama	Relacionada ao tema	Data
Desenvolver <i>hubs</i> para mapeamento e prospecção de produtos/recursos químicos e biológicos da biodiversidade, em alinhamento com as comunidades locais (cooperativas, universidades, etc);	M1	1a	15/03
Desenvolver, integrar e manter bancos de dados das moléculas da biodiversidade brasileira;	M1	1b	15/03
Desenvolver escritórios e modelos de gestão de transferência tecnológica para as comunidades tradicionais;	M1	1d	15/03
Criar, atualizar e manter os bancos de germoplasma, bem como as coleções de micro-organismos;	M1	1b	15/03
Desenvolver capacidades locais na geração e no compartilhamento de conhecimentos/tecnologias voltados(as) aos sistemas produtivos da biodiversidade;	M1	1d	15/03
Promover a conservação <i>in situ</i> , <i>on farm</i> e <i>ex situ</i> da biodiversidade e dos recursos genéticos associados; a prospecção, coleta, catalogação, caracterização, informatização e disponibilização de bancos de dados; e a criação, atualização e manutenção de coleções biológicas e bancos de germoplasma de espécies animais, vegetais e micro-organismos;	M1	1a, 1b, 1c	29/03
Fazer a gestão da informação, análise de dados, modelagem de dados e aplicação ferramentas de aprendizagem de máquinas em dados biológicos;	M1	1b	29/03
Estruturar coleções rastreadas de amostras químicas da biodiversidade para prospecção e disponibilizá-las para tal;	M1	1a, 1b	29/03
Desenvolver um banco de dados de comunidades tradicionais provedoras de RG e CTA;	M1	1b	29/03
Desenvolver capacidades locais na geração e no compartilhamento de conhecimentos/tecnologias voltados(as) aos sistemas produtivos da biodiversidade;	M1	1c, 1d	29/03
Estabelecer protocolos para produção cultivada sustentável;	M2	2g	15/03
Estabelecer e integrar modelos de remuneração e/ou incentivos fiscais para recuperação de áreas degradadas na geração de produtos da bioeconomia;	M2	2e	15/03
Desenvolver ferramentas para desenvolvimento de agricultura de baixo carbono;	M2	2d, 2g	29/03
Desenvolver tecnologias para obtenção de açúcares fermentescíveis a partir de biomassas brasileiras;	M3	3c, 3a, 3c, 3e, 3f	15/03
Desenvolver tecnologias voltadas para inovação em alimentos do futuro;	M3	3c	15/03
Desenvolver tecnologias voltadas para inovação em químicos de base biológica renovável;	M3	3c, 3a, 3e, 3f	15/03
Desenvolver materiais avançados de carbono a partir da biomassa;	M3	3f, 3c, 3e	15/03
Obter biomateriais a partir da biomassa para substituição de produtos de origem fóssil;	M3	3e	15/03

Ação	Área do diagrama	Relacionada ao tema	Data
Utilizar integralmente a biomassa e os seus resíduos para a geração de produtos de valor agregado;	M3	3e, 3f, 3a, 3c	15/03
Desenvolvimento de insumos, demais moléculas e produtos obtidos a partir de fermentação;	M3	3a, 3d, 3e	29/03
Desenvolver tecnologias para obtenção de produtos a partir da biomassa de base biológica de recursos genéticos brasileiros;	M3	3d	29/03
Desenvolver tecnologias para obtenção de açúcares fermentescíveis a partir de biomassa brasileira.	M3	3a, 3d, 3e	29/03
Criar hubs de P&D que façam escalonamento de tecnologias para redução de riscos na transferência de tecnologia para o setor produtivo;	M3	3a, 3b	29/03
Criar mecanismos de geração de renda ao produtor rural, por meio de serviços ecossistêmicos, para estimular a preservação das reservas obrigatórias;	M1-M2	1e, 2f	15/03
Mapear as capacidades técnico-científicas nas cadeias produtivas regionais para compreender os limites naturais e desenvolver protocolos de manejos (tecnologias sociais);	M1-M2	1d, 2g	15/03
Desenvolver programas que compatibilizem a exploração da biodiversidade, seu acesso e suas aplicações para a produção de biomassa;	M1-M2	1c, 2c	15/03
Estabelecer protocolos para produção extrativista sustentável;	M1-M2	1c, 1d, 2g	15/03
Mapear e sistematizar as informações sobre as cadeias produtivas de bioinsumos e bioprodutos em diferentes biomas;	M2-M3	2c, 3e, 3f	15/03
Empregar conceitos e métodos que permitam superar os limites de políticas públicas associadas à produção e ao uso industrial da biomassa;	M2-M3	2g, 3c	15/03
Viabilizar mecanismos de precificação de carbono além dos biocombustíveis;	M2-M3	2g, 3f	15/03
Realizar mapeamento georreferenciado das matérias primas, da cadeia produtiva e de seus resíduos;	M2-M3	2c, 3c, 3f	15/03
Mapear ecossistemas nas diferentes dimensões ilustrativas de recortes ecossistêmicos para mapeamento de: 1- Serviços; 2- Biomassas; e 3- Informação. Entender os elementos que compõem os ecossistemas melhora a assertividade das ações;	M2	2b, 3e	29/03
Mapear as necessidades tecnológicas para as diferentes fases da cadeia produtiva dos ativos da sociobiodiversidade;	M3-M1	1d, 3c	15/03
Prospectar enzimas e micro-organismos de microbiomas brasileiros no nível populacional e molecular;	M3-M1	1a, 3a, 3e, 3f	15/03
Desenvolver plataformas biológicas para obtenção de açúcares avançados;	M1-M2-M3	1c, 2b, 3a, 3c, 3e, 3f	15/03
Descobrir e desenvolver enzimas e micro-organismos para fins industriais;	M1-M2-M3	1a, 2b, 3a, 3e, 3f	15/03
Criar infraestruturas (robotizada + ciências de dados) para o desenvolvimento de micro-organismos (plantas? Insetos?) geneticamente modificados (ou melhorados) no País;	M1-M2-M3	1a, 1b, 2b, 3c, 3a, 3b, 3e, 3f	15/03
Padronizar métricas de sustentabilidade;	M1-M2-M3	3f	15/03

Ação	Área do diagrama	Relacionada ao tema	Data
Mapear, monitorar e desenvolver técnicas para medir a estabilidade dos recursos utilizados como insumos da bioeconomia;	M1-M2-M3	1a, 3c	15/03
Aprimorar e desenvolver técnicas para a certificação de sustentabilidade de produtos da bioeconomia;	M1-M2-M3	3f	15/03
Mapear as capacidades técnico-científicas nas cadeias produtivas regionais para compreender os limites naturais e desenvolver protocolos de manejos (tecnologias sociais);	M1-M2-M3	1d, 2g	29/03
Desenvolver programas que compatibilizem a exploração da biodiversidade, seu acesso e suas aplicações para a produção de biomassa;	M1-M2-M3	1c, 2c	29/03
Criar mecanismos de geração de renda ao produtor rural, por meio de serviços ecossistêmicos, para estimular a preservação das reservas obrigatórias;	M1-M2-M3	1e, 2f	29/03
Estabelecer protocolos para produção extrativista sustentável;	M1-M2-M3	1c, 1d, 2g	29/03
Criar infraestruturas para programas de melhoramento;	T	NA	29/03
Criar um ambiente propício para proteção de insumos provenientes da bioeconomia;	T	NA	15/03
Mapear as infraestruturas necessárias para cada tipo de bioeconomia (um recorte considerando diferentes perfis socioeconômicos);	T	NA	15/03
Construir o conhecimento em conjunto (comunidades tradicionais e empresas/academia), tendo como premissa uma troca que reconhece o valor dos saberes da comunidade local;	T	NA	15/03
Incentivar (estímulos) e estabelecer tributos ecológicos nas cadeias produtivas;	T	NA	15/03
Criar um sistema que disponibilize recursos financeiros às empresas inovadoras, inclusive capital de risco;	T	NA	15/03
Modernizar mecanismos de financiamento e estímulo a P&D para o desenvolvimento da bioeconomia;	T	NA	15/03
Estabelecer os critérios para rotulagem dos produtos oriundos da bioeconomia;	T	NA	15/03
Promover maior interlocução entre os agentes governamentais inseridos na bioeconomia;	T	NA	15/03
Fortalecer ecossistema de P&D e conectá-lo a ecossistemas de inovação em bioeconomia;	T	NA	15/03
Inserir a pauta de bioeconomia nas redes e nos centros de inovação;	T	NA	15/03
Criar roadmaps tecnológicos dentro da área de biomanufatura;	T	NA	15/03
Identificar potenciais produtos oriundos de diferentes biomassas e oportunidades de mercado da bioeconomia;	T	NA	15/03
Educar e capacitar recursos humanos para a bioeconomia;	T	NA	15/03
Modernizar mecanismos de financiamento e estímulo a P&D em bioeconomia (Transversal);	T	NA	29/03
Criar um sistema que disponibilize recursos financeiros às empresas inovadoras, inclusive capital de risco.	T	NA	29/03

Fonte: Elaboração própria.

5. Conclusões e próximos passos

Ter a bioeconomia como um impulsionador do desenvolvimento sustentável e da prosperidade do Brasil é um grande desafio, porém, as vocações nacionais e as instituições já presentes no País são fortes aliados na busca dessa conquista. O desenvolvimento deste trabalho deixou clara a consonância de várias instâncias nacionais sobre os benefícios da bioeconomia brasileira e, principalmente, criou uma base para o desenvolvimento de uma Estratégia Nacional de CT&I em bioeconomia.

O *framework* POM para a bioeconomia foi o resultado de uma construção coletiva de vários especialistas do ecossistema da bioeconomia nas esferas governamental, empresarial, social e acadêmica e pavimentou o caminho do Brasil para uma economia mais próspera e sustentável. Outro importante resultado foi o levantamento e a categorização de ações vistas como relevantes para o alcance dos objetivos das missões. Este levantamento é o primeiro passo para um processo de criação de uma carteira de projetos estruturantes para o desenvolvimento da bioeconomia nacional.

Para os próximos passos, deve-se seguir com a priorização das ações por meio de critérios pré-estabelecidos. A transformação destas ações em projetos estruturantes pode ser realizada por meio da definição de *roadmaps* de inovação (MIEDZINSKI et al., 2019). Um *roadmap* POM adaptado à bioeconomia será uma poderosa ferramenta para planejar, executar e gerenciar os projetos que irão promover o alcance dos objetivos das missões da bioeconomia, suprindo o País, desta forma, de resultados rumo a uma economia mais próspera e limpa.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos consultores Joaquim Machado; Caetano Penna; Elisa Dezolt; e Diana Jungmann, além dos integrantes da então Coordenação-Geral de Ciência para Bioeconomia (CGBE) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI): Bruno César Prosdocimi Nunes; Daniel Chang; e Eliana Ramos, pelas importantes contribuições que tornaram possível a elaboração do presente artigo.

Referências

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Espaço conceitual da Bioeconomia**. Brasília: 2020a.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Manual de Políticas de Inovação Orientadas por Missões**. Brasília: 2020b. Disponível em: https://www.cgEE.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_Man_Pol_Ino_Ori_Mis.pdf

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Perspectivas da Bioeconomia Brasileira com Base em Inovações Tecnológicas e de Mercado**. Brasília: 2020c. Disponível em: https://www.cgEE.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_Per_Bio_Bra_Bas_Ino_Tec_Mer.pdf

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Nota Técnica – Mapeamento de Capacidades Brasileiras em CTI em Bioeconomia**. Brasília: 2020d.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Proposta de Projetos Estruturantes Orientados por Missões: Estimulando o Potencial da Bioeconomia Brasileira**. Brasília: 2020e. Disponível em: https://www.cgEE.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_ODBio_Prop_Proj_Est_Orie_Mis_Esti_Pot_Bioec_Br.pdf

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Subsídios para a estratégia brasileira de CTI em bioeconomia**. Brasília: 2021. Disponível em: https://www.cgEE.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_ODBio_Sub_Est_Bra_CTI_Bio_2021_05_06.pdf

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, p. p. 147-162. 1982. [http://dx.doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](http://dx.doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)

GEELS, F.W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems - Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. **Research Policy**, v. 33, n. 6-7, p. 897-920, set. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733304000496>

GIDDENS, Anthony. **The Constitution of Society: Outline of the Theory of Structuration**. Berkeley: University of California Press, 1984. 402p.

KATTEL, Rainer; MAZZUCATO, Mariana. Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector. **Industrial and Corporate Change**, v. 27, n. 05, p. 787-801, out. 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4667792/mod_resource/content/1/Mazzucatto.pdf

KUHN, T. S. The structure of scientific revolutions. Chicago: University of Chicago press, 2012 [1962]. Disponível em: <https://www.lri.fr/~mbl/Stanford/CS477/papers/Kuhn-SSR-2ndEd.pdf>

MAZZUCATO, Mariana. **Missions: Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2018. 36 p. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5b2811d1-16be-11e8-9253-01aa75ed71a1/language-en>

MAZZUCATO, Mariana; PENNA, C.C.R. **The Brazilian Innovation System: A Mission-Oriented Policy Proposal**. Brasília: CGEE, 2016. Disponível em: https://www.cgее.org.br/documents/10195/1774546/The_Brazilian_Innovation_System-CGEE-MazzucatoandPenna-FullReport.pdf

MIEDZINSKI, Michal; MAZZUCATO, Mariana; EKINS, Paul. **A framework for mission-oriented innovation policy roadmapping for the SDGs: The case of plastic-free oceans**. Londres: Institute for Innovation and Public Purpose (UCL), 2019. Disponível em: https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/sites/public-purpose/files/a_framework_for_mission-oriented_policy_roadmapping_for_the_sdgs_final.pdf

NELSON, R; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Belknap Press, 1982. Disponível em: http://inctpped.ie.ufrj.br/spiderweb/pdf_2/Dosi_1_An_evolutionary-theory-of_economic_change.pdf

PAINTER, Martin; PIERRE, Jon. Unpacking policy capacity: Issues and Themes. *In: CHALLENGES to state policy capacity*, London: Palgrave Macmillan, 2005. p.1-18.

REINERT, E.S. **Como os países ricos ficaram ricos... e por que os pobres continuam pobres**. Trad. Caetano Penna. Rio de Janeiro: Contraponto, 2016. 446p.

SOETE, Luc; ARUNDEL, Anthony (org.). **An Integrated Approach to European Innovation and Technology Diffusion Policy: A Maastricht Memorandum**. Luxemburgo: Commission of the European Communities, 1993. 104p.

TEECE, David; PISANO, Gary. The dynamic capabilities of firms: an introduction. **Industrial and corporate change**, v. 3, n. 3, p. 537-556, 1994. Disponível em: http://secure.com.sg/courses/ICI/Grab/Reading_Articles/Lo3_A02_Teece.pdf

SEÇÃO 2

CT&I PARA O DESENVOLVIMENTO DO BRASIL

Ciência, Tecnologia e Inovação – Oportunidades e desafios

Ciência, Tecnologia e Inovação – Vantagens competitivas

Ciência, Tecnologia e Inovação – Oportunidades e desafios

Arthur Oscar Guimarães¹, Kilma Gonçalves Cezar²

Resumo

Este artigo tem por objetivos identificar e analisar as possibilidades de o Brasil, até 2030, alcançar novos patamares de desenvolvimento em áreas específicas, de forma inclusiva, competitiva e sustentável; e levando em conta setores econômicos nos quais se identificam, preliminarmente, oportunidades e desafios. Como método de pesquisa, optou-se pela definição de áreas temáticas e vetores importantes para o desenvolvimento do País. Ao final, são apresentadas breves análises e recomendações.

Abstract

This article aims to draw attention to the possibilities for Brazil, by the year 2030, to reach new levels of development in specific areas, particularly a development that is inclusive, competitive and sustainable, taking into account the opportunities and challenges. The definition of some specific areas and sectors that are important for the country's development was chosen as a research method. At the end, brief analyses and recommendations are presented.

-
- 1 Graduado em Economia; mestre em Política Científica e Tecnológica pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ); possui doutorado na área de Ciência, Tecnologia e Sociedade pela Universidade de Brasília (UnB); e é pós-doutorando em Ciência da Informação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da UFRJ (PPGCI/UFRJ). Atualmente, é líder dos seguintes projetos no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE): Conselho Nacional de C&T (CCT); Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI); e Centros de Desenvolvimento Regional (CDR).
 - 2 Graduada em Economia e especialista em Inteligência Competitiva pela UFRJ. Possui Diplôme D'Études Approfondies (DEA) em Informação Científica e Tecnológica pela Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille III, na França. É mestre em Desenvolvimento Sustentável e doutora em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB), com pós-doutorado em Ciência da Informação pela Faculdade de Ciência da Informação (FCI) da UnB. Atualmente, trabalha no CGEE.

Palavras-chave: Ciência aberta. Inovação aberta e responsável. Ciência, Tecnologia e Inovação. Oportunidades e desafios.

Keywords: *Open science. Open and responsible innovation. Science, technology and innovation. Opportunities and challenges.*

1. Introdução

A opção metodológica do presente trabalho baseou-se na definição de um conjunto de áreas, nos termos indicados na Tabela 1, para analisar um horizonte até 2030. Nas próximas seções, serão examinados as oportunidades e os desafios destas áreas. Suas vantagens competitivas, por sua vez, foram investigadas no artigo Ciência, Tecnologia e Inovação – Vantagens Competitivas, dos mesmos autores (GUIMARAES; CEZAR, 2023).

Tabela 1. Oportunidades, desafios e vantagens competitivas para o Brasil/2030

Áreas	Oportunidades	Desafios	Vantagens competitivas
Aeroespacial	•		
Energias renováveis	•		
Materiais e minerais estratégicos	•		
Área nuclear	•		•
Petróleo e gás	•		•
Saúde	•	•	•
<i>NEXUS (segurança hídrica, energética e alimentar)</i>	•	•	•
Área espacial		•	
Cidades		•	
Envelhecimento da população		•	
Mudança do clima		•	
Agropecuária tropical			•

▲.....▲	
Aeronáutica	•
Bioeconomia	•

Fonte: *Elaboração própria com base no texto (BRASIL, 2015).*

No rol das oportunidades identificam-se as seguintes áreas: Aeroespacial; Energias renováveis; Materiais e minerais estratégicos; Nuclear; Petróleo e Gás; Saúde e NEXUS (*segurança hídrica, energética e alimentar*), cabendo destacar que essas duas últimas áreas, além de oportunidades para o Brasil, são desafios a serem enfrentados, particularmente em razão de suas vantagens competitivas.

Nunca é demais destacar que, há exatamente 35 anos, em 1987, o documento *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) – ou Relatório Brundtland³, como é também denominado – apresentou um novo olhar sobre o desenvolvimento, definindo-o como o processo que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

A ideia central subjacente do relatório era a possibilidade de obter um crescimento econômico que buscasse a conciliação com as questões ambientais e sociais, no presente e no futuro. Aqui reside uma oportunidade central para o Brasil, um país que possui a maior biodiversidade do planeta, mas carece de maior consistência nos seus índices de crescimento econômico, em razão da necessidade de resolver seus graves problemas sociais, de gerar emprego e de elevar a renda de sua população com respeito ao meio ambiente. Este, por sinal, representa o maior trunfo do Brasil, que possui vários biomas. Dentre eles, a Amazônia destaca-se internacionalmente, mas de inegável relevância ambiental temos também o Pantanal, o Cerrado, a Mata Atlântica, a Caatinga e os Pampas.

Com base no debate mundial sobre o futuro do planeta, e diante da necessidade de o País impulsionar resultados concretos em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), uma verdadeira retomada nos próximos dez anos no âmbito das políticas públicas nacionais deverá contemplar como aspectos centrais a ciência e a inovação aberta, bem como os princípios da pesquisa em inovação responsável, de maneira a garantir canais para escutar a sociedade na formulação de prioridades na pesquisa e no desenvolvimento socioeconômico inclusivo e ambientalmente sustentável. É o que será discutido a seguir.

3 “Em 1983, foi criada, pela Assembléia Geral da ONU, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), que foi presidida por Gro Harlem Brundtland - na época, primeira-ministra da Noruega - e Mansour Khalid, daí o nome final do documento. A comissão foi instituída após uma avaliação dos 10 anos da Conferência de Estocolmo, com o objetivo de promover audiências em todo o mundo e produzir um resultado formal das discussões” (ECOBASIL, 2022).

2. Oportunidades

Em busca de uma maior modernização produtiva para o Brasil, o setor que se apresenta como oportunidade para um desenvolvimento sustentável, inclusivo e competitivo é o das energias *lato sensu*, seja na área nuclear, seja na questão da segurança energética, bem como petróleo e gás, mas fundamentalmente nas denominadas energias renováveis.

O País enfrenta um aparente paradoxo: necessita identificar suas principais oportunidades em um quadro de inúmeros desafios, que vêm do século 20 mas fortaleceram-se desde o início do século 21. Nesse sentido, algumas reflexões preliminares devem considerar três dimensões da CT&I:

- **Prática:** entende-se que a CT&I depara-se com teorias, temáticas e fenômenos que passam pela identificação dos desafios e das respectivas investigações (pesquisas) que se farão necessárias para seu enfrentamento;
- **Política:** a CT&I tem como foco apoiar maior avanço setorial, de forma a explorar especificidades e obter resultados voltados ao desenvolvimento nacional, nos termos da Tabela 1; e
- **Gestão:** a CT&I é fundamental na acumulação do conhecimento que pode contribuir para o alcance de soluções viáveis e ações mais efetivas. Portanto, aqui reside um dos aspectos centrais a serem explorados no tratamento das oportunidades.

Neste ponto, vale abrir um breve espaço para tratar do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), que apresenta grande complexidade e evoluiu para além de um modelo cibernético organizacional⁴. Hoje, o SNCTI é uma estrutura com grande capilaridade, que envolve instituições científicas, políticas, econômicas, públicas e privadas com atuação nos âmbitos federal, estadual, municipal e distrital, tendo como seu objetivo geral articular as políticas nacionais de CT&I com as demais esferas de governo.

Articular a elaboração e execução da Política Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (PNCTI), bem como estruturar o próprio SNCTI, é uma das funções do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Essa articulação deve ser feita com os governos dos estados, dos municípios e do Distrito Federal, com a sociedade civil e com órgãos do Governo Federal.

4 O denominado modelo cibernético organizacional (ou modelo cibernético-informacional) divide-se em três dimensões: político-normativa, estratégica e operacional (FERNANDES, 1995).

Mesmo diante desta tarefa, é possível considerar como cenário positivo – ou de oportunidades – o próprio ecossistema brasileiro de CT&I, que, em boa medida, reúne os elementos de um sistema de inovação desenvolvido. Esse ecossistema é composto por instituições-chave em todos os seus subsistemas:

- Educação e pesquisa;
- Produção e inovação;
- Financiamento público e privado;
- Políticas e regulação; e
- Pesquisa científica⁵

Somam-se aos subsistemas citados outros importantes aspectos, como a existência no País de algumas “organizações de aprendizagem”⁶ de excelência em suas respectivas áreas de atuação. Alguns exemplos são a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Além disso, o Brasil conta também com:

- Recursos naturais estratégicos à disposição (minerais e hídricos, além da biodiversidade de importantes seis biomas terrestres e do bioma marinho), que, em longo prazo, serão cada vez mais demandados, à medida que o processo de inclusão socioeconômica nas economias emergentes avance;
- Aparelho de Estado multifacetado, com agências dedicadas à promoção e à execução de políticas de CT&I, incluindo um conjunto completo de instrumentos de política de inovação, tanto do lado da oferta quanto da demanda (embora, neste caso, com menor grau de diversificação);

5 A melhoria substancial na pesquisa pode ser verificada nas últimas décadas, refletindo-se na produção na fronteira do conhecimento em algumas áreas-chave, combinando as “ilhas de excelência produtiva”, por exemplo em setores como petróleo e gás, aviação, agricultura, saúde e automação.

6 A respeito do conceito ver de Souza, Yeda Swirski de. *Organizações de aprendizagem ou aprendizagem organizacional. Learning organizations or organization learning. Organizaciones de aprendizaje o aprendizaje organizacional* (SOUZA, 2004). Acesso em: nov. 2022.

- Recursos financeiros públicos para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) que, pela importância, em princípio não deveriam ser afetados por flutuações ou cortes orçamentários.

Além do cenário apresentado, outra sinalização positiva no contexto da CT&I é a excelência científica e tecnológica presente nas unidades do MCTI. Este fator resulta do acúmulo de experiência na contribuição singular à produção científica nacional, tanto na criação de processos inovadores como também no fortalecimento, apoio e fomento às novas tecnologias.

Ganham destaque a formação e qualificação de recursos humanos; o desenvolvimento de métodos; e a aplicação e análises apropriadas aos fluxos da CT&I. Do mesmo modo, a existência de iniciativas políticas orientadas por missões, explícita ou implicitamente focadas em inovação, levando a interações positivas entre Estado, setor empresarial e academia. Isso inclui o programa Inova, as políticas de saúde com a implementação da Parceria para o Desenvolvimento Produtivo (PDP). Em outra escala, há também as iniciativas conduzidas pela Embrapa e pela Petrobras, à disposição de políticas complementares que podem funcionar como fomentadoras de programas orientados por missões para os setores de defesa e de segurança; do clima e do meio ambiente; e de energia.

Os relatórios *Science, Technology and Innovation Outlook* (OECD, 2021; FRIDAY PULSE, 2023) e *Science, technologie et innovation: Perspectives de l'OCDE 2021* (OCDE, 2021), apresentados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), analisam as implicações da pandemia de Covid-19 nos sistemas de CT&I e apresentam projeções para o desenvolvimento nos próximos 10 a 15 anos. A seguir, algumas das previsões dos dois relatórios:

- a. Aprofundar as capacidades de CT&I e P&D nas economias emergentes e em desenvolvimento e suas repercussões na educação, saúde e bem-estar da população;
- b. Difundir inovações será importante, uma vez que a maior parte das novas tecnologias requer novas habilidades e maiores competências, o que poderá resultar em desemprego e desigualdade;
- c. Reorientar as políticas de CT&I e suas estratégias a serviço do crescimento com desenvolvimento sustentável, avançando rumo a uma agenda de recuperação da valorização de suas instituições, participação direta e efetiva na estruturação produtiva e em reformas transformadoras, a partir dos impactos e oportunidades gerados pelas tendências internacionais;

- d. Os governos certamente terão de incluir, nos planos de governo, medidas de recuperação para proteger seus sistemas de inovação e aproveitar esta oportunidade para realizar reformas; e
- e. Implementar políticas de CT&I, para servir a uma agenda de transformação sistêmica, promovendo uma transição estruturada para um futuro mais sustentável, equitativo e resiliente.

Cabe aqui retomar a referência ao papel da ciência aberta, visto que este conceito é central neste debate particularmente no que diz respeito a como o conhecimento científico vem sendo “produzido, organizado, compartilhado e reutilizado. É um novo modo de fazer ciência, mais colaborativo, transparente e sustentável” (FIOCRUZ, 2021a).

Mundialmente, a ciência busca identificar princípios da pesquisa em inovação responsável, que tenham como base a multitransversalidade e, fundamentalmente, que sejam capazes de enfrentar um novo paradigma, cujo elemento central parece ser baseado na inovação aberta. Nesses termos, o País deverá considerar um cenário de conhecimento amplamente distribuído:

“Em um mundo de grandes mudanças tecnológicas sustentadas pela digitalização, elevada incerteza, **conhecimento amplamente distribuído** e ciclos de vida de produto encurtados, o equilíbrio entre alocação de recursos para tecnologias desenvolvidas internamente, para aquelas adquiridas externamente e para aquelas comercializadas no mercado, é central para o desenho de estratégias vencedoras de inovação” (CONTI *et al.*, 2013 apud BOGERS; BURCHARTH; CHESBROUGH, H., 2021, grifo nosso).

Seguindo este fio lógico e com o foco ainda nas oportunidades, a definição de objetivos, princípios e diretrizes nacionais – ou ainda, de aspectos relevantes e consoantes com os desafios do século 21 – apresenta-se como processo básico para que o País possa apoiar atividades de CT&I e integrar suas diretrizes com propostas de caráter social, político, ambiental e econômico, bem como explorar seus resultados na busca do desenvolvimento competitivo e sustentável.

O alcance e reflexos relacionados às políticas públicas gerais e de CT&I, em particular, faz com que o Brasil contemple como tarefa urgente no rol das oportunidades o estabelecimento de

7 “A Ciência Aberta é um movimento que propõe mudanças estruturais na forma como o conhecimento científico é produzido, organizado, compartilhado e reutilizado. É um novo modo de fazer ciência, mais colaborativo, transparente e sustentável” (FIOCRUZ, 2021a).

um olhar setorial, com diferentes perspectivas (como demonstrado na Tabela 1), no qual se apresentam vetores e áreas temáticas voltadas para o desenvolvimento do País.

A seguir, um resumo da trilha a ser perseguida pelo Brasil nos próximos anos:

- a. Realizar um diagnóstico sobre a situação atual da CT&I no País;
- b. Diagnosticar os problemas nacionais previstos no contexto da CT&I;
- c. Considerar pobreza, exclusão e desigualdades social e regional como problemas de CT&I, pois inibem o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), reduzem o quantitativo da população economicamente ativa e desperdiçam talentos;
- d. Assegurar a previsibilidade da política de financiamento em CT&I, garantindo protagonismo do SNCTI e alto investimento em P&D, o que poderá demandar a revisão do Marco Legal de CT&I;
- e. Apontar caminhos e estratégias claras para superar as dificuldades que a PNCTI sinaliza;
- f. Tratar a questão do financiamento de forma assertiva e efetiva, deixando clara a maneira como se dará a distribuição de recursos;
- g. Incorporar estudos prospectivos sobre o contexto internacional, de forma a subsidiar janelas de oportunidades, antecipação de tendências, aperfeiçoamento de alocação de recursos, conquista de vantagem competitiva e impactos positivos para o Brasil;
- h. Assegurar o protagonismo da comunidade científica nacional na elaboração de políticas de CT&I;
- i. Atender às demandas das universidades e de institutos de pesquisa na formulação de políticas, considerando que a pesquisa científica e tecnológica está vinculada mais fortemente à pós-graduação;
- j. Entender que a PNCTI constitui um suporte às demais políticas – educacional, agrícola, industrial, de saúde e de inclusão social;
- k. Dispor de pauta específica com ações estratégicas para o futuro da CT&I;

- l. Sinalizar em que direção a sociedade está sendo construída (de serviço, industrial, inclusiva, etc.);
- m. Assegurar que ações de CT&I reflitam o novo padrão societário do Brasil (precarização do trabalho, hipercapitalismo e reestruturação do capital influenciando a divisão social do trabalho coletivo);
- n. Tratar com a devida atenção e cuidado a possibilidade de mercadorização da CT&I ou o chamado mercado da pesquisa, que engloba a lógica do mercado mais o financiamento público;
- o. Entender a importância de arranjos institucionais para políticas de desenvolvimento em CT&I;
- p. Prever novas crises sanitárias com possível ameaça global;
- q. Planejar CT&I no longo prazo, visando ao aumento do protagonismo internacional do País;
- r. Buscar maior efetividade na aplicação do fomento do SNCTI;
- s. Garantir clareza sobre a política de financiamento e de investimento, priorizando o repasse de recursos e o apoio às empresas de inovação, considerando o FNDCT, as agências oficiais de fomento e as agências estaduais;
- t. Aprimorar e diversificar os instrumentos de fomento e de financiamento;
- u. Aumentar investimentos públicos e privados, por meio da interação entre os setores governamental, acadêmico e empresarial;
- v. Tratar questões relacionadas à redução das desigualdades sociais, regionais, raciais e de gênero no âmbito da CT&I;
- w. Trabalhar, nas ações governamentais, as diferentes realidades do País, considerando particularidades das demandas da academia, institutos de pesquisa, empresas e indústrias;

- x. Fortalecer o papel da comunidade científica e tecnológica na avaliação das políticas, ações de fomento e da formação para CT&I; e
- y. Considerar a complexidade dos regramentos jurídicos nos procedimentos para gestão de projetos de CT&I.

Ao País caberá dar dezenas de passos, que têm início com a realização de um verdadeiro diagnóstico da situação atual da CT&I no Brasil, no qual se possa identificar com acuidade os verdadeiros problemas nacionais. Certamente residem na pobreza, na exclusão e na desigualdade social e regional os aspectos que poderão inibir o crescimento do PIB, reduzir o quantitativo da população economicamente ativa e desperdiçar talentos.

São claras as indicações de que, frente aos limites do atual modelo de desenvolvimento, a melhor resposta encontra-se ligada a investimentos em ações vinculadas à inovação tecnológica e ao desenvolvimento sustentável.

É certo que, neste cenário, cumpre assegurar a previsibilidade da política de financiamento, garantindo o protagonismo devido ao SNCTI e o investimento em P&D, demandando a revisão do Marco Legal de CT&I.

3. Desafios

Estudos recentes (OECD, 2021; FRIDAY PULSE, 2022; OCDE, 2021) destacam que, nas próximas décadas, os desafios no âmbito de CT&I serão imensos, principalmente na área da saúde. Isso deve-se à pandemia de Covid-19, à crescente resistência microbiana, à necessidade de contenção de doenças infecciosas relacionadas às mudanças climáticas e ao aumento nos níveis de migração global. Estes são alguns dos aspectos que elevaram o nível dos desafios a serem enfrentados pelo País e que transformaram enormemente o caráter do controle prévio da contaminação por inúmeras doenças, inclusive as de origem respiratória. Assim, o avanço da biomedicina, a nova era da ciência aberta (FIOCRUZ, 2021a)⁸ e a utilização de tecnologias convergentes para descobrir as bases genéticas e bioquímicas de novas doenças, de modo concomitante ao aumento da expectativa de vida e das melhorias da qualidade de vida, conformam um cenário crítico a ser considerado e enfrentado pelos pesquisadores brasileiros.

8 Em linhas gerais, a proposta da ciência aberta é tornar a pesquisa científica cada vez mais acessível para todos. Na prática, significa eliminar obstáculos artificiais, especialmente os editoriais, legais e econômicos, à livre circulação do conhecimento científico” (FIOCRUZ, 2021b).

As novas tecnologias digitais estão transformando a maneira como as pessoas vivem, trabalham e comunicam-se. Do ponto de vista da CT&I, essa tendência deverá impactar a demanda e a oferta por inovação. Vale considerar que as novas tecnologias elevarão a produtividade e a competitividade. Além disso, ao contrário do que análises anteriores indicavam, tais tecnologias provavelmente criarão novos empregos em setores específicos. Esses postos de trabalho serão, todavia, intensivos em conhecimento técnico e novos saberes. Isso vale inclusive para ocupações e empregos que sequer foram imaginados pelos pesquisadores e pelo mundo empresarial. Os cuidados com os idosos devem gerar um aumento na demanda por novas tecnologias, incluindo robótica e teleassistência. Nesse sentido, são factíveis as previsões de utilização da Internet das Coisas (IoT)⁹ e da Inteligência Artificial (IA), sendo possível inferir que esse cenário implicará no uso intensivo de tecnologias cada vez mais inteligentes, que poderão influenciar na geração de inovações nos mais diversos setores.

A dimensão socioeconômica também vem sendo considerada nas pesquisas, que destacam outro desafio para CT&I: direcionar o potencial das novas tecnologias para promover a inclusão social e o crescimento econômico. As soluções oferecidas devem atender as necessidades de longo prazo da sociedade e do meio ambiente, bem como contribuir para o enfrentamento de desafios, tanto aqueles representados pelos elevados índices de desemprego e pobreza, como também aqueles que advêm da mudança climática no planeta.

A tarefa que se impõe ao País até 2030 certamente não é nada fácil. As cidades não planejadas, com graves problemas de saneamento e falta de segurança desenham um cenário que se soma ao envelhecimento da população e à necessidade de ampliação da segurança hídrica, energética e alimentar. Esses desafios ocorrem particularmente em áreas que sofrem com a desigualdade regional, pobreza e exclusão social.

No âmbito da CT&I, diversos relatórios apontam desafios que permanecem atuais e demandam mais pesquisas, análises e definições estratégicas em áreas portadoras de futuro. Alguns exemplos são: tecnologia digital; biotecnologia; energia e meio ambiente; e materiais avançados (os chamados novos materiais).

Além dessas áreas, os estudos indicam dez tecnologias emergentes, tratadas como promissoras e que apresentam maior potencial disruptivo de mudança tecnológica: Internet das Coisas (IoT); *Big Data*; Inteligência Artificial; neurotecnologias; nano e microssatélites; nanotecnologias;

⁹ Internet das coisas (IoT) em casas inteligentes, nos transportes, em diversas indústrias, na agricultura, no monitoramento ambiental, na infraestrutura, nas cidades inteligentes e no complexo militar (IoMT).

manufatura aditiva ou impressão 3D; tecnologias avançadas de estocagem de energia; biologia sintética; e *blockchain*¹⁰.

Tais tecnologias não são isentas de riscos e de incertezas e, naturalmente, demandaram estudos de diversos países para entendimento das principais características da mudança tecnológica. Os resultados desses estudos indicam macrotendências com impactos nos sistemas de CT&I, em razão:

- do crescimento da população mundial;
- de uma maior concentração da população mundial em países menos desenvolvidos;
- do envelhecimento populacional; e
- da consequente migração internacional.

Em termos gerais, as projeções indicam que as economias asiáticas, tais como China e Índia, serão em parte responsáveis pelo impulso de grandes investimentos em CT&I. Os investimentos de longo prazo desempenharão papel fundamental na criação de emprego e na promoção do crescimento baseado em inovação. Nesse ponto, vale destacar que as tecnologias digitais representam desafios e preocupações, tanto no âmbito da CT&I como no setor econômico específico. Um exemplo é o surgimento das chamadas *fintechs*, que já começam a por em xeque o setor de serviços financeiros ao viabilizar plataformas digitais de empréstimos entre indivíduos (*peer to peer*), levantamento de capital (*equity crowdfunding*), pagamentos on-line (*PayPal*, por exemplo), criptomoedas (como o *Bitcoin*), *blockchain*, etc, indicando uma tendência de expansão da chamada *gig* economia.

Uma outra dimensão desse debate diz respeito aos avanços de CT&I em áreas e setores portadores de futuro, que irão exigir políticas públicas coordenadas, a exemplo de água, alimentos, energia, nanotecnologia e biotecnologia (em busca de soluções para a dependência de petróleo e petroquímica, por exemplo, a partir de biobaterias e fotossíntese). Os desafios de mitigar os problemas advindos das mudanças climáticas – como a degradação ambiental e a perda de biodiversidades – ganham destaque em diversos relatórios da área ambiental e, certamente comporão alguns dos temas mais dominantes nas futuras agendas dos impactos de CT&I.

¹⁰ “A tecnologia *Blockchain* permite que um grupo coletivo de participantes selecionados compartilhe dados. Com os serviços de *blockchain* na nuvem, os dados transacionais de várias fontes podem ser facilmente coletados, integrados e compartilhados. (...) o *blockchain* fornece integridade de dados com uma única fonte de verdade, eliminando a duplicação de dados e aumentando a segurança” (ORACLE, 2022).

Em relação à globalização, os estudos ressaltam que o aumento da fragmentação internacional e da diversificação da produção, apoiada em logística, telecomunicações e serviços (com uso ampliado de plataformas digitais) representarão a necessidade de um incremento na automação, demandando, portanto, maiores investimentos em P&D e um aumento na ampliação da capacidade inovadora das nações.

É possível inferir, diante desse cenário de desafios constantes, que os governos terão que atuar cada vez mais como os maiores investidores em P&D. Trata-se de uma busca constante por soluções para aumentar os financiamentos nas atividades de CT&I, frente às crescentes perdas de capacidade industrial. Essa realidade demanda do poder público, por exemplo, maior apoio ao crescimento de tecnologias digitais – como os dispositivos que suportem a crescente necessidade de formulação, execução e avaliação de políticas públicas, que deem respostas efetivas ao crescente volume de informações e dados (*Big Data*), criando importantes oportunidades para pesquisa e inovação.

Considerando a dinâmica de forças científicas, tecnológicas, sociais, políticas e econômicas, bem como suas respectivas interações (que agem sobre fatores que envolvem a temática da CT&I), compete ao Brasil preparar-se para mudanças rápidas e ações urgentes. O País deve buscar, assim, dar um salto no desenvolvimento, ao identificar janelas de oportunidades – ou até mesmo atalhos – realizando as tarefas inadiáveis quando se trata do avanço na fronteira do conhecimento:

- a. identificação de temáticas de fronteira/vanguarda;
- b. definição de estratégias e instrumentos para lidar com essas temáticas;
- c. avaliação da capacidade de antecipar riscos;
- d. otimização de investimentos em ações e propostas estratégicas;
- e. levantamento de ações indispensáveis, promissoras e problemáticas no contexto de CT&I;
- f. opção por atividades tecnológicas e econômicas estratégicas para o Brasil; e
- g. avanço na fronteira do conhecimento.

Nesse contexto, o País deverá priorizar o desenho de políticas, a definição de diretrizes estratégicas e a realização de ações no âmbito da CT&I que considerem o cenário das tecnologias

emergentes, verificando se estas atendem às demandas e aos problemas da sociedade. Devem ser enfrentados desafios complexos, tais como:

- a. mudanças climáticas (neutralidade de carbono até 2030, oceanos limpos, mitigação climática);
- b. mudanças de padrão de energia (para *eólica ou solar*, por exemplo);
- c. problemas de saúde global (a exemplo de novos vírus e futuras vacinas);
- d. utilização de novas tecnologias;
- e. mudanças no uso da mão de obra no mercado de trabalho;
- f. soluções tecnológicas, sociais e organizacionais, novas ou melhoradas (produto, processo ou serviço) que visem a responder a um ou vários dos grandes desafios;
- g. novas formas de produção;
- h. desenvolvimento e bem-estar social;
- i. crescimento econômico com desenvolvimento sustentável;
- j. difusão de inovações tecnológicas de ponta ou sociais; e
- k. coordenação de políticas e medidas regulatórias para mobilizar e incentivar a geração de inovação e alcançar objetivos sociais com prazo definido (horizonte de dez anos).

Essas medidas podem abranger diferentes estágios do ciclo de inovação, desde a pesquisa até a implantação de um novo mercado, agregando instrumentos de oferta e demanda e alcançando vários campos de políticas públicas setoriais. É urgente que o País identifique pontos de referência a serem alcançados, de maneira a definir objetivos claros e duradouros no âmbito da CT&I, e que este escopo esteja ancorado nas seguintes dimensões: institucional, social, econômica, ambiental e política.

As políticas públicas a serem implementadas deverão criar ou aperfeiçoar estruturas, a fim de reformular o modo de gestão dos problemas, para a devida identificação das questões emergentes.

Nesses termos, diante da necessidade de o País identificar os riscos e as oportunidades que se colocam no cenário atual, será fundamental ao Brasil definir como relevante um conjunto inadiável de tarefas, enumeradas a seguir:

1. Definir objetivos mensuráveis (indicadores claros);
2. Integrar a prospecção estratégica na elaboração de planejamento em CT&I, de longo prazo, de forma a conceber novas políticas e revisar as existentes;
3. Coordenar e priorizar os planos de PD&I de longo prazo;
4. Identificar tendências (sinais fortes e sinais fracos) que impactam o arcabouço da CT&I no Brasil a partir de cenários nacional, regional e internacional;
5. Verificar e compreender os impulsores das mudanças;
6. Determinar e medir as necessidades dos projetos;
7. Monitorar e refinar os projetos com feedbacks regulares;
8. Estabelecer o escopo baseado na capacidade científica e tecnológica nacional;
9. Determinar as fontes de informações e monitorar as tecnologias para identificar sinais fortes; e
10. Definir um processo de avaliação.

É importante considerar as diferentes perspectivas que se apresentam para o País. A implementação tanto de políticas públicas gerais como de uma política de CT&I específica deverá levar em conta os setores e temas a serem priorizados, pois são distintos os reflexos e impactos em cada um deles.

4. Observações finais

Tendo como horizonte o ano de 2030 é possível inferir, a respeito da questão ambiental, que a nova economia deverá ser intensiva em tecnologias sustentáveis, com baixo carbono, sendo imperiosa a sustentabilidade socioeconômica e ambiental. Tais dimensões deverão estar associadas em uma relação simbiótica. Nesse sentido, o Brasil pode despontar como protagonista, atraindo investimentos e alcançando um desenvolvimento baseado nas oportunidades indicadas, ciente dos desafios que se apresentam.

A definição de uma política pública na área de CT&I que garanta a estabilidade na execução orçamentária e a definição de macrotendências prioritárias, relativas às áreas analisadas, parece ser o desafio central a ser enfrentado pelo Brasil.

Vale ressaltar a importância de o País contemplar aspectos integradores nas políticas públicas de CT&I. Assim, em todas as áreas indicadas como oportunidades – e mesmo naquelas consideradas desafios – uma alternativa reside em investir na qualidade da educação, no fortalecimento da pesquisa e na busca de novas estratégias de inovação, capazes de facilitar a geração, a adaptação e a absorção de novas tecnologias pelo setor produtivo nacional.

Referências

BOGERS, M; BURCHARTH, A.; CHESBROUGH, H. Inovação aberta no Brasil: Explorando Oportunidades e Desafios. **Intern. Journal of Profess. Bus. Review**, São Paulo v.6, n.1, 2021, p. 1-15, Jan/Dec.2021. Disponível em: https://ci.fdc.org.br/AcervoDigital/Artigos/2021/Inova%C3%A7%C3%A3o%20aberta%20no%20Brasil_%20explorando%20oportunidades%20e%20desafios.pdf Acesso: set. 2022

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. **Oportunidades, desafios e vantagens competitivas nacionais e áreas potenciais para o desenvolvimento nacional**: Documento para discussão. 2015. (Mimeo).

CONTI, R.; GAMBARDELLA, A.; NOVELLI, E. Research on markets for inventions and implications for R&D allocation strategies. **Academy of Management Annals**, v. 7, n. 1, p. 717-774. 2013. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=88de2f57e6113b75c9058db907633d7bafbafo>

FERNANDES, Ana Maria *et al.* Colapso da Ciência & Tecnologia no Brasil. **Revista Sociedade e Estado**, v. 10, n. 1, jan./jun. 1995. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sociedade/article/view/43901/33567>. Acesso em: jun. 2023.

FRIDAY PULSE. **Why times of crisis are an opportunity for positive change**. 2022. Disponível em: <https://app.fridaypulse.com/en/help-center/using-friday-in-your-organization/why-times-of-crisis-are-an-opportunity-for-positive-change> Acesso em: set. 2022

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. **Ciência aberta**. 2021a. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/ciencia-aberta> Acesso em: set. 2022.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. **Ciência aberta na FIOCRUZ**. 2021b. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/ciencia-aberta-na-fiocruz> Acesso em: set. 2022.

GUIMARÃES, Arthur Oscar; CEZAR, Kilma Gonçalves. Ciência, Tecnologia e Inovação; Vantagens competitivas. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023.

INSTITUTO ECOBRASIL. **Nosso futuro comum** – Relatório Brundtland. 2022. Disponível em: http://www.ecobrasil.eco.br/site_content/30-categoria-conceitos/1003-nosso-futuro-comum-relatorio-brundtland Acesso em: set. 2022

L'ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE. **Science, technologie et innovation: Perspectives de l'OCDE 2021 (version abrégée)**. Affronter la crise et saisir les opportunités, OECD Publishing, Paris, 2021. Disponível em: <https://www.oecd.org/fr/sti/science-technologie-et-innovation-perspectives-de-l-ocde-25186175.htm> Acesso em: set. 2022

ORACLE. **O que é blockchain?** 2022. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/blockchain/what-is-blockchain/> Acesso em: set. 2022.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Science, technology and Innovation outlook**. Times of crisis and opportunity, 2021. Disponível em: <https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm> Acesso em: set. 2022

SOUZA, Yeda Swirski de. Organizações de aprendizagem ou aprendizagem organizacional. **RAE Eletrônica**, v. 3, n.1, jun. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/raeel/a/rHCFrRw6YH9Zc3JNrdLPqgd/>

Ciência, Tecnologia e Inovação – Vantagens competitivas

Arthur Oscar Guimarães¹, Kilma Gonçalves Cezar²

Resumo

Este artigo tem por objetivos identificar e analisar as possibilidades de o Brasil, até 2030, alcançar novos patamares de desenvolvimento em áreas específicas, particularmente um desenvolvimento que seja inclusivo, competitivo e sustentável. Como método de pesquisa, optou-se por definir preliminarmente algumas áreas e setores específicos importantes para o desenvolvimento nos quais o País já apresenta vantagens competitivas, mas que demandarão novos investimentos nos próximos anos. Ao final, são apresentadas breves análises e recomendações

Abstract

This article aims to identify and analyze the possibilities for Brazil to reach new levels of development in specific areas, particularly a development that is inclusive, competitive and sustainable, by the year 2030. As a research method, it was decided to preliminarily define some specific areas and sectors that are important for the country's development in which the country already has competitive advantages, but which will demand new investments in the coming years. In the end, brief analyses and

-
- 1 Graduado em Economia; mestre em Política Científica e Tecnológica pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ); possui doutorado na área de Ciência, Tecnologia e Sociedade pela Universidade de Brasília (UnB); e é pós-doutorando em Ciência da Informação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da UFRJ (PPGCI/UFRJ). Atualmente, é líder dos seguintes projetos no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE): Conselho Nacional de C&T (CCT); Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI); e Centros de Desenvolvimento Regional (CDR).
 - 2 Graduada em Economia e especialista em Inteligência Competitiva pela UFRJ. Possui Diplôme D'Études Approfondies (DEA) em Informação Científica e Tecnológica pela Université de Droit DEconomie et Des Sciences DAix Marseille III, na França. É mestre em Desenvolvimento Sustentável e doutora em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB), com pós-doutorado em Ciência da Informação pela Faculdade de Ciência da Informação (FCI) da UnB. Atualmente, trabalha no CGEE.

voltadas para o crescimento da economia e para a promoção da produtividade, da inovação e da competitividade nos setores selecionados.

recommendations are presented aimed at the promotion of productivity, innovation and competitiveness for the selected sectors.

Palavras-chave: Ciência, Tecnologia e Inovação. Vantagens competitivas. Desenvolvimento.

Keywords: Science, Technology and Innovation. Competitive advantages. Development.

1. Introdução

A performance brasileira em *rankings* internacionais de inovação e competitividade indica que o País não conta com uma economia puxada pela inovação, embora haja plena concordância na literatura técnica sobre a relevância do tema. Em 2011, o Brasil ocupava a 47ª posição na classificação da *Global Innovation Index*. Em 2022, passou a ocupar a 54ª posição, apesar dos esforços públicos e privados empreendidos (AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA INDÚSTRIA, 2022).

Segundo a literatura técnica (CNI, 2023), os motivos para esse baixo desempenho são diversos. Primeiramente, há o baixo dinamismo da economia e o ambiente macroeconômico instável, que desmotivam os investimentos privados. Além disso, os desequilíbrios e distorções das políticas públicas tendem a focar no curto prazo e não asseguram a continuidade dos programas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). Há ainda o processo de encolhimento das indústrias, que se manifesta na queda da participação do setor industrial no Produto Interno Bruto (PIB) e nas exportações, conforme traz o Portal da Indústria (PERFIL DA INDÚSTRIA BRASILEIRA, 2022). De acordo com o levantamento, no período de 2010 a 2023, a participação das indústrias no PIB decresceu de 27,4% para 23,6%.

Este cenário é acentuado pela ascensão das tecnologias digitais, que ensejam mudanças profundas nas políticas tradicionais de crescimento econômico e impactam no desempenho e no custo da computação, considerando o fluxo e a disponibilidade do volume gigantesco de dados. Do mesmo modo, tais tecnologias impulsionam novos processos inovadores nas diferentes áreas da economia. A dinâmica atual das novas tecnologias digitais elevam o padrão de eficiência das economias e modificam o *modus operandi* da indústria de transformação, dos serviços, da agricultura, do meio ambiente e do comércio. Essas mudanças devem ser acompanhadas e tratadas como ativo essencial para a competitividade e desenvolvimento do Brasil.

Neste sentido, entende-se como tarefa importante ao País mapear, monitorar e atrelar suas vantagens competitivas à inovação e às tecnologias de fronteira, a fim de buscar sustentar sua competitividade. Essa associação entre vantagens competitivas e inovação permite aumentar os investimentos e

tratar diretamente os principais entraves regulatórios dos setores econômicos, além de assegurar o crescimento sustentado da economia. Assim, garantem-se ganhos de produtividade indispensáveis para o crescimento da economia no longo prazo, impulsionando a capacidade inovativa do Brasil e estimulando os demais setores econômicos para o desenvolvimento tecnológico.

A opção metodológica do presente trabalho baseou-se na definição de um conjunto de áreas, nos termos indicados na Tabela 1 e elaborados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), para analisar um horizonte até 2030. Nas próximas seções, serão examinadas as vantagens competitivas destas áreas. As oportunidades e os desafios, por sua vez, foram investigadas no artigo Ciência, Tecnologia e Inovação – Oportunidades e desafios, dos mesmos autores (GUIMARAES; CEZAR, 2023).

Tabela 1. Oportunidades, desafios e vantagens competitivas para o Brasil/2030

Áreas	Oportunidades	Desafios	Vantagens competitivas
Aeroespacial	•		
Energias renováveis	•		
Materiais e minerais estratégicos	•		
Área espacial		•	
Cidades		•	
Envelhecimento da população		•	
Mudança do clima		•	
Saúde	•	•	•
NEXUS (segurança hídrica, energética e alimentar)	•	•	•
Área nuclear	•		•
Petróleo e gás	•		•
Agropecuária tropical			•
Aeronáutica			•
Bioeconomia			•

Fonte: Elaboração própria com base no texto (BRASIL, 2015).

Cabe acrescentar ao panorama apresentado a importância de que o crescimento e o desenvolvimento do Brasil busquem a conciliação com as questões ambientais e sociais. É sob esse contexto que o presente artigo propõe-se a destacar áreas temáticas entendidas como

vantagens competitivas importantes para o desenvolvimento do País, tendo como pano de fundo um horizonte até 2030.

Nas próximas seções, além de analisar, de forma mais ampla, as vantagens competitivas da indústria e das nações, o presente artigo indica os denominados atributos amplos (PORTER, 1990) necessários à obtenção de vantagens competitivas.

Serão considerados no texto alguns exemplos internacionais: Estados Unidos da América, União Europeia (UE), Japão, Alemanha e Reino Unido. Apresenta-se, também, um breve olhar setorial, no qual se discutem: agropecuária tropical; aeronáutica; área nuclear; bioeconomia; *NEXUS (segurança hídrica, energética e alimentar)*; petróleo e gás; e saúde. Por fim, em conclusão, são listadas algumas observações e recomendações finais.

2. Vantagens competitivas

O *Anuário de Competitividade Mundial*, produzido em 2022 pelo *IMD - World Competitiveness Center*, avalia os países segundo sua capacidade em gerenciar fatores e competências que possibilitem alcançar um crescimento econômico de longo prazo. O Brasil aparece na 59ª posição do *ranking*, em uma lista de 63 economias, estando à frente apenas da África do Sul, Mongólia, Argentina e Venezuela (IMD, 2022).

No *ranking* geral do *Competitividade Brasil 2021-2022*, da Confederação Nacional da Indústria (CNI) (CNI, 2022), o Brasil aparece em 16º lugar entre 18 economias semelhantes, à frente apenas da Argentina e do Peru. O desempenho brasileiro é comparado ao de países que possuem características similares ou que concorrem com o Brasil no mercado mundial. Os fatores considerados pelo relatório da CNI foram: ambiente de negócios; educação; ambiente macroeconômico; estrutura produtiva, escala e concorrência; infraestrutura e logística; financiamento; tributação; mão de obra; tecnologia e inovação.

Na terceira reunião da Conferência da Ciência, Inovação e Tecnologias de Informação e Comunicação da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal)³, realizada em dezembro de 2021 (UN, 2021), foram definidos temas para avançar na estratégia competitiva no contexto regional, listadas a seguir:

3 A indicação da Cepal é um sinalizador da importância de geração de uma capacidade inovativa nessas nações.

- a. Organização da estrutura produtiva, de maneira a demandar Ciência e Tecnologia;
- b. Mudança do paradigma de desenvolvimento do modelo extrativista para o modo de produção sustentável;
- c. Alteração dos sistemas de CT&I dos países da América Latina e do Caribe, que hoje ainda são subfinanciados e concentrados em atividades de pesquisa básica e aplicada, com lacunas em temas de desenvolvimento experimental;
- d. Redesenho da cooperação internacional na CT&I;
- e. Investimento nas indústrias manufatureiras da saúde, da eficiência ambiental e das tecnologias digitais para a indústria;
- f. Garantia da relevância das instituições e das políticas para impulsionar a Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I);
- g. Revisão da diáspora e da circulação de talentos na América Latina e no Caribe;
- h. Estabelecimento do desenvolvimento de repositórios de genoma na região;
- i. Fomento às tecnologias sociais para a promoção da autonomia e geração de renda;
- j. Estímulo à perspectiva de gênero nos sistemas de Ciência, Tecnologia e Inovação;
- k. Fortalecimento do papel da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para a soberania em saúde;
- l. Reforço do papel das tecnologias digitais e dos novos modelos de negócios e capacidades produtivas das Pequenas e Médias Empresas (PME) na era digital;
- m. Contribuição às tecnologias aeroespaciais e de satélite para o desenvolvimento sustentável;
- n. Incentivo ao desenvolvimento tecnológico e agregação de valor na cadeia do lítio;
- o. Manutenção no radar daecoinovação, transição energética e produção sustentável.

As tarefas listadas na reunião da Cepal podem nortear as ações a serem implementadas, mas o País deverá considerar que existem níveis distintos de competitividade. Infere-se, assim, a existência de um primeiro nível, representado, por exemplo, pelo cenário de competitividade latinoamericano e africano. O segundo nível, mais elevado, é representado pelo cenário que aqui denominaremos mundial e que contempla os países da América do Norte, Europa e Ásia.

Essa aparente dicotomia revela a importância de ter uma visão de conjunto sobre o problema do crescimento econômico com desenvolvimento, considerando as vantagens competitivas à luz do papel da CT&I. Tratam-se de dois cenários que explicitam a importância de o País considerar o diferencial e as peculiaridades que – cada vez mais – deverão estar presentes em produtos e serviços que garantam novos mercados, em razão da utilização de novas tecnologias geradas internamente.

Esse cenário evidencia a necessidade de uma política voltada à geração de maior competitividade do Brasil diante de distintos países, a fim de consolidar sua liderança regional. Esta, por sua vez, deve estar inserida em uma estratégia mundial, em determinados casos em associação com outras nações, particularmente no âmbito dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul). Tais aspectos deverão auxiliar as reflexões sobre políticas públicas que possam contribuir para a geração de vantagens competitivas dos produtos brasileiros em relação ao mundo.

É fato que tais políticas deverão partir de áreas oriundas, por exemplo, de nossa capacidade agrícola (utilização do potencial de pesquisa das universidades, institutos e centros de pesquisa)⁴ e na saúde, área na qual o País deverá manter e expandir as ações de pesquisa, absorção e transferência de tecnologia.

Michael E. Porter, na obra *The Competitive Advantage of Nations* (PORTER, 1990) engloba duas formas de análise da competitividade:

- **Vantagens competitivas da indústria:** tratam das estratégias e inovações características de empresas globais e salientam o caráter intrínseco da competitividade; e

4 Alguns exemplos de instituições cujo potencial de pesquisa pode ser explorado são a Universidade Federal de Viçosa (UFV); Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de Queiros/Universidade de São Paulo (Esalq/USP); e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Embrapa/Mapa).

- **Vantagens competitivas das nações:** abordam as condicionantes ou atributos do País que favorecem a criação de estratégias, inovações e alianças, como fornecimento de insumos, condicionantes da demanda, infraestrutura e indústrias correlatas.⁵

Ainda segundo Porter (idem), são quatro os atributos amplos que podem assegurar ao País a vantagem competitiva: condições de fatores; condições de demanda; indústrias correlatas e de apoio; e estratégia, estrutura e rivalidade entre empresas:

1. *Condições de fatores:* contempla a posição do País em relação aos fatores de produção, como infraestrutura e especialização do trabalho, fundamentais à competição;
2. *Condições de demanda:* considera a natureza da demanda interna para os produtos e serviços. Consumidores mais exigentes exercem naturalmente pressão para que as empresas melhorem a sua capacidade de competir por meio da inovação e excelência;
3. *Indústrias correlatas e de apoio:* aborda a existência no País de indústrias abastecedoras e correlatas que sejam globalmente competitivas. A proximidade entre elas possibilita o compartilhamento de conhecimentos e, naturalmente, o intercâmbio de experiências;
4. *Estratégia, estrutura e rivalidade entre empresas:* reúne as condições que determinam, no País, a forma pela qual as empresas são estabelecidas, estruturadas e gerenciadas. Com esse atributo, os países obtêm sucesso em determinados setores porque o ambiente interno pressiona as empresas para que desenvolvam e ampliem suas vantagens.

O objetivo de qualquer política ou estratégia voltada a gerar mais inovação deve considerar a ampliação das competências tecnológicas e sua capacidade de produzir novas tecnologias. Isto, no longo prazo, contribuirá para aumentar a competitividade e o crescimento econômico do País.

Há, nesse debate, posição clássica de Carlota Perez (PEREZ, 2010) relacionada à estrutura de uma verdadeira revolução tecnológica, que parece ser o caso específico do Brasil, pois contempla imensos desafios tanto na dimensão técnico-econômica, como socioinstitucional. Segundo Pérez:

5 O mesmo autor (*op.cit.*) destaca que: "... a prosperidade nacional é criada, e não herdada. Ela não nasce dos pendores naturais de uma nação, de sua força de trabalho, de suas taxas de juros, ou do valor de sua moeda, como insistem em dizer os economistas clássicos." (...) "**a competitividade de uma nação depende da capacidade de seus setores industriais para inovar e modernizar.** As empresas ganham vantagem contra os melhores concorrentes do mundo devido a pressões e desafios. Elas se beneficiam de fortes rivais domésticos, fornecedores agressivos e clientes locais exigentes." (Grifamos).

*[...] solo merece el nombre de revolución cuando tiene el poder de traer consigo una transformación en toda la economía. El **paradigma tecnoeconómico (pte)** que se va articulando mediante el uso de las nuevas tecnologías a medida que estas se van difundiendo, es lo que multiplica su impacto en toda la economía y, eventualmente, modifica también la manera como se organizan las estructuras socioinstitucionales (**grifamos**).*

Complementarmente, é preciso considerar que esse objetivo recebe interferência de vários fatores que afetam a capacidade inovativa das empresas (elemento central na busca por vantagens competitivas), conforme elencados a seguir, e que vão além das políticas de inovação e de seus instrumentos.

1. *Ambiente macroeconômico*: estabilidade de preços; controle da trajetória da dívida pública gerando equilíbrio fiscal (sem o comprometimento da necessidade histórica de o País realizar investimentos na área social); elevação consistente da taxa de investimento público e privado em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); câmbio e juros competitivos; e inflação controlada são condições fundamentais para a competitividade brasileira;
2. *Setor regulatório*: o grau de independência do ambiente regulatório tem impacto positivo sobre o desempenho dos setores regulados. Um bom ambiente regulatório deve compatibilizar a intervenção do Estado para reduzir as **falhas de mercado** com a promoção da real eficiência, para que de fato haja crescimento econômico. Quanto mais simples, confiáveis e transparentes forem as regras de negócio, melhor será o funcionamento do mercado e, conseqüentemente, a possibilidade de alcançar maior competitividade econômica;
3. *Cenário internacional*: as economias integradas ao mercado internacional tendem a ser mais competitivas. Os efeitos de expansão do mercado internacional com especialização setorial e regional nos segmentos que apresentaram maior vantagem competitiva impactam os mercados emergentes. O ingresso em mercados internacionais possibilita acesso a conhecimento sobre novos produtos, tecnologias, processos produtivos e tipos de negócios, facilitando, conseqüentemente, P&D e inovação⁶;

6 Nas economias centrais, as indústrias que investem na propriedade intelectual vêm crescendo continuamente, em ritmo mais acelerado que os demais segmentos. Tal movimento é sustentado pelo dinamismo tecnológico decorrente do conhecimento alcançado a partir de investimentos em P&D.

4. *Nível educacional*: estudo elaborado pelo *IMD World Competitiveness Center (IMD, 2022)* compara a prosperidade e a competitividade de 64 nações, analisando o ambiente econômico, educacional e social do País para gerar inovação e destacar-se no cenário global. Cultivar a criatividade, a engenhosidade, a curiosidade, a inovação e novas formas de pensar são qualidades a serem adquiridas, em grande parte, no ambiente educacional; e
5. *Disponibilidade de infraestrutura*: a falta de infraestrutura dificulta a atração de investimentos, a geração de empregos e a competitividade das empresas e do País.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de o País definir metas e objetivos específicos para a área de CT&I, sobre os quais se possa atuar efetivamente. Para isso, é preciso um diagnóstico bem definido e claro a respeito de quais fatores interferem, impedem ou retardam o desenvolvimento tecnológico do País, bem como das áreas que são estratégicas para o investimento público.

Dessa forma, e seguindo esse cenário de estratégias para obtenção das vantagens competitivas, vale citar o pacote implementado pelos EUA, intitulado *Inflation Reduction Act of 2022* (US, 2022; WHITE HOUSE, 2022), também conhecido como Plano Biden para CT&I, consubstanciado em um pacote que visa a estimular a geração de empregos e analisa os investimentos em P&D e em tecnologias do futuro previstos no *American Jobs Plan*. Como diagnóstico, este documento evidencia que o dispêndio dos EUA em P&D caiu em proporção ao PIB e, também, que a diminuição de empregos em setores de alta tecnologia decorre da queda de investimento na área de pesquisa. O plano apresenta como meta o alcance da liderança americana na economia global e prevê um investimento da ordem de US\$ 325 bilhões em Ciência, Tecnologia e Inovação. O documento lista como objetivos dos EUA:

- Avançar na liderança mundial em tecnologias críticas e atualizar a infraestrutura de pesquisa do País;
- Tornar o País líder em ciência e inovação para o clima;
- Eliminar as desigualdades raciais e de gênero na Pesquisa e Desenvolvimento e nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharias e Matemática (STEM, na sigla em inglês⁷);
- Proteger os norte-americanos de futuras pandemias; e

7 STEM é uma sigla em inglês para *Science, Technology, Engineering and Mathematics*.

- Impulsionar a fabricação de energia limpa por meio de compras federais.

Esses objetivos conformariam a base para assegurar a vantagem competitiva dos EUA. Como estratégia, o plano pressupõe a realização de um diagnóstico claro dos problemas enfrentados e a definição precisa de poucos objetivos a serem alcançados.

Seguindo esse raciocínio, a União Europeia (UE) lançou seu segundo *Relatório Estratégico de Prospectiva de 2021*, intitulado *The EU's capacity and freedom to act* (CE, 2021). O documento mostra o caminho para políticas e compromissos bem concebidos e preparados para o futuro, de forma a colocar a UE na melhor posição possível para alcançar os seus objetivos políticos de longo prazo e desempenhar um papel estratégico em uma nova ordem mundial. O relatório sublinha a importância da articulação entre as políticas internas e externas e utiliza uma abordagem abrangente. O mote adotado é **Europa justa, digital e ecológica** e o documento apresenta uma perspectiva multidisciplinar sobre tendências importantes que afetam a capacidade e a liberdade de ação da UE nas próximas décadas, com consequências na produtividade e competitividade.⁸

A China deverá tornar-se a maior economia antes do final desta década. A Índia possivelmente vai ultrapassar a UE nos próximos 20 anos. A população mundial deverá atingir 8,5 bilhões, em 2030; e 9,7 bilhões, em 2050. A população da UE por sua vez deverá diminuir 5% e passar para pouco mais de 420 milhões até 2050.

Considerando que todas estas mudanças afetarão a liberdade e a capacidade de ação da UE e exigirão uma ação política eficiente e coerente, o relatório também aborda questões emergentes, incertezas e escolhas que moldarão o futuro da Europa e do mundo. O documento apresenta também possíveis respostas políticas para a autonomia estratégica aberta da UE. Pelos motivos expostos, o relatório (2021, *op.cit.*) identificou dez ações estratégicas nas quais a UE poderá reforçar a sua capacidade de ação:

8 O Relatório (*op. cit.*) traz as seguintes indicações: 1) Alterações climáticas e outros desafios ambientais: até 2050, 200 milhões de pessoas necessitarão de ajuda humanitária, em parte devido aos efeitos ecológicos; 2) Hiperconectividade digital e transformações tecnológicas: o número de dispositivos conectados em nível mundial poderá aumentar de 30,4 bilhões em 2020 para 200 bilhões em 2030. Uma maior conectividade entre objetos, locais e pessoas dará origem a novos produtos, serviços, modelos empresariais, estilos de vida e hábitos de trabalho. A ambição da Europa de assumir um papel de liderança mundial nas transições paralelas pode posicioná-la fortemente em um mercado lucrativo emergente e criar novos tipos de trabalho, como, por exemplo, os empregos verdes, tanto nos setores estabelecidos como nos emergentes; 3) Pressão sobre a democracia e os valores: a desinformação em larga escala, alimentada por novas ferramentas e plataformas em linha, criará desafios crescentes para os sistemas democráticos e impulsionará um novo tipo de guerra da informação; 4) Mudanças na ordem global e na demografia: o mundo tornar-se-á cada vez mais multipolar.

1. Garantir sistemas alimentares e de saúde sustentáveis e resilientes;
2. Garantir uma energia descarbonizada e a preços acessíveis;
3. Reforçar as capacidades em termos de gestão de dados, Inteligência Artificial e tecnologias de ponta;
4. Garantir e diversificar o aprovisionamento em matérias-primas essenciais;
5. Assegurar uma posição pioneira em nível mundial em matéria de normalização;
6. Criar sistemas econômicos e financeiros resilientes e preparados para o futuro;
7. Desenvolver e reter competências e talentos que correspondam às ambições da UE;
8. Reforçar as capacidades em matéria de segurança, defesa e acesso ao espaço;
9. Colaborar com parceiros mundiais, a fim de promover a paz, a segurança e a prosperidade para todos;
10. Reforçar a resiliência das instituições.

No caso do Japão, o *National Institute of Science and Technology Policy* (NISTEP) (NISTEP, 2023) é a mais importante agência governamental e utiliza ferramentas de prospecção tecnológica que, a cada cinco anos, identificam tendências significativas na ciência e na tecnologia. A agência contribui, desta forma, para o planejamento do governo e do setor privado, além de construir um consenso sobre quais tecnologias são essenciais e competitivas para o país. A comunidade de CT&I auxilia constantemente na identificação das tendências mais significativas na dimensão C&T, particularmente no que diz respeito às prioridades socioeconômicas importantes e seus respectivos obstáculos. O NISTEP trabalha com especialistas de CT&I do governo e outros, externos, realizando *workshops* e operando uma rede de especialistas em CT&I.⁹

Para determinar a tendência em C&T, o NISTEP realiza análises sobre tecnologias emergentes e mudanças na direção do desenvolvimento científico e tecnológico. São analisados tanto as questões de P&D a serem abordadas no futuro como os sistemas de P&D. A busca de sinais

9 A referida rede conta com cerca de dois mil especialistas da academia e da indústria, incluindo especialistas em humanidades e ciências sociais.

de mudanças em CT&I dá-se mediante monitoramento sistemático e análise quantitativa/qualitativa, a fim de identificar potenciais oportunidades e riscos. Os resultados são publicados como artigos da revista trimestral do NISTEP *STI Horizon* e demais relatórios (NISTEP, 2021). Para os próximos anos, o Japão definiu oito áreas interdisciplinares de CT&I que contribuem para a sua competitividade.

No caso da Alemanha, para a tomada de decisão no âmbito da CT&I, são realizados estudos prospectivos que se fundamentam em um processo aberto e transparente, que inclui muitas partes do sistema de inovação e tem por objetivo prever desenvolvimentos futuros e ampliar vantagens competitivas. A contribuição é que esse ferramental envolve não somente os analistas de C&T como também representantes da sociedade civil. Define-se uma plataforma para o intercâmbio de informações e para uma discussão sobre o futuro, bem como para a criação de um banco de dados de pessoas que podem interagir. O foco está na definição de objetivos claros e precisos e na formulação de decisões que impactem a produtividade e a competitividade, desde que estas sejam tecnologicamente viáveis, socialmente aceitáveis, voltadas para o atendimento da demanda, economicamente adequadas e ecologicamente razoáveis. Percebe-se que a utilização dessa ferramenta aborda não somente as questões de CT&I, que são inclusas na pauta, mas também questões de economia, meio ambiente e, principalmente, aspectos de interesse da sociedade civil em geral. A finalidade é envolver as diferentes partes interessadas do sistema, ampliando sua participação.

O governo do Reino Unido (GOV.UK, 2022a; GOV.UK, 2022b), em seus estudos sobre o futuro no contexto de CT&I, utiliza projetos de *foresight*, nos quais são levadas em consideração as questões transversais, que buscam encontrar evidências e exploram possibilidades futuras. Também se utilizam os conselhos científicos, envolvendo as redes de especialistas em CT&I. Os projetos identificam os principais desafios e oportunidades para o governo, com o objetivo de informar melhores políticas que sejam resilientes no longo prazo e impactem o mais diretamente possível a vantagem competitiva do país. O programa *Foresight* está em execução há mais de 20 anos, com mais de 30 relatórios publicados (GOV.UK, 2014). Dois principais eixos direcionam os estudos: genômica além da saúde e o futuro dos sistemas de dados do cidadão.

Dessa forma, o governo do Reino Unido busca uma abordagem para a governança, controle e uso de dados de cidadãos em todo o mundo, com o objetivo de dotar o debate público e as decisões governamentais de informações, a partir de uma visão internacional de todo o sistema dos dados dos cidadãos, bem como as variações nos sistemas de dados regionais, que refletem e determinam desenvolvimentos na **economia**, na **segurança** e na **sociedade** (GOV.UK, 2020).

No rol das vantagens competitivas que o Brasil possui, parece evidente a recomendação para o País, em um horizonte que tem início agora e vai até 2030, o seguinte conjunto de ações que deverá impulsionar o crescimento da economia, promovendo a produtividade, inovação e competitividade nacional:

- Redução do atraso tecnológico, por meio do fortalecimento da pesquisa e da qualidade da educação voltada para a inovação;
- Ampliação da educação profissional e fortalecimento da formação em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM);
- Mobilização dos atores do ecossistema de CT&I na execução de ações em diversas frentes assegurando suas representatividades;
- Estruturação de uma Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (PNCTI) de longo prazo, com instâncias de governança bem definidas e incorporando a inovação como ferramenta básica para elevação da produtividade e da competitividade;
- Melhoria do ambiente regulatório, por meio do aprimoramento da Lei do Bem e da Lei das Startups, como também efetivação da regulação do SNCTI;
- Elevação dos investimentos em CT&I aos patamares internacionais; e
- Diversificação das fontes de recursos e instrumentos de apoio à inovação.

3. Observações finais

A título de recomendação, considera-se basilar para o País, tendo como horizonte o ano de 2030, a definição de uma política pública na área de CT&I que garanta a estabilidade na execução orçamentária e a definição de macrotendências prioritárias nas áreas mencionadas. O País dispõe de vantagens competitivas em diversos setores, dentre os quais destacam-se, segundo demonstram as publicações consultadas: Nexus (segurança *hídrica*, energética e alimentar); petróleo e gás; e saúde.

No que diz respeito ao Nexus, será fundamental a adoção de uma abordagem integradora para enfrentar os desafios globais relacionados a estes três recursos essenciais (água, energia e alimentos), visto que os desafios desse tema no século 21 certamente envolverão cada vez mais a urbanização, o crescimento populacional e as mudanças climáticas.

No caso dos setores de petróleo e gás, importante considerar que o gás natural é uma fonte de energia mais limpa do que o carvão e os derivados de petróleo. A produção de gás natural pode criar um círculo virtuoso na economia brasileira, com inúmeros benefícios sociais e ambientais.

Em relação ao setor da saúde, é inegável o papel da base institucional (laboratórios, institutos de pesquisa e empresas) que conforma o Complexo Econômico-Industrial da Saúde (Ceis). No âmbito da CT&I, compete ao poder público tratar a saúde brasileira para além das pesquisas fundamentais, estabelecendo uma nova agenda: a saúde como parte fundamental do desenvolvimento do País, pois a vantagem competitiva neste setor tem sua base no mercado consumidor brasileiro, que gera escala e pode influir nas matrizes econômicas estratégicas.

Diante das vantagens competitivas aqui definidas e frente às considerações apresentadas no texto, apresenta-se a seguir o resumo do potencial e das ações relativas a cada um dos setores selecionados.

Aeronáutica

A indústria aeronáutica é um setor competitivo e estratégico para o Brasil. O Plano Aeroviário Nacional concentra as diretrizes de planejamento dos próximos 20 anos e estabelece as diretrizes para o crescimento da aviação com segurança, capacidade e sustentabilidade, aliado à previsibilidade que o mercado necessita. Diante de um grande parque industrial, o diferencial competitivo da indústria aeronáutica está concentrado no lançamento de novas aeronaves, desenvolvidas a partir da integração de novas tecnologias.

Agropecuária tropical

O Brasil é um país fortemente produtor e exportador de produtos da agropecuária. Ganham destaque as produções de soja, carne bovina e milho, que, em 2021, apresentaram os seguintes valores brutos na produção:

- Soja: R\$ 398,1 bilhões (crescimento de 27,88% entre 2020 e 2021);
- Carne bovina: R\$ 200,8 bilhões (+4,25%);
- Milho: R\$ 138,4 bilhões (+6,95%).

A ampliação do uso de novas tecnologias e as exportações como elemento motor desse segmento parece ser o cenário mais natural até 2030.

Área nuclear

As dúvidas em relação a essa opção energética sempre estão vinculadas aos riscos de acidentes nucleares. Todavia, o setor nuclear brasileiro tem como vantagem deter significativas reservas de urânio, ocupando importante posição no *ranking* mundial. O Brasil é um dos dez países que detêm o conhecimento completo do ciclo do combustível nuclear, desde a lavra até o enriquecimento do urânio, a fabricação do combustível e a produção da energia, com elevada aplicação na área da saúde. A energia nuclear é responsável por 3% da matriz energética brasileira. A geração de eletricidade com base em energia nuclear não emite gases causadores de efeito estufa, uma de suas vantagens competitivas. O setor nuclear brasileiro possui boas reservas do mineral, experiência no setor, fonte de energia de baixo custo e domínio da tecnologia de enriquecimento, o que permite inferir que há um mercado internacional comprador de tal tecnologia.

Bioeconomia

A bioeconomia gera renda e riqueza. Sua principal matéria-prima é a biodiversidade. O Brasil tem a vantagem competitiva de dispor de 20% da biodiversidade do planeta – sendo 15% na Amazônia –, o que sinaliza forte potencial para desenvolver esse segmento como alternativa para que o País volte a crescer e desenvolver-se economicamente de maneira sustentada. Somos um país **megabiodiverso**, com potencial de acesso a vários materiais para a produção, como biomassa, corantes, óleos vegetais, gorduras, fitoterápicos, antioxidantes e óleos essenciais. A tarefa brasileira reside em aliar a biodiversidade às inovações tecnológicas aplicadas no campo das ciências biológicas.

Nexus (segurança hídrica, energética e alimentar)

O Brasil possui recursos hídricos abundantes (cerca de 12% das reservas mundiais de água doce) e é responsável por grande parte da produção mundial de soja, trigo, milho, cevada, arroz e carne bovina. Estes fatos permitem aos pesquisadores da Embrapa assegurarem que o Brasil alimenta 10% da população mundial, cerca de 800 milhões de pessoas, conferindo ao País vantagens competitivas que nenhuma outra nação do planeta apresenta em conjunto.

Não resta dúvida que no rol das oportunidades que se apresentam ao Brasil, em termos do que se definiu como *Nexus*, encontra-se a ampliação do poder de negociação em fóruns mundiais das respectivas áreas. O País:

- Possui grandes reservas de água;
- Detém imensa capacidade de gerar energias limpas; e
- Posiciona-se entre os principais *players* no mercado mundial de alimentos.

Esse conjunto de forças confere ao País privilegiada posição a ser exercida nos próximos anos no que diz respeito a água, alimentos e energia. Assim, é possível indicar a dimensão social do paradigma do desenvolvimento sustentável como uma tarefa que ainda precisa ganhar força nas ações, programas, planos e políticas públicas para ratificar as vantagens brasileiras nessas áreas.

Petróleo e gás

É sabido que nenhuma fonte de energia tem a importância geopolítica do **petróleo**, sendo fato concreto que as reservas do pré-sal reposicionaram o Brasil na geopolítica mundial. A exploração e a produção (*offshore* e *onshore*) de petróleo e gás natural visam a atender a uma crescente demanda de energia. O aproveitamento do petróleo oriundo de águas profundas e ultraprofundas no Brasil representou 95% da produção total em 2021. Quanto ao gás do pré-sal, sua mais ampla utilização dependerá essencialmente da viabilidade econômica dos investimentos necessários para a separação, escoamento e processamento do gás natural, que traz a oportunidade de venda ao mercado

(nacional e internacional). A geração termoeétrica demanda grandes volumes de gás e pode funcionar como vetor de desenvolvimento do mercado.

Saúde

O Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos da Fundação Oswaldo Cruz (Bio-Manguinhos/Fiocruz) e o Instituto Butantan possuem trajetória e tradição secular, sendo este último o principal produtor de imunobiológicos do País. O recente acordo firmado pela Fiocruz com o Reino Unido deve garantir a “produção totalmente nacional” da vacina contra a Covid-19. Ambas instituições são destaque em toda a América Latina e, assim como as universidades, são vetores para o aproveitamento das oportunidades científicas na área da saúde. A adoção de políticas públicas efetivas para a produção de vacinas e soros e para a prevenção e controle de enfermidades aponta para a maior vantagem competitiva do País: a existência do Complexo Econômico-Industrial da Saúde, que contempla as **dimensões econômicas e sociais do desenvolvimento**.

Portanto, no rol das vantagens competitivas que o Brasil possui, parece evidente a recomendação de que o País implemente, até 2030, políticas públicas de CT&I que considerem aspectos integradores e transversais. Deve-se considerar, mais especificamente, a verdadeira revolução técnico-econômica vivenciada no mundo todo, na qual o caminho natural passa por fortalecer a pesquisa e elevar a qualidade da educação. Além disso, não se deve perder de vista a importância crucial da sustentabilidade ambiental e de novas estratégias de inovação, capazes de facilitar a absorção, a adaptação e a geração de novas tecnologias pelo setor produtivo.

Referências

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA INDÚSTRIA. **Brasil avança três posições e chega ao 54º lugar no Índice Global de Inovação.** 2022. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/brasil-avanca-tres-posicoes-e-chega-ao-54o-lugar-no-indice-global-de-inovacao/> Acesso em: fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. **Oportunidades, desafios e vantagens competitivas nacionais e áreas potenciais para o desenvolvimento nacional:** Documento para discussão. 2015. (Mimeo).

COMISSÃO EUROPEIA – CE. **Relatório de prospectiva estratégica de 2021.** Disponível em: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning/strategic-foresight/2021-strategic-foresight-report_pt Acesso em: set. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Competitividade Brasil.** 2022. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-brasil-comparacao-com-paises-selecionados/#:~:text=O%20Brasil%20avan%C3%A7ou%20pela%20primeira,Tributa%C3%A7%C3%A3o%20e%20Ambiente%20de%20Neg%C3%B3cios>. Acesso em: jan.2023

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Homepage.** 2023. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/cni/> Acesso em: fev. 2023.

GOV UK. Government Office for Science. **Evidence and scenarios for global data systems.** The Future of Citizen Data Systems. Sept. 2020. 127p. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/927547/GOS_The_Future_of_Citizen_Data_Systems_Report__2_.pdf

GOV UK. Government Office for Science. **Foresight projects.** Foresight projects give evidence to policymakers to help them create policies that are more resilient to the future. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/collections/foresight-projects> Acesso em: set. 2022.

GOV UK. **Horizon scanning research papers.** These research papers explore how a particular issue might affect different areas of policy. 2014. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/collections/horizon-scanning-research-papers>. Acesso em: set. 2022.

GOV UK. **Science and innovation**. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.uk/business-and-industry/science-and-innovation> Acesso em: set. 2022.

GUIMARÃES, Arthur Oscar; CEZAR, Kilma Gonçalves. Ciência, Tecnologia e Inovação; Oportunidades e desafios. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR MANAGEMENT DEVELOPMENT – IMD. World Competitiveness Center – WCC. **Anuário de competitividade Mundial**. 2022. Disponível em: <https://www.imd.org/centers/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness/> Acesso em: set. 2022.

NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY – NISTEP. **Homepage**. 2023. Disponível em: <https://www.nistep.go.jp/en/> Acesso em: set. 2022.

NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY – NISTEP. **Survey C&T on 2020 – Science and technology foresight**. Research Material, n. 315, 2021. Disponível em: https://www.nistep.go.jp/en/?page_id=56

PÉREZ, Carlota. **Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos**. LSE: iipp-ucl y spru-Sussex en Reino Unido y Tecnológica de Talín, Estonia. Capítulo 4. 2010. Disponível em: https://carlotaperez.org/wp-content/downloads/publicaciones/marco-teorico/Revoluciones_tecnologicas_y_paradigmas_tecnoeconomicos.pdf. Acesso em: fev. de 2023.

PERFIL DA INDÚSTRIA BRASILEIRA. **Homepage**. 2022. Disponível em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/#/industria-total> Acesso em: fev. 2023.

PORTER, Michael E. **The competitive advantage of Nations**. Free Press: 1990, 1049p.

UNITED NATIONS – UN. **Tercera Reunión de la Conferencia de Ciencia, Innovación y TIC de la CEPAL**. 13-15 de diciembre de 2021. Disponível em: <https://innovalac.cepal.org/3/es>. Acesso em: fev. 2022.

UNITED STATES - US. Senate. **Inflation reduction act of 2022**. Summary. 2022. Disponível em: https://www.democrats.senate.gov/imo/media/doc/inflation_reduction_act_one_page_summary.pdf

THE WHITE HOUSE. FACT SHEET: **The Inflation reduction act supports workers and families**. 19 aug. 2022. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/19/fact-sheet-the-inflation-reduction-act-supports-workers-and-families/>

SEÇÃO 3

INDICADORES DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM ENERGIA

Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Fundamentação teórica e desenho da metodologia

Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Classificações para a construção dos indicadores

Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Proposta de um sistema de mensuração

Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Fundamentação teórica e desenho da metodologia

André Tosi Furtado¹, Sílvia Angélica Domingues de Carvalho², Daniela Scarpa Beneli³,
Bárbara Bressan Rocha⁴, Marcelo Khaled Poppe⁵

Resumo

A busca cada vez mais urgente por um modelo energético que seja ambientalmente sustentável e socialmente mais justo requer um acompanhamento constante e a reorientação das estratégias de inovação no setor energético. Dessa forma, a definição e a construção de métricas e indicadores são fundamentais para apoiar a formulação e a avaliação de políticas mais eficientes e assertivas. Contudo, essa tarefa não é simples, dadas as especificidades tecnológicas e a dinâmica de inovação dos diversos segmentos que compõem o setor energético.

Abstract

The increasingly urgent search for an energy model that is environmentally sound and socially fairer requires constant monitoring and reorientation of innovation strategies in the energy sector. In this way, the definition and construction of metrics and indicators are fundamental to support the formulation and evaluation of more efficient and assertive policies. However, this task is not simple given the technological specificities and innovation dynamics of the various segments that make up

1 Economista com graduação, mestrado e doutorado pela Universidade de Paris I e professor titular do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

2 Economista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), doutora em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp e professora assistente doutora na Universidade Estadual Paulista (Unesp).

3 Economista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), doutora em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp e professora da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas).

4 Engenheira eletricitista pela Universidade de Brasília (UnB), MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e assessora técnica no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

5 Engenheiro eletricitista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Diploma de Estudos Aprofundados (DEA) em economia de sistemas energéticos e inovação pela Universidade de Paris-Dauphine e INSTN e assessor técnico no CGEE.

Assim, este artigo tem como objetivo apresentar a fundamentação teórica e a construção metodológica que pautaram o mapeamento de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) em energia para o Brasil. A discussão sobre sistemas tecnológicos de inovação e sobre as funções do sistema de inovação em energia configurou a base para a definição do conjunto de dimensões de indicadores de CT&I, que abarcam os distintos aspectos da inovação neste setor, fundamentais para servir de apoio à tomada de decisão na promoção de uma transição energética sustentável para o País.

Palavras-chave: Inovação. Transição energética. Energias renováveis. Sistema tecnológico. Políticas públicas.

the energy sector. Thus, this article aims to present the theoretical foundation and methodological construction that guided the mapping of science, technology and innovation (ST&I) indicators in energy for Brazil. The discussion on technological innovation systems and the functions of the energy innovation system formed the basis for defining the set of dimensions of STI indicators, which cover the different aspects of innovation in this sector, which are fundamental to support decision-making in promoting a sustainable energy transition for the country.

Keywords: Innovation. Energy transition. Renewable energy. Technological system. Public policy.

1. Introdução

Diante da busca por um modelo energético que seja ambientalmente sustentável e socialmente mais justo, as iniciativas por parte dos agentes brasileiros que se ocupam dos temas de energia e inovação para promover uma transição energética ampla têm se fortalecido. Nesse contexto, para compreender as características que configuram a geração e a difusão de inovações tecnológicas no setor energético em suas diversas dimensões, é essencial reunir métricas e indicadores que ofereçam os insumos necessários para identificar eventuais lacunas, fragilidades e potencialidades. Assim, torna-se possível a formulação e avaliação de políticas públicas e estratégias para o setor energético.

Um primeiro esforço neste sentido ocorreu em 2019, no âmbito do projeto **Energy Big Push**, quando a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) levantou a necessidade de sistematizar dados e informações em inovação no setor de energia no Brasil. Inicialmente, esta necessidade era direcionada à elaboração dos indicadores de investimentos públicos e publicamente orientados de pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em energia. A sistematização seria feita por meio da coleta, tratamento e análise de dados mantidos por instâncias nacionais, tais como Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES),

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), e Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) (CEPAL; CGEE, 2020). Os trabalhos decorrentes permitiram a constituição da plataforma **inova-e** (EPE, 2020), que é operada pela EPE e disponibiliza regularmente esses indicadores para tomadores de decisão e público interessado. Também se tornou possível a oportunidade para que essa informação fosse divulgada no exterior, na principal publicação internacional sobre o tema, veiculada pela Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês) (IEA, 2022). O Brasil é o único País não membro da Agência a ter os seus dados de dispêndio em PD&D reportados.

Esses resultados representaram um ponto de partida importante para iniciativas de organização e sistematização de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no setor de energia. Desta forma, o impacto das políticas públicas será mais eficiente e assertivo a partir do momento em que os tomadores de decisão tiverem ao seu dispor informações sobre as diversas dimensões da inovação. Foi nesse contexto que surgiu a proposta de ampliar tais métricas, com a identificação de um conjunto de indicadores e medidas da inovação no setor energético, para subsidiar políticas de transição energética para a sustentabilidade. Assim, o presente artigo:

- Traz a fundamentação teórica na qual se pauta o mapeamento de indicadores de inovação para o setor de energia;
- Descreve o processo de construção da metodologia que orientou a busca dos dados e fontes de informação; e
- Apresenta as considerações finais acerca do esforço de mensuração das atividades de CT&I do setor energético brasileiro.

2. Fundamentações teóricas subjacentes aos indicadores de energia

A transição energética traz grandes desafios produtivos e tecnológicos para todos os países do planeta. Para serem enfrentados, eles exigirão não somente esforços produtivos significativos em termos de construção de novas infraestruturas energéticas, mas também o desenvolvimento de novas tecnologias. Muitas das tecnologias necessárias para a transição energética ainda estão em estágio de desenvolvimento e experimentação (IEA, 2021). Mesmo quando se encontram em estágio mais avançado de maturidade tecnológica em países desenvolvidos, essas tecnologias precisam ser adaptadas e aprimoradas para contextos socioeconômicos

específicos dos países em desenvolvimento. Ademais, a base de recursos naturais costuma ser específica a cada país e região, o que demanda desenvolvimentos tecnológicos próprios. Os exemplos do desenvolvimento tecnológico da Petrobras em águas profundas e do bioetanol produzido a partir da cana-de-açúcar confirmam essa necessidade (FURTADO, 1996; FURTADO; SCANDIFFIO; CORTEZ, 2011). Esses elementos estão na origem da necessidade de constituir sistemas de indicadores de inovação que permitam medir as capacidades e os desenvolvimentos tecnológicos que estão sendo endogenamente gerados em cada país em matéria de energias renováveis e de soluções energéticas sustentáveis.

A proposta de indicadores para medir as capacidades, os esforços e seus resultados, em termos de inovação para energias renováveis e soluções energéticas sustentáveis (que podem subsidiar atores públicos e privados em matéria de transição energética), está vinculada ao referencial teórico dos sistemas tecnológicos de inovação. Com base nesse referencial e nos esforços desenvolvidos pela IEA (IEA, 2020b), propomos nesta seção um conjunto de dimensões que abarcam os distintos aspectos do sistema de inovação em energia.

2.1. Sistemas tecnológicos de inovação

Para apreender o processo de inovação nas atividades produtivas e de consumo relacionadas à energia, o presente trabalho apoia-se no conceito de sistema nacional de inovação inicialmente elaborado por Freeman (1987) e desenvolvido por Lundvall (1992) e Nelson (1993). Esses autores entendem que a inovação não é um processo isolado, mas que deve ser inserido no contexto de uma economia nacional. Nesse contexto, interagem atores como empresas, instituições de ensino e pesquisa e governo, na busca da adoção, do aperfeiçoamento e do desenvolvimento de novas tecnologias. Nesse sentido, Lundvall (1992) entende que um sistema de inovação está constituído por elementos e relacionamentos que interagem na produção, na difusão e no uso do conhecimento que é novo e economicamente útil. O sistema nacional é um sistema social, no qual o aprendizado é a atividade principal e está constituído pelas interações entre seus atores.

Esse mesmo conceito pode ser aplicado a setores como o da energia dentro de um contexto nacional. A Agência Internacional de Energia (IEA, 2020a; IEA, 2020b) denomina de sistema de inovação em energia um conceito que engloba “pessoas, instituições, tecnologias, políticas, recursos, tempo e espaço”. Pode-se considerar que o sistema de inovação em energia reúne um conjunto de atividades produtivas e de consumo que vão desde a captação de energia primária até o uso final da energia. Tal sistema engloba:

- Fornecedores de serviços e equipamentos;
- Produtores e consumidores de energia;
- Instituições públicas e privadas relacionadas com a educação, geração e difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos; e
- Instituições públicas de fomento de atividades inovativas e desenvolvimento de políticas de inovação.

No intuito de entender como a emergência de fontes de energias renováveis e sustentáveis ocorre em um contexto no qual predominam fontes fósseis de energia, diversos grupos europeus propuseram o conceito de **funções do sistema de inovação** (HEKKERT *et al.*, 2007; JACOBSSON, BERGEK, 2004; JACOBSSON, JOHNSON, 2000).

As funções do sistema são entendidas como atividades que contribuem para a transformação do sistema de inovação em energia. Com efeito, a emergência de uma nova fonte de energia depende da coordenação e da convergência de um conjunto complexo de atividades, das quais participam atores heterogêneos. Essas novas tecnologias devem competir com fontes de energia já estabelecidas e que contam com infraestrutura, instituições dedicadas e modelos organizacionais e educacionais. Se não contarem com normas e leis adequadas, com um processo de aprendizado que demanda tempo e com a coordenação de um conjunto de atores heterogêneos – tais como empresas, instituições de ensino e pesquisa –, as fontes de energias renováveis não alcançarão a competitividade. Ademais, esse processo de busca por novas soluções energéticas é marcado pela incerteza, o que requer um acompanhamento constante e a reorientação das estratégias de busca da inovação. Importante ressaltar também que essas estratégias precisam ser modificadas em decorrência do grau de maturidade das novas tecnologias que são desenvolvidas.

Por meio da análise das funções do sistema de inovação, é possível entender como uma nova tecnologia está logrando consolidar-se dentro do contexto de uma determinada economia nacional. No intuito de caracterizar sistemas de inovação em energia, a IEA propõe (IEA, 2020b) quatro pilares que caracterizam as funções do sistema:

1. **Promoção de recursos** (*resource push*): deve prover recursos financeiros, humanos e de capital de forma sustentada para PD&D e também para produtos em estágio inicial de desenvolvimento;

2. **Gestão do conhecimento** (*knowledge management*): deve assegurar o fluxo de novos conhecimentos para os usuários, incluindo informações sobre novos produtos. São importantes as redes de troca de conhecimento, assim como o funcionamento adequado dos sistemas de proteção da propriedade intelectual, por meio de patentes e de publicações científicas;
3. **Atração de mercado** (*market pull*): deve estimular investimentos em inovação nas empresas, para competirem em mercados de produtos com mais atributos de novidade, ou seja, mercado com maior valor agregado. Para isso, ressalta a importância de remoção de barreiras à entrada de inovações no ambiente regulatório;
4. **Apoio sociopolítico** (*socio-political support*): busca maximizar as chances de as novas tecnologias energéticas serem adotadas pelos usuários e de receberem suporte dos tomadores de decisão, minimizando assim a tensão entre inovação e preferências sociais.

Essas funções são interdependentes entre si e precisam desenvolver-se equilibradamente para que uma tecnologia energética renovável e sustentável possa tornar-se competitiva e consiga, no final do processo, suplantar as energias incumbentes fósseis. Para que os decisores e *stakeholders* possam acompanhar o desenvolvimento dessas funções, é importante que contem com um sistema de monitoramento da inovação. O desenvolvimento de indicadores de CT&I é muito importante para acompanhar esse processo de transformação do sistema de inovação em energia. Nesse sentido, diversos trabalhos que analisaram tais sistemas associaram as funções a indicadores e métricas específicos (NEGRO, HEKKERT, SMITS, 2007; FURTADO, HEKKERT, NEGRO, 2020; IEA, 2020b).

2.2. Dimensões do sistema de inovação em energia

Segundo a IEA, os objetivos da política de inovação energética – incluindo um meio ambiente mais limpo, competitividade internacional, uma economia mais forte, menos pobreza energética e um sistema energético mais resiliente – não podem ser monitorados a partir de medidas de curto prazo, isto é, em anos, mas a partir de uma perspectiva de longo prazo, em décadas. É difícil estabelecer um vínculo direto entre esses objetivos e as dimensões da política de inovação. Os resultados de tal política – conhecimento, patentes, novos produtos, custos mais baixos e maior eficiência – também apresentam defasagens de tempo significativas, que obscurecem as correlações entre mudanças de política e resultados em nível macro. Os insumos para a política de inovação são rastreados mais facilmente e incluem financiamento direto, educação, política fiscal, regimes de propriedade intelectual e instrumentos de mercado.

Dessa forma, a IEA sugere que cada país reúna indicadores que possam apresentar evidências sobre o desempenho das quatro funções ou pilares do sistema de inovação energética (impulso de recursos, gestão do conhecimento, atração de mercado e apoio sociopolítico). O desempenho dessas funções pode ser medido e acompanhado por meio de indicadores de CT&I.

Assim, considerando os aspectos ressaltados pela IEA, a proposta de mapeamento de indicadores do presente trabalho busca associar, para o caso brasileiro, grandes conjuntos de indicadores de CT&I – denominados de dimensões – aos quatro pilares do sistema de inovação em energia (Tabela 1). Embora esses indicadores possuam características nacionais, que os diferenciam de outros levantados pela IEA, buscou-se, na medida do possível, resgatar aqueles que possuem metodologias comuns que permitem realizar uma análise comparativa com outros países.

Tabela 1. Pilares da IEA e a relação com as dimensões de análise propostas para o sistema de inovação em energia no Brasil

Pilares da IEA	Dimensões de análise propostas
Impulso de recursos (<i>Resource push</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos humanos em CT&I • Investimentos em PD&D • Infraestrutura em CT&I • Inovação e empreendedorismo
Gestão do conhecimento (<i>Knowledge management</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Produção científica • Relações de cooperação • Inovação e empreendedorismo
Atração de mercado (<i>Market pull</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Cadeia produtiva e comércio exterior • Política e regulação • Inovação e empreendedorismo
Apoio sociopolítico (<i>Socio-political support</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Política e regulação • Apoio sociopolítico

Fonte: *Elaboração própria com base em IEA (2020a).*

Os indicadores de CT&I têm despertado crescente interesse, devido ao consenso, entre diversas correntes do pensamento econômico, sobre a importância e o papel central da inovação como principal motor do desenvolvimento econômico. Todavia, há notáveis especificidades em relação aos demais indicadores utilizados pelas ciências sociais aplicadas, devido à falta de um modelo conceitual estabelecido que associe essas métricas à mudança econômica e social (BARRÉ; PAPON, 1993). Paralelamente, tem-se verificado uma crescente expansão desses indicadores, em função do aumento das bases de dados e das ferramentas computacionais (FREEMAN; SOETE, 2009). O grande número de bases de dados e a sofisticação das mesmas têm possibilitado o surgimento de novos indicadores, que respondem à necessidade de perceber o processo de inovação como sendo sistêmico e interativo.

Partindo desta premissa, agrupar os indicadores em dimensões, que contemplam aspectos específicos do sistema de inovação em energia, contribui para compreender a inovação como um fenômeno amplo, constituído por fontes distintas de aprendizados associadas à ciência e experiência (CHAMINADE *et al*, 2009). Trata-se também de um fenômeno onipresente, por estar em praticamente todos os âmbitos da economia como um processo de contínuo aprendizado, busca e exploração, resultando em novos produtos, novas técnicas, novas formas de organização e novos mercados (LUNDVALL, 1992). Além disso, pode ser observado na Tabela 1 que as dimensões relacionam-se com uma ou mais funções ou pilares do sistema de inovação em energia e podem desdobrar-se em um grande conjunto de indicadores de CT&I. Portanto, a identificação de métricas pertinentes para aferir o processo de inovação no sistema de inovação em energia é coerente com os enfoques do **Big Push** para a sustentabilidade da Cepal (CEPAL, 2020) e com a proposta de avaliação dos sistemas de inovação em energia da IEA (IEA, 2020a; IEA, 2020b).

3. Desenho da metodologia de mapeamento dos indicadores de inovação em energia

O processo de desenvolvimento da metodologia de mapeamento abrangeu basicamente dois esforços, retroalimentados por seus componentes e entre eles, considerando aspectos inerentes ao setor de energia e às suas atividades inovativas. Em linhas gerais, foram considerados aspectos específicos da morfologia e do desempenho do sistema de inovação em energia. Além disso, definiram-se as estatísticas que seriam contempladas em cada uma das dimensões e subdimensões que iriam compor a plataforma de indicadores.

O primeiro esforço caracterizou-se pela definição do arcabouço teórico subjacente ao fenômeno inovativo do setor de energia que se buscou quantificar, descrito no item anterior. Este trabalho permitiu que um conjunto de indicadores fosse identificado e associado às funções do sistema de inovação em energia.

No processo de mapeamento e construção de indicadores, é importante ter clareza sobre quais fenômenos pretende-se medir e qual o objetivo desse monitoramento nos médio e longo prazos. Assim, a definição de perguntas orientadoras foi fundamental para conduzir o processo de seleção das variáveis que serão monitoradas com a finalidade de reunir as evidências sobre os desafios e as oportunidades em inovação para uma transição energética sustentável no Brasil.

Ainda como parte desse primeiro esforço, o passo seguinte foi ampliar a interlocução com as partes interessadas do setor de energia para compreender seus interesses e necessidades

e, assim, iniciar um processo interativo para a construção da plataforma de indicadores. Para isso, foram realizadas entrevistas com representantes das seguintes instituições: Associação Brasileira de Energia Eólica (Abeeólica), Associação Brasileira do Biogás (Abiogás), Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee), Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), Instituto E+ Transição Energética, PSR, Programa Brasileiro de Energia do Reino Unido (UK-BREP, na sigla em inglês), Ministério de Minas e Energia (MME), EPE, Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), ANP, Fapesp e Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC). Essas entrevistas agregaram informações importantes sobre a expectativa dos agentes quanto ao conjunto de indicadores que são de seu interesse, resultando nos pontos de convergência apresentados na Tabela 2. É importante destacar que as entrevistas mostraram-se relevantes também como insumo metodológico para a adequação das questões orientadoras das dimensões de análise dos indicadores.

Tabela 2. Destaques e pontos de convergência das entrevistas

Desafios	<ul style="list-style-type: none"> » Alocar melhor os recursos para promover a inovação de forma sistêmica; » Promover maior conexão entre os atores do sistema de inovação em energia; » Identificar áreas prioritárias para o País e implementar políticas estratégicas que orientem o setor de energia;
Foco	<ul style="list-style-type: none"> » Otimizar a alocação dos recursos e cobrar resultados práticos para a sociedade; » Garantir um ambiente propício à inovação e à criação de novos modelos de negócio; » Formular políticas claras e consistentes, que apontem prioridades e apoiem a estruturação dos novos mercados; » Identificar os gargalos da cadeia produtiva e promover setores mais competitivos nacional e internacionalmente;
Papel da inovação para uma transição energética sustentável e inclusiva	<ul style="list-style-type: none"> » Proporcionar sustentabilidade e inclusão em projetos de inovação, desde a sua ideação; » Focar no usuário e nos impactos potenciais das novas tecnologias; » Promover o desenvolvimento socioeconômico e regional e a redução do custo da energia;
Necessidades de informação	<ul style="list-style-type: none"> » Para sistematizar dados e contribuir para a tomada de decisão em toda a cadeia de inovação; » Para conectar competências e favorecer redes de inovação; » Para medir a relação, a interdependência e a transferência de conhecimento entre instituições nacionais e estrangeiras; » Para avaliar o alinhamento dos projetos de inovação com as estratégias das políticas energéticas;
Interesses na plataforma	<ul style="list-style-type: none"> » Divulgar dados sistematizados, embasando a tomada de decisões; » Identificar lacunas de investimentos e sobreposição de esforços; » Dar visibilidade às pesquisas e disseminar informações.

Fonte: *Elaboração própria.*

Barré (2004) aponta que este envolvimento torna o processo de construção de indicadores de CT&I mais transparente, possibilitando que os mesmos tornem-se mais compreendidos e apropriados pelos *stakeholders*. O autor destaca ainda a necessidade da coerência entre a proposta

do que se mensura e os dados que os atores realmente precisam para a tomada de decisão. Quando os indicadores de CT&I são utilizados pelos atores do sistema nacional de inovação como canal de comunicação, o envolvimento possibilita avaliar as trajetórias tecnológicas que configuram a inovação, demonstrando transparência, credibilidade e processos de tomada de decisão aceitáveis, materializando questões da dimensão democrática da CT&I.

As dimensões de análise indicam o conjunto de dados que serão levantados no mapeamento, com vistas a contribuir com evidências para a tomada de decisão na condução da transição energética do País. As perguntas orientadoras, as dimensões e as respectivas contribuições que esses conjuntos de informações deverão propiciar então discriminadas na Tabela 3. A coluna denominada **sinais e/ou contribuições** ressalta aspectos que são de interesse dos formuladores de política pública, cujos indicadores deverão subsidiar a tomada de decisão para a formulação, adequação e monitoramento de políticas estratégicas impulsionadoras da inovação no setor de energia. Além disso, outro aspecto importante dos indicadores em energia é a oferta de evidências para monitorar e avaliar os resultados das políticas estratégicas implementadas no setor. Esse interesse ganha especial relevância quando se considera que há pouca tradição em avaliação de políticas públicas no Brasil.

Tabela 3. Perguntas orientadoras, dimensões e contribuição das informações a serem coletadas

Perguntas orientadoras	Dimensões	Subdimensões	Sinais e/ou contribuições
Há pesquisadores, engenheiros e técnicos suficientes para atender ao setor de energia?	Recursos humanos em CT&I	Formação de pessoal qualificado	Capacidade de oferta e demanda por recursos humanos qualificados
Qual o número de pessoas ocupadas em CT&I no setor energético?		Pessoal ocupado	
O volume de investimentos em PD&D no setor de energia é suficiente?	Investimentos em PD&D		Capacidade e potencial para o desenvolvimento de tecnologias para promover a transição energética nacional
Em quais áreas os recursos estão alocados?		Dispêndio do setor público	
Os recursos estão distribuídos de maneira eficiente entre pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental, demonstração e inovação?		Dispêndio do setor privado	
Esses investimentos atendem aos objetivos da estratégia nacional para o setor?			

Perguntas orientadoras	Dimensões	Subdimensões	Sinais e/ou contribuições
Existe infraestrutura suficiente para inovar?	Infraestrutura em CT&I	Laboratórios de pesquisa	Capacidade e potencial para promover o desenvolvimento tecnológico em energia com a redução progressiva das disparidades regionais
Qual a distribuição dessa infraestrutura no território nacional, por categoria energética?		Usinas experimentais e projetos-piloto	
Há cooperação ICT-empresa-governo para inovação no setor energético?	Relações de cooperação	Parcerias público-privadas	Capacidade de interação e troca de conhecimentos que potencializem inovações com maior potencial de mercado
Quais são as categorias energéticas com mais cooperação?		Redes de inovação	
Qual tipo de cooperação é realizada?			
A produção científica, por categorias energéticas, é expressiva?	Produção científica	Artigos científicos	Capacidade da PD&I nacional e o posicionamento do País na fronteira tecnológica em energia
Qual o impacto dessas publicações, de acordo com o número de citações?		Impacto das publicações	Evolução e amplitude do conhecimento científico em energia, assegurando a troca do conhecimento entre agentes nacionais e internacionais
Em quais categorias energéticas o Brasil é referência científica?			
As empresas do sistema energético brasileiro são inovadoras?	Inovação e empreendedorismo	Empresas	Capacidade de desenvolvimento de novos mercados e potencial de difusão das inovações em energia
Quais os tipos de inovação que estão sendo geradas (produto, processo ou ambos)?		Produtos, processos e serviços	
São inovações incrementais, imitação/tropicalização ou disruptivas?			
Quantos projetos de inovação não chegam ao mercado? Por quais motivos? Qual o número de <i>startups</i> e PME geradas no setor de energia?			

Perguntas orientadoras	Dimensões	Subdimensões	Sinais e/ou contribuições
Qual a estrutura da cadeia produtiva por categoria energética? Quem são os principais agentes?	Cadeia produtiva e comércio exterior	Produção industrial	Visão da industrialização e competitividade do setor de energia
Quais bens são produzidos internamente? Quais bens importamos?		Balança comercial	Dependência externa, potencial para substituição de importações, para exportar produtos com maior conteúdo tecnológico e para capitalizar tecnologias emergentes
Há competências para desenvolvê-los internamente?		Investimento direto no País	
Há políticas estratégicas para o setor de energia nos curto, médio e longo prazos?	Políticas e regulação	Fomento	Visão estratégica, indicação de prioridades, funcionamento e gestão do setor de energia
Há instrumentos que estimulem e deem suporte ao desenvolvimento de tecnologias mais disruptivas?		Inovação	
Há mecanismos para a difusão das tecnologias e criação de mercados?			
Qual a compreensão da sociedade sobre energias renováveis?	Apoio sociopolítico		Funcionamento e gestão do setor, indicações para maximizar a adoção das novas tecnologias limpas, minimizando a tensão entre a inovação e as preferências sociais
Qual a percepção e o apoio das associações industriais à transição energética?			
Qual a diversidade de atores envolvidos no processo de tomada decisão?			
Qual o apoio de ONG para a transição energética?			

Fonte: *Elaboração própria.*

O segundo esforço do mapeamento refletiu-se na análise metodológica da coleta e seleção de dados do setor de energia. Esta etapa envolveu basicamente a disponibilidade desses dados no sistema estatístico brasileiro e internacional, considerando fontes previamente existentes e a proposição de novas fontes, visando a abranger a amplitude e a onipresença da inovação no setor de energia. Iizuka e Hollanders (2017) apontam que cada indicador possui características próprias e detém métodos de coleta de dados e fontes de dados diferentes, cuja diversidade também revela os distintos aspectos do processo de inovação. Nesse esforço, foram feitas escolhas referentes a **elementos, atributos, variáveis e bases de dados**.

Os elementos constituem as entidades a partir das quais os dados são coletados (SWEENEY; WILLIAMS; ANDERSON, 2016). Na elaboração de indicadores de energia, os elementos são variados e abrangem pessoas; organizações públicas e privadas que financiam ou realizam dispêndios em inovação; artigos científicos; empresas inovadoras; patentes; projetos de pesquisa; bens do comércio exterior; políticas; textos da internet; etc. Em decorrência dessas fontes variadas de informação, é possível relacionar atributos econômicos, sociais, geográficos e tecnológicos, como os da classificação energética proposta pela IEA que será apresentada a seguir.

As variáveis representam os atributos que se pretende estudar em uma população de elementos. Essas variáveis podem ser quantitativas ou qualitativas. No caso das variáveis qualitativas ordinais, é possível elaborar indicadores quantitativos, como ocorre nas pesquisas de inovação. A partir das variáveis, são formados os indicadores.

Esse conjunto de esforços na escolha dos atributos e das variáveis envolveu simultaneamente o mapeamento das bases de dados. Aquelas prontamente disponíveis apresentaram muitas diferenças entre si – em virtude dos diversos órgãos responsáveis por sua criação –, exigindo formas distintas de coleta e de tratamento. Há outras bases que se pautam em dados secundários e por amostragem, nas quais não foi possível acessar o microdado. Desta maneira, a metodologia de proposição de indicadores deve envolver formas de agregação distintas, como na definição dos grupos de atividade econômica a serem considerados. Em alguns casos, a desagregação será a dois dígitos; em outros, a três ou quatro, sendo possível solicitar a elaboração de tabulações especiais para contornar algumas dessas dificuldades.

A regularidade do levantamento do dado é um aspecto central, pois permite analisar a evolução ao longo do tempo. Certos indicadores, como aqueles relacionados a recursos humanos, pautados na base da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), possuem regularidade anual. Porém, outros indicadores apoiam-se em dados cuja coleta é trienal, como os indicadores sobre inovação pautados na base da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (Pintec) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Há, ainda, aspectos do sistema de inovação em energia ainda não mensuráveis de forma sistemática e padronizada, que exigem coleta de dados primários, pois as metodologias ou não foram desenvolvidas ainda ou estão em fase de consolidação. Lacunas especificamente inerentes ao sistema estatístico brasileiro foram encontradas quando se propôs os indicadores relacionados à presença de *startups* e de instrumentos de fomento à inovação implantados em políticas e regulação do setor de energia. Outras metodologias, por sua vez, estão em fase de consolidação até mesmo no âmbito internacional, como indicadores relacionados à infraestrutura de CT&I e ao apoio sociopolítico.

Destaca-se também o esforço do mapeamento de indicadores de inovação em energia em reunir métricas e indicadores que apresentem evidências para atuar frente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS), especificamente o ODS 1 – Erradicação da pobreza; ODS 5 – Igualdade de gênero; e ODS 7 – Energia limpa e acessível (AGENDA 2030, 2021). Essas evidências poderão ser reunidas por meio das bases de dados cujas variáveis permitem a desagregação por atributos como sexo; raça; nível de escolaridade; distribuição geográfica por Unidades da Federação ou regiões; e salário médio. É importante compreender que promover a transição energética vai muito além do que promover a troca de fontes de energia. É preciso que a nova matriz energética esteja pautada em menor desigualdade socioeconômica e de gênero.

Desta maneira, por meio do constructo conformado pelas dimensões, subdimensões e perguntas orientadoras, bem como pelos esforços metodológicos aplicados nas escolhas dos elementos, dos atributos, das variáveis e base de dados, foi possível propor um conjunto de indicadores que permitem caracterizar os diversos aspectos do sistema de inovação em energia, os quais estão detalhados na segunda parte do presente artigo, intitulada Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia – Classificações para a construção dos indicadores, dos mesmos autores (FURTADO *et al.*, 2023b).

4. Considerações finais

Este artigo apresentou a base teórica e o esforço metodológico pioneiro para mapear as fontes de dados que permitem identificar um conjunto de indicadores e medidas da inovação para o setor energético, de forma a subsidiar políticas de transição energética para a sustentabilidade no Brasil. Esse esforço apoiou-se no trabalho de construção do sistema de indicadores de CT&I realizado pela Agência Internacional de Energia para seus países-membros. Além disso, o presente artigo apoia-se no referencial teórico dos sistemas tecnológicos de inovação aplicado ao setor de energia, denominado de sistema de inovação em energia pela IEA.

O sistema de inovação em energia reúne um conjunto de atividades produtivas e de consumo que vão desde a captação de energia primária até o uso final da energia, englobando: fornecedores de serviços e equipamentos; produtores e consumidores de energia; instituições públicas e privadas relacionadas à educação, geração e difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos; e instituições públicas de fomento de atividades inovativas e desenvolvimento de políticas de inovação. As funções, por sua vez, são entendidas como atividades que contribuem para a transformação do sistema de inovação em energia. Para alcançar a competitividade, uma nova

fonte de energia depende de dois fatores principais: a coordenação de um conjunto complexo de atividades, executadas por atores heterogêneos; e longos processos de aprendizado para que alcancem a competitividade. Ademais, a incerteza que envolve esse processo requer um acompanhamento constante e a reorientação das estratégias de busca da inovação, ressaltando o papel das políticas públicas para oferecer suporte estratégico a tais tecnologias energéticas.

Diante disso, a consulta aos atores do sistema brasileiro de inovação em energia subsidiou a elaboração das perguntas para a definição de nove dimensões de indicadores, as quais foram associadas às funções e aos pilares da inovação em energia. Com o intuito de responder às perguntas norteadoras apresentadas, foram desenhados caminhos possíveis para a construção de um conjunto de indicadores a partir destas nove dimensões, as quais se desdobraram em 18 subdimensões e conduziram a proposta de 32 indicadores e quatro métricas. Esses desdobramentos são apresentados em detalhes na terceira parte do presente artigo, intitulada Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia – proposta de um sistema de mensuração, dos mesmos autores (FURTADO *et al.*, 2023c).

Os desafios metodológicos encontrados na trajetória de construção dos indicadores são discutidos na segunda parte do presente artigo, intitulada Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia – Classificações para a construção dos indicadores, dos mesmos autores (FURTADO *et al.*, 2023b).

O referido texto também apresenta um esforço importante para identificar, com graus distintos de agregação, quais classificações estatísticas podem categorizar o setor energético e suas tecnologias.

Este pioneiro esforço atestou a complexidade que envolve o processo de construção de um conjunto de indicadores de inovação para o setor de energia, especialmente no Brasil, que não possui tradição de sistematização e coleta desse tipo de informação. Mesmo pautando-se em literatura internacional e na experiência prévia da IEA, as especificidades das bases de dados brasileiras apontaram desafios importantes. Estes precisarão ser superados ao longo do caminho de sistematização de indicadores que possam subsidiar a política de inovação para a transição energética no País.

Referências

AGENDA 2030. ODS – **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/>

BARRÉ, R. S&T indicators for policy making in a changing science-society relationship. *In*: MOED, H. F.; GLANZEL, W.; SCHMOCH, U. **Handbook of quantitative science and technology research: the use of publication and patent statistics in studies of S&T system**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004.

BARRÉ, R.; PAPON, P. **Economie et politique de la science et la technologie**, Collection Pluriel, Hachette, Paris, 1993. 399p.

CHAMINADE, C. *et al.* Designing innovation policies for development: towards a systemic experimentation-based approach. *In*: LUNDVALL, A.B., JOSEPH, K.J., CHAMINADE, C; VANG, J. (eds.) **Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: building domestic capabilities in a global setting**. UK: Edward Elgar Publishing Ltd, 2009.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL. **Construir un nuevo futuro: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad**. Naciones Unidas, CEPAL (LC/SES.38/3-P/Rev.1): Santiago de Chile, 2020. Disponível em: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46227/1/S2000699_es.pdf

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL; CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil: dados para um grande impulso energético**, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/62; LC/BRS/TS.2020/4). CEPAL: Santiago, 2020. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/45908-panorama-investimentos-inovacao-energia-brasil-dados-grande-impulso-energetico#:~:text=O%20Escrit%C3%B3rio%20da%20CEPAL%20em,energia%C3%A9tica%20em%20bases%20sustent%C3%A1veis%20no>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Panorama dos investimentos de inovação em energia no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com/inova-e/>

FREEMAN, C. **Technology and economic performance: Lessons from Japan**, Pinter: London, 1987.

FREEMAN, C.; SOETE, L. Developing science, technology and innovation indicators: what we can learn from the past. **Research Policy**, [S.L.], v. 38, n. 4, p. 583-589, maio 2009.

FURTADO, A.T.; CARVALHO, S.A.D. de; BENELI, D.S.; ROCHA, B.B.; Poppe, M. Mapeamento estratégico de indicadores em Ciência, tecnologia e inovação em energia; classificação para construção dos indicadores. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023b.

FURTADO, A.T.; CARVALHO, S.A.D. de; BENELI, D.S.; ROCHA, B.B.; Poppe, M. Mapeamento estratégico de indicadores em Ciência, tecnologia e inovação em energia; proposta de um sistema de mensuração. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023c.

FURTADO, A.T. Trajetória tecnológica da Petrobrás na produção offshore. **Espacios Caracas - Venezuela**, v. 17, n.3, p. 31-66, 1996. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a96v17n03/30961703.html>

FURTADO, A.T.; HEKKERT, M.P.; NEGRO, S.O. Ofactors, functions, and fuels: exploring a second generation ethanol transition from a technological innovation systems perspective in brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101706, dez. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629620302814?via%3Dihub>

FURTADO, A.T.; SCANDIFFIO, M.I.G.; CORTEZ, L.A.B. The Brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, v. 39, p. 156-166, 2011. Disponível em: <https://www.nipe.unicamp.br/docs/publicacoes/thebrazil.pdf>

HEKKERT, M.P.; SUURS, R.A.A.; NEGRO, S.O.; KUHLMANN, S.; SMITS, R.e.H.M. Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting And Social Change**, v. 74, n. 4, p. 413-432, maio 2007. Disponível em: <https://dspace.library.uu.nl/bitstream/1874/385298/1/Functions.pdf>

IIZUKA, M.; HOLLANDERS, H. The need to customise innovation indicators in developing countries. **Working Paper Series**, Maastricht Economic And Social Research Institute On Innovation And Technology, The Netherlands, p.01-38, 09 ago. 2017. <http://doi.org/10.24545/00001723>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Energy technology perspectives 2020**. Special Report on Clean Energy Innovation. IEA: Paris, 2020a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020/clean-energy-innovation>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Tracking clean energy innovation: a guide to the issues and indicators**. IEA: Paris, 2020b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Net zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector.** IEA: Paris, 2021. 24p. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ebafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers_CORR.pdf

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Tracking public investment in energy technology research – A roadmap.** IEA: Paris, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-public-investment-in-energy-technology-research-a-roadmap>

JACOBSSON, Staffan; BERGEK, Anna. The Diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. **Energy Policy**, v. 28. p. 625-640. 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Staffan-Jacobsson/publication/222312239_The_Diffusion_of_Renewable_Energy_Technology_An_Analytical_Framework_and_Key_Issues_for_Research/links/5e6dddef92851c6ba70408e2/The-Diffusion-of-Renewable-Energy-Technology-An-Analytical-Framework-and-Key-Issues-for-Research.pdf

JACOBSSON, Staffan; BERGEK, Anna. Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology, **Industrial and Corporate Change**, v.13, n. 5, p. 815-849, 2004. Disponível em: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:oup:indcch:v:13:y:2004:i:5:p:815-849>.

JACOBSSON, Staffan; JOHNSON, Anna. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. **Energy Policy**, v. 28, n. 9, p. 625-640, jul. 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00041-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00041-0)

LUNDEVALL, B-Å. (ed.). **National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**, Pinter: London, 1992. 404p.

NEGRO, S.O.; HEKKERT, M.P.; SMITS, R.E. Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion—A functional analysis. **Energy Policy**, v. 35, n. 2, p. 925-938, fev. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mp-Hekkert/publication/46677625_Explaining_the_failure_of_the_Dutch_innovation_system_for_biomass_digestion_-_A_functional_analysis/links/5a83e9e545851504fb3aa994/Explaining-the-failure-of-the-Dutch-innovation-system-for-biomass-digestion-A-functional-analysis.pdf

NELSON, R. (ed.), **National Innovation Systems. A Comparative Analysis**, Oxford University Press: New York/Oxford, 1993. 541 p.

SWEENEY, D.J.; WILLIAMS, T.A.; ANDERSON, D.R. **Estatística aplicada à administração e economia**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Classificações para a construção dos indicadores

André Tosi Furtado¹, Sílvia Angélica Domingues de Carvalho², Daniela Scarpa Beneli³,
Bárbara Bressan Rocha⁴, Marcelo Khaled Poppe⁵

Resumo

Países ou regiões com altas taxas de inovação em energia limpa estão atuando em toda a estrutura do sistema de inovação em energia. Esse processo pode ser monitorado pelo uso de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) que permitam avaliar o progresso, reorientar o portfólio de tecnologias, realizar o *benchmarking* internacional e aprimorar continuamente a eficácia das políticas. A partir de 2019, com o projeto *Energy Big Push*, o Brasil passou a adotar iniciativas com o intuito de sistematizar um amplo conjunto de dados e informações em

Abstract

Countries or regions with high rates of innovation in clean energy are working across the structure of the energy innovation system and this process can be monitored using Science, Technology and Innovation indicators that allow assessing progress, reorienting the technology portfolio, enabling international benchmarking, and continually improving policy effectiveness. As of 2019, with the "Energy Big Push" project, Brazil began to adopt initiatives with the aim of systematizing a wide range of data and information on innovation in

- 1 Economista com graduação, mestrado e doutorado pela Universidade de Paris I e Professor titular do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
- 2 Economista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), doutora em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp e Professora Assistente Doutora na Universidade Estadual Paulista (Unesp).
- 3 Economista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), doutora em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp e Professora da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas).
- 4 Engenheira eletricista pela Universidade de Brasília (UnB), MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Assessora Técnica no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).
- 5 Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), diploma de estudos aprofundados (DEA) em economia de sistemas energéticos e inovação pela Universidade de Paris-Dauphine e INSTN e Assessor Técnico no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

inovação no setor de energia. O presente artigo é parte deste projeto e pretende apresentar a proposta metodológica de seleção e construção de indicadores de CT&I para o setor de energia no País, de forma transparente e permitindo a replicação de estudos futuros e novos avanços metodológicos. O conteúdo do artigo é essencialmente metodológico e pautou-se nas publicações da Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês) e nas bases de dados e informações disponíveis no sistema estatístico brasileiro. Apesar dos desafios encontrados na compatibilização das distintas classificações, foi proposto um sistema inicial de códigos estatísticos, pelo qual é possível levantar dados do setor energético no âmbito das atividades econômicas, ocupações, patentes, áreas de conhecimento e comércio exterior de bens. Assim, foi possível criar indicadores para acompanhar parte do desempenho do sistema de inovação em energia e subsidiar a política de inovação para a transição energética no Brasil.

Palavras-chave: Inovação. Categorias energéticas. Setor energético. Classificações estatísticas. Agência Internacional de Energia.

the energy sector. As part of this project, this article aims to present the methodological proposal for the selection and construction of science, technology and innovation (ST&I) indicators for the energy sector in Brazil, in a transparent way, allowing the replication of future studies and new methodological advances. The content of the article is essentially methodological and was based on IEA publications and on the databases and information available in the Brazilian statistical system. Despite the challenges encountered in making the different classifications compatible, an initial system of statistical codes was proposed, through which it is possible to collect data from the energy sector in the scope of economic activities, occupations, patents, areas of knowledge and foreign trade of goods and, thus, create indicators to monitor part of the performance of the energy innovation system in Brazil and subsidize the innovation policy for the energy transition in the country.

Keywords: Innovation. Energetic categories. Energy sector. Statistical rankings. International Energy Agency.

1. Introdução

A conformação e a consolidação de um sistema de inovação em energia são fundamentais no processo de uma transição energética justa e sustentável. Estudos da Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês) mostram que países ou regiões com altas taxas de inovação estão atuando em toda a estrutura do sistema de inovação em energia: no financiamento, nas instituições, nos mercados, na promoção de colaboração entre os atores e nos sistemas de propriedade intelectual. Para rastrear as inovações em energia limpa, a IEA (2020a) sugere o uso de métricas de qualidade, que permitam avaliar o progresso, reorientar o portfólio de tecnologias, permitir o *benchmarking* internacional e aprimorar continuamente a eficácia das políticas.

No entanto, a IEA (2020a) ressalta, ainda, a dificuldade no monitoramento desse progresso. Há defasagens temporais entre indicadores de insumos (dispêndio em Pesquisa e Desenvolvimento – P&D), de resultados (patentes) e de impactos na sociedade (empregos e exportações). Por exemplo: os resultados da política de inovação – na forma de geração de novos conhecimentos, novas patentes, novos produtos, menor custo e melhor eficiência das tecnologias – requerem intervalos de tempo significativos, que obscurecem as correlações entre as mudanças de política e seus resultados.

Neste sentido, a IEA (2020a) propõe rastrear a inovação energética de forma intencionalmente ampla, visando a abranger a complexidade do tema. Ao mesmo tempo, a inovação energética deve ser estruturada de forma a cobrir os quatro pilares dos sistemas de inovação em energia, que caracterizam as funções do sistema: impulso de recursos, gestão do conhecimento, atração de mercado e apoio sociopolítico.

No Brasil, um primeiro esforço neste sentido ocorreu em 2019, no âmbito do projeto *Energy Big Push*, a partir de uma necessidade da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). À época, discutiu-se a sistematização dos dados e informações em inovação no setor de energia no País, especificamente no que diz respeito à organização de dados de investimentos públicos e publicamente orientados de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D) (CEPAL; CGEE, 2020). Os trabalhos decorrentes permitiram a constituição da plataforma **inova-e** (EPE, 2020), operada pela EPE, e proporcionaram a oportunidade para que essa informação fosse veiculada internacionalmente em publicação da IEA (IEA, 2022). Na mencionada publicação, o Brasil é o único País não membro da agência a ter seus dados de dispêndio em PD&D reportados. Para conferir com detalhes como essa proposta associa-se aos pilares da IEA, ver o artigo *Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia – Fundamentação teórica e desenho da metodologia*, publicado nesta edição da **Revista Parcerias Estratégicas**.

Foi nesse contexto que surgiu a proposta de identificar um amplo conjunto de indicadores e medidas da inovação no setor energético – a fim de subsidiar políticas de transição energética para a sustentabilidade –, além de realizar um mapeamento e análise das fontes de dados disponíveis para o monitoramento dos indicadores. É notável a complexidade envolvida no processo de construção de indicadores de CT&I para o setor de energia. O Brasil, em especial, não possui tradição na organização e sistematização desse tipo de dado. Além disso, o setor energético é composto por um amplo conjunto de tecnologias e fontes de energia que apresentam especificidades inerentes a cada contexto.

Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é retratar os desafios metodológicos que surgiram no processo de busca e sistematização dos dados para o setor de energia no Brasil. O trabalho

busca, também, salientar que os caminhos encontrados para superar esses desafios representam um esforço inédito e pioneiro de classificação das categorias energéticas no País. O conteúdo do artigo é essencialmente metodológico e pautou-se nas publicações da IEA (que tem liderado a proposição de metodologias para construção de indicadores no setor) e nas bases de dados e informações disponíveis no sistema estatístico brasileiro. Além desta primeira seção introdutória, o artigo apresenta outras sete. As próximas seis seções demonstram as classificações estatísticas definidas e a última apresenta as considerações finais.

2. Categorias energéticas: ponto de partida para a identificação e seleção dos indicadores de CT&I relacionados ao setor de energia

O mapeamento das fontes de dados para estruturação dos indicadores de CT&I em energia apoiou-se na classificação por categorias energéticas definidas pela IEA (2011), a qual também foi seguida para a mensuração dos investimentos em PD&D (CEPAL; CGEE, 2020) e está apresentada na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta uma desagregação das categorias energéticas apenas a dois dígitos. Contudo, o documento da IEA possibilita uma desagregação muito mais detalhada, que pode chegar a até quatro dígitos. Certas tecnologias, como o carro elétrico, somente são identificadas a quatro dígitos como uma subdivisão do grupo **eficiência energética** e da categoria **transportes**. Essas categorias representam conjuntos relativamente homogêneos de tecnologias de produção, transformação, transporte, distribuição, armazenamento ou consumo final de energia.

Tabela 1. Grupos e categorias energéticas da IEA

Grupos	Categorias a dois dígitos
1. Eficiência energética	1.1. Indústria (técnicas e processos industriais; equipamentos e sistemas industriais)
	1.2. Edifícios residenciais e comerciais, aparelhos e equipamentos
	1.3. Transporte
	1.4. Outra eficiência energética

2. Combustíveis fósseis: petróleo, gás e carvão	2.1. Petróleo e gás (produção, refino, transporte, armazenamento, produção não-convencional, combustão, conversão)
	2.2. Carvão (produção, preparação, transporte, combustão – incluindo <i>Integrated Gasification Combined Cycle</i> – IGCC, conversão – excluindo IGCC)
	2.3. Captura e armazenamento de CO ₂
	2.9. Combustíveis fósseis não alocados
3. Energias renováveis	3.1. Energia solar (aquecimento e resfriamento solar; energia solar fotovoltaica; energia solar térmica e aplicações de alta temperatura; energia solar não alocada)
	3.2. Energia eólica (tecnologias eólicas <i>onshore</i> , tecnologias eólicas <i>offshore</i> – excluindo baixa velocidade do vento, sistemas de energia eólica e outras tecnologias, energia eólica não alocada)
	3.3. Energia oceânica (energia das marés, energia das ondas, poder do gradiente de salinidade, outra energia oceânica, energia oceânica não alocada)
	3.4. Biocombustíveis (incluindo biocombustíveis líquidos; biocombustíveis sólidos e biogás; aplicações para aquecimento e eletricidade; outros biocombustíveis; biocombustíveis não alocados)
	3.5. Energia geotérmica (de recursos hidrotérmicos, de rochas quentes e secas (HDR); perfuração e exploração avançadas; outra energia geotérmica (incluindo recursos de baixa temperatura); energia geotérmica não alocada)
	3.6. Hidroeletricidade (grandes e pequenas, hidroeletricidade não alocada)
4. Energia nuclear	3.9. Outras fontes de energia renováveis alocadas
	4.1. Reatores de água leve (LWR), outros reatores conversores, ciclo de combustível, tecnologias de apoio nuclear, criador nuclear, outras tecnologias de fissão nuclear e não alocadas
	4.2. Confinamento magnético, confinamento inercial, outra tecnologia de fusão nuclear e não alocada
5. Hidrogênio e células a combustível	4.9. Fissão e fusão nuclear não alocada
	5.1. Produção e armazenamento de hidrogênio; transporte e distribuição de hidrogênio; outras infraestruturas e sistemas; utilizações finais do hidrogênio (incluindo combustão, excluindo células de combustível e veículos); hidrogênio não alocado
	5.2. Aplicativos estacionários e móveis; outros aplicativos e células de combustível não alocadas
6. Outras tecnologias para geração e armazenamento de energia	5.9. Hidrogênio não alocado e células de combustível
	6.1. Geração de energia elétrica (tecnologias de geração de energia e tecnologias de apoio à geração de energia)
	6.2. Transmissão e distribuição de eletricidade (tecnologias de transmissão e distribuição; comunicação de rede; sistemas de controle e integração; transmissão e distribuição de eletricidade não alocada)
	6.3. Armazenamento de energia (excluindo aplicações para transporte e incluindo armazenamento de energia elétrica, térmica) e
7. Outras tecnologias ou pesquisas transversais	6.9. Outras tecnologias de armazenamento de energia não alocadas
	7.1. Análise do sistema de energia
	7.2. Pesquisa de energia básica que não pode ser alocada a uma categoria específica
	7.3. Outros

Fonte: IEA (2011).

O primeiro passo no processo de reconhecimento de atributos e variáveis para a proposição dos indicadores por dimensão de análise foi buscar correspondências entre essas categorias energéticas e as metodologias de classificação das bases de dados usadas para a elaboração de indicadores de CT&I. O objetivo desse esforço foi procurar alternativas para utilizar fontes de dados existentes regulares, com metodologias já reconhecidas. Assim, minimiza-se a necessidade de coleta de dados primários, já que há uma grande carência de informações sobre o setor de energia no Brasil. Este trabalho é importante e foi **pioneiro**, uma vez que não se encontra disponível, até este momento, nenhuma publicação que apresente tais paralelos entre as referidas bases de dados e o setor de energia.

A busca por variáveis que pudessem ser classificadas segundo as categorias em energia mostrou-se uma tarefa complexa. Foi necessário contar com o suporte das instituições especializadas na coleta dos dados sobre inovação. Realizaram-se reuniões técnicas com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no intuito de compreender melhor a metodologia da Pesquisa de Inovação (Pintec); com o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (Inpi) e com a IEA. Essas reuniões foram determinantes para as escolhas metodológicas apresentadas a seguir.

3. Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE)

A Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) é oficialmente adotada pelo sistema estatístico nacional e pelo IBGE. As estatísticas econômicas do País estão todas referenciadas à CNAE. A CNAE 2.0 apoia-se na versão 4 da *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities* (ISIC 4) das Nações Unidas (IBGE, 2007).

A delimitação do que poderia configurar o setor energético exigiu um exercício de delimitação que não possui amparo em trabalhos anteriores. O *Balanço Energético Nacional*, publicado pela EPE, aloca para o setor os seguintes segmentos da atividade econômica: extração de petróleo, gás natural e carvão mineral; refino de petróleo; destilação de álcool, geração de eletricidade e produção de coque (EPE, 2021, p. 139, nota 6). A classificação proposta pelo presente trabalho busca englobar de forma mais ampla os setores econômicos relacionados às categorias energéticas.

O setor energético pode ser subdividido em três conjuntos:

- O primeiro corresponde às atividades relacionadas à produção, transformação, transporte e distribuição de energia; aproxima-se do que o *Balanço Energético Nacional* mede; e é conhecido como setor energético;
- O segundo conjunto é constituído pelas atividades econômicas que produzem equipamentos, insumos e serviços para o setor energético;
- O terceiro é representado pelas atividades que produzem bens e serviços que são muito demandantes de energia. Este conjunto engloba uma parcela substancial das atividades industriais, tais como metalurgia, cimento, equipamentos de transporte e máquinas, entre outros.

Apenas os dois primeiros subconjuntos foram considerados na presente análise.

Considerando os dois primeiros conjuntos, a Tabela 2 apresenta os códigos e as descrições da CNAE delimitados para o setor energético, esforço metodológico denominado aqui como **CNAE Energia**. Importante notar que, para chegar à especificidade do setor, foram utilizados níveis hierárquicos distintos, do mais agregado, no âmbito da seção, até o mais desagregado da subclasse. Por exemplo: em Indústrias extrativas, compondo a seção B, estão incluídos todos os códigos que a compõem. Já a atividade Elaboração de combustíveis nucleares, que corresponde ao nível de subclasse, contempla apenas um código específico. Esse mesmo raciocínio pode ser aplicado para os níveis de desagregação intermediários.

Tabela 2. Atividades Econômicas relacionadas à CNAE Energia

Denominação CNAE Energia	Códigos CNAE Energia			
	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse
Seção B				
Indústrias extrativas				
Extração de carvão mineral	5			
Extração de petróleo e gás natural	6			
Extração de minerais radioativos	7	07.2	07.25-1	
Atividades de apoio à extração de petróleo e gás natural	9	09.1		
Seção C				
Indústrias de transformação				
Coquearias	19	19.1		
Fabricação de produtos derivados do petróleo		19.2		
Fabricação de biocombustíveis		19.3		
Elaboração de combustíveis nucleares	20	20.1	20.19-3	20.19-3/01
Produção de tubos de aço sem costura	24	24.2	24.23-7	24.23-7/01

Produção de tubos de aço com costura	24	24.3	24.31-8	
Fabricação de estruturas metálicas e obras de caldeiraria pesada	25	25.1		
Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras		25.2		
Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	27	27.1		
Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores elétricos		27.2		
Fabricação de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica		27.3		
Fabricação de lâmpadas e outros equipamentos de iluminação		27.4		
Fabricação de equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente		27.9		
Fabricação de motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	28	28.1		
Fabricação de máquinas e equipamentos de uso na extração mineral e na construção		28.5		
Construção de embarcações e estruturas flutuantes	30	30.1	30.11-3	
Seção D				
Eletricidade e gás	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse
Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica	35	35.1		
Produção e distribuição de combustíveis gasosos por redes urbanas		35.2		
Produção e distribuição de vapor, água quente e ar-condicionado		35.3		
Seção F	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse
Construção				
Construção de barragens e represas para geração de energia elétrica	42	42.2	42.21-9	42.21-9/01
Construção de estações e redes de distribuição de energia elétrica		42.2	42.21-9	42.21-9/02
Manutenção de redes de distribuição de energia elétrica		42.2	42.21-9	42.21-9/03
Construção de redes de transportes por dutos, exceto para água e esgoto		42.2	42.23-5	4223-5/00
Instalações elétricas	43	43.2	43.21-5	

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2007).

Importante ressaltar que esse esforço de seleção não incluiu as atividades de serviços e agropecuária, de modo que somente foram considerados os setores das seções B a F (indústrias extrativas; indústrias de transformação; eletricidade e gás; água e esgoto; e construção). Essa foi a alternativa encontrada para buscar tratar o setor energético de forma mais ampla, dado que a classificação da CNAE, por ser específica, não permite uma correlação direta com as categorias energéticas propostas pela IEA (IEA, 2011).

4. Classificação Brasileira de Ocupações (CBO)

A Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) é uma categorização oficial utilizada como referência em registros administrativos sobre emprego e desemprego feitos pelo Ministério do Trabalho e Emprego e pelo IBGE. Sua estrutura segue as recomendações internacionais estabelecidas pela Organização Internacional do Trabalho, permitindo a correspondência com a Classificação Internacional Uniforme de Ocupações (CIUO).

A CBO é composta por um conjunto de códigos e títulos. Sua estrutura possui níveis hierárquicos, formados por 10 grupos, 48 subgrupos principais, 192 subgrupos e 607 grupos de base ou famílias ocupacionais. Nesse nível mais desagregado, cada família ocupacional é representada, ainda, por um conjunto de ocupações similares no que se refere às atividades realizadas e ao domínio de competências exigidas. No total, a CBO enumera 2.511 ocupações (BRASIL, 2010).

A definição de quais ocupações estão empregadas no setor de energia em atividades de CT&I exigiu a adoção de pesquisas exploratórias e pautou-se na metodologia de ocupações em CT&I proposta por Suzigan (2005) e Garcia (2011), no âmbito dos indicadores de CT&I do Estado de São Paulo, conduzidos pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Com esses procedimentos, das 607 famílias de ocupações da CBO, foram selecionadas 107, cujas atividades potencialmente envolvem atividades de CT&I no setor de energia.

Essa seleção envolveu, em linhas gerais, dois passos. O primeiro decorreu do cruzamento de dois subconjuntos de famílias de ocupações.

Um subconjunto foi formado pela pesquisa exploratória, desenvolvida para identificar as ocupações empregadas no setor de energia. Pela base da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), adotaram-se, simultaneamente, dois filtros: a CNAE do setor de energia e pessoas empregadas com nível superior, visando a investigar as ocupações deste setor, cujas tarefas exigem maior grau de complexidade. Como resultado dessa pesquisa, foram encontradas 419 famílias de ocupações.

O outro subconjunto deriva da classificação desenvolvida por Suzigan (2005) e Garcia (2011), que identificaram 154 famílias de ocupações associadas com atividades de CT&I, classificadas em tecnológicas, técnicas e operacionais. As ocupações tecnológicas e técnicas estão associadas ao processo de geração e difusão de conhecimentos. As operacionais, por sua vez, exigem capacitações relevantes para o processo de inovação, por envolverem conhecimentos tácitos incorporados na força de trabalho e nas rotinas operacionais. Da interseção desses dois subconjuntos, chegou-se a 133 famílias de ocupações.

O segundo passo deu-se pela análise desses subconjuntos e de sua interseção, com o intuito de identificar quais ocupações estavam associadas à inovação no setor de energia. Das 133 famílias de ocupações, foram excluídas 27, por estarem relacionadas à assistência ao trabalhador no âmbito da saúde e da formação educacional (como professores, técnico esportivo e médico), além da prática jurídica e gestão contábil, financeira e econômica (como advogado, técnico de contabilidade e técnico de administração). Foram excluídas também ocupações específicas de empresas de energia e com baixa aderência às atividades CT&I, como veterinários e técnicos têxteis. Foram incluídas a família de ocupações **Técnicos em Manutenção e reparação de instrumentos de medição e precisão**, que não fez parte da interseção, mas foi identificada naquelas pertencentes ao setor de energia que envolve atividades de CT&I.

Desta forma, chegou-se à proposição de 107 famílias de ocupações, categorizadas em tecnológicas (41), técnicas (44) e operacionais (22), conforme detalhamento na Tabela 3. Essa delimitação das ocupações aderentes ao setor de energia deve ser vista de forma agregada, subdividindo-se pelas famílias de ocupação, mas não é compatível com a desagregação por categoria energética proposta pela IEA.

Tabela 3. Ocupações do setor de energia em atividades de CT&I

Categorias	Famílias de ocupações	Códigos
	Diretores: serviços de informática e P&D	1236, 1237
	Gerentes: produção e operações, tecnologia da informação, P&D	1411, 1412, 1425, 1426
	Profissionais: biotecnologia, metrologia, matemática, estatística, do espaço e atmosfera, em pesquisa e análise históricas e geográficas, da informática	2011, 2012, 2111, 2112, 2133, 2513, 2612
	Engenheiros: mecatrônicos, em computação, civil, eletroeletrônico, mecânico, químico, metalurgistas e de materiais, de minas, agrimensores e engenheiros cartógrafos, industriais, agrossilvípecuários	2121, 2122, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2221
Ocupações tecnológicas	Pesquisadores: das ciências biológicas, das ciências naturais e exatas, de engenharia e tecnologia, das ciências da agricultura, das ciências sociais e humanas	2030, 2031, 2032, 2034, 2035
	Desenhistas: industriais e projetistas	2624, 3185, 3186, 3187, 3188
	Físicos	2131
	Químicos	2132
	Geólogos e geofísicos	2134
	Arquitetos	2141
	Especialistas em informática	2123
	Analistas de sistemas computacionais	2124
	Biólogos	2211

	Técnicos: em manutenção, mecatrônica, eletromecânica, laboratório industrial, de apoio à bioengenharia, químico, petroquímico, em construção civil, em topografia, em eletricidade, eletrônica, em telecomunicações, em calibração, mecânicos, em mecânica, em metalurgia, siderurgia, em geologia, em mineração, em programação, em operação, em biologia, agrícolas, florestais, em aquicultura, de planejamento, de controle da produção, de apoio em P&D	9151, 3001, 3003, 3011, 3012, 3111, 3112, 3121, 3122, 3123, 3131, 3132, 3133, 3134, 3141, 3142, 3143, 3144, 3146, 3147, 3161, 3163, 3171, 3172, 3201, 3211, 3212, 3213, 3911, 3912, 3951
Ocupações técnicas	Desenhistas técnicos: em geral, construção civil e arquitetura, da mecânica, em eletricidade, de produtos	3180, 3181, 3182, 3183, 3184
	Mecânicos de manutenção: de bombas, motores, compressão, equipamentos de transmissão, de aparelhos de climatização e refrigeração, de máquinas industriais, de máquinas pesadas, naval, veículos automotores	9111, 9112, 9113, 9131, 9142, 9144
	Montadores de motores e turbinas	7254
	Trabalhadores de instalações elétricas	7156
	Ferramenteiros	7211
	Trabalhadores de forjamento de metais	7221
	Operadores de máquinas e centros de usinagem CNC, operadores de máquinas de conformação de metais, operadores de máquinas de madeiras, operadores de máquinas de usinagem de madeira CNC, operadores de equipamentos de acabamento de chapas e metais	7214, 7245, 7734, 7735, 8214
	Eletricistas-eletrônicos de manutenção	9511, 9531
	Afiadores e polidores de metais	7213
	Instaladores-reparadores de linhas: equipamentos de telecomunicações, cabos elétricos, telefônicos e de comunicações de dados	7313, 7321
Ocupações operacionais	Montadores de máquinas (em linhas de montagem, industriais, pesadas e equipamentos agrícolas)	7251, 7252, 7253
	Montadores de veículos automotores (linha de montagem)	7255
	Montadores de instalações de ventilação e refrigeração	7257
	Montadores de equipamentos eletroeletrônicos	7311
	Ajustadores mecânicos polivalentes	7250
	Mecânicos de instrumentos de precisão (exceto técnicos)	7411
	Mantenedores de elevadores, escadas e portas automáticas	9541
	Instaladores e mantenedores de sistemas eletroeletrônicos de segurança	9513
	Instaladores e reparadores de linhas e cabos elétricos, telefônicos e de comunicação de dados	7321

Fonte: Elaboração própria com base em Suzigan (2005), BRASIL (2010) e García (2011).

5. Classificação de patentes

As patentes são classificadas por meio do sistema do *International Patent Classification* (IPC), da *World Intellectual Property Organization* (WIPO). Com base nesse sistema, o *European Patent Office* (EPO) e o *United States Patent Office* (USPTO) desenvolveram a *Cooperative Patent*

Classification (CPC), que classifica ainda mais detalhadamente as tecnologias das patentes. A partir desse esforço, foi desenvolvida a classificação Y, que busca destacar as patentes de tecnologias emergentes e aquelas que recobrem várias categorias CPC.

No sentido de facilitar o acesso às tecnologias sustentáveis, o EPO desenvolveu as classificações Y02 e Y04 (EPO, 2013). Os subgrupos subdividem-se em áreas, que se decompõem em cerca de mil subcategorias. A classificação das tecnologias sustentáveis da EPO possui a grande vantagem de estar bastante próxima das categorias de tecnologias energéticas desenvolvidas pela IAE (IEA, 2011).

Em razão deste fato, foi realizado um esforço de correspondência entre as categorias energéticas da IEA desagregadas em nível de dois dígitos e a classificação Y02 e Y04. As classificações Y02 e Y04 não cobrem as energias fósseis, a não ser para as tecnologias de captura e sequestro de carbono e para as tecnologias de eficiência energética relacionadas a esses combustíveis. A energia nuclear, contudo, faz parte da classificação Y. O detalhamento dessa correspondência pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4. Correspondência entre a classificação da IEA e a classificação Y02 e Y04 do EPO

Classes Y02 e Y04	Categoria energética da IEA
Y02E 20/30; Y02P 10/00; Y02P 20/00; Y02P 30/00; Y02P 40/00; Y02P 70/00; Y02P 80/00; Y02P 90/02; Y02P 90/30	1.1. Eficiência energética na indústria
Y02B 20/00; Y02B 30/00; Y02B 40/00; Y02B 50/00; Y02B 70/00; Y02B 80/00; Y02B 90/00	1.2. Eficiência energética em imóveis, residencial e eletrodomésticos
Y02T 10/00; Y02T 30/00; Y02T 50/00; Y02T 70/00; Y02T 90/00	1.3. Eficiência energética no transporte
Y02D; Y02P 60/14; Y02W; Y02E 20/12; Y02E 20/30; Y02E 20/32; Y02E 20/34	1.4. Outros eficiência energética
Y02C; Y02P 90/70	2.3. Captura e sequestro de CO ₂
Y02E 10/40; Y02E 10/50; Y02E 10/60	3.1. Energia solar
Y02E 10/70	3.2. Energia eólica
Y02E 10/30	3.3. Energia dos oceanos
Y02E 50/00	3.4. Biocombustíveis
Y02E 10/10	3.5. Energia geotérmica
Y02E 10/20	3.6. Hidroeletricidade
Y02B 10/00; Y02B 90/00; Y02P 60/12	3.7. Outras fontes renováveis
Y02E 30/30	4.1. Fissão nuclear
Y02E 30/10	4.2. Fusão nuclear
Y02E 60/32; Y02E 60/34; Y02E 60/36; Y02P 90/45	5.1. Hidrogênio
Y02E 60/50; Y02P 90/40	5.2. Células a combustível
Y02E 20/14; Y02E 20/16; Y02E 20/18	6.1. Geração de energia elétrica
Y02E 40/00; Y02E 60/60; Y04S	6.2. Transmissão e distribuição de eletricidade

Y02E 60/10; Y02E 60/13; Y02E 60/14; Y02E 60/16; Y02E 60/60; Y02P 90/50; Y02P 90/60	6.3. Armazenamento de energia (fora transporte)
Y02E 70/00	6.9. Outras tecnologias de geração e armazenamento não alocadas
Y02P 90/80; Y02P 90/90	7.1. Análise de sistemas energéticos

Fonte: *Elaboração própria com base em EPO (2013).*

6. Classificação das áreas do conhecimento

A busca por uma classificação das áreas de conhecimento surgiu pela necessidade de determinar aquelas com potencial para ofertar pessoal qualificado para CT&I no setor de energia, com vistas a atender à demanda por novas áreas tecnológicas que promovam a transição energética. Desta forma, as áreas do conhecimento foram selecionadas a partir da classificação instituída pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) (CAPES, 2021), a qual tem sido amplamente usada, entre outros objetivos, para avaliar programas de pós-graduação. Esta classificação é dividida em quatro níveis:

- 1º nível – Grande área;
- 2º nível – Área do conhecimento (área básica);
- 3º nível – Subárea; e
- 4º nível – Especialidade.

Para chegar à lista de áreas de conhecimento de interesse, excluíram-se as grandes áreas do conhecimento que não apresentavam qualquer interface com o desenvolvimento de tecnologias no setor de energia, como, por exemplo, medicina, enfermagem e artes. Um segundo filtro foi feito a partir da análise das subáreas, o que permitiu uma melhor compreensão do conhecimento abordado em cada uma delas.

Por último, foi feito o cruzamento dessas áreas com aquelas nas quais as pessoas empregadas no setor de energia são formadas, fazendo uma interface com as ocupações selecionadas na seção 4 do presente trabalho. Com isso, chegou-se à lista das áreas de conhecimento que permitem construir uma estimativa da oferta de recursos humanos em CT&I para o setor de energia, apresentada na Tabela 5. É importante observar que essa classificação possui baixa correspondência com apenas uma classificação por categorias energéticas determinadas pela IEA, dado que as pessoas com esse tipo de formação, potencialmente, poderiam atuar em várias das categorias energéticas mencionadas.

Tabela 5. Áreas do conhecimento selecionadas

Denominação	Código
Matemática	10100008
Probabilidade e Estatística	10200002
Ciência da Computação	10300007
Física	10500006
Química	10600000
Geociências	10700005
Bioquímica	20800002
Biofísica	20900007
Farmacologia	21000000
Microbiologia	21200009
Engenharia Civil	30100003
Engenharia Sanitária	30700000
Engenharia de Transportes	31000002
Engenharia de Minas	30200008
Engenharia de Materiais e Metalúrgica	30300002
Engenharia Química	30600006
Engenharia Nuclear	30900000
Engenharia Mecânica	30500001
Engenharia de Produção	30800005
Engenharia Naval e Oceânica	31100007
Engenharia Aeroespacial	31200001
Engenharia Elétrica	30400007
Agronomia	50100009
Recursos Florestais e Engenharia Florestal	50200003
Engenharia Agrícola	50300008
Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca	50600001
Direito	60100001
Arquitetura e Urbanismo	60400005
Desenho Industrial	61200000
Planejamento Urbano e Regional	60500000
Ciência da Informação	60700009
Interdisciplinar	90100000
Materiais	90300009
Biotecnologia	90400003
Ciências Ambientais	90500008

Fonte: Capes (2021).

7. Classificação a partir da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM)

A lista de produtos selecionados para o setor energético envolveu amplos esforços metodológicos, pois a transversalidade dos bens comercializados torna difícil a especificação dos produtos.

O primeiro passo foi buscar metodologias de seleção desenvolvidas por organizações internacionais, como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Organização Mundial do Comércio (OMC). Considerando a importância de promover a transição energética sustentada sob fontes de energia renováveis e limpas, optou-se por metodologias de classificação dos bens ambientais. As primeiras seleções nesta linha foram sistematizadas por grupos de trabalho formados pela OCDE e Eurostat, em meados dos anos 1990, com o intuito de coletar dados para subsidiar a formulação de políticas ambientais e compor negociações para a liberação do comércio internacional. A partir de então, outras listas foram propostas, levando a OCDE a desenvolver o esforço metodológico de reuni-las em uma única listagem de 248 códigos do sistema harmonizado (SH), denominada **Lista Combinada de Bens Ambientais**. Nessa compilação, foram feitas as subdivisões que resultaram em 11 temas (SAUVAGE, 2014):

- **Gestão da poluição;**
- Bens e tecnologias mais limpos e gestão de recursos;
- Produtos preferencialmente ambientais com base em características de uso final ou descarte;
- **Gestão do calor e da energia;**
- **Equipamentos de monitoramento, análise e avaliação ambiental;**
- Proteção de recursos naturais;
- **Redução de ruído e vibração;**
- Plantas de energia renováveis;
- **Gestão de resíduos sólidos e perigosos e sistemas de reciclagem;**

- Produtos destinados à purificação da água ou do solo ou para minimizar o impacto; e
- **Gestão de águas residuais e tratamento de água potável.**

Com as listagens identificadas, o passo seguinte foi aplicar a correspondência dos códigos do SH (a seis dígitos) à Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), que é mais detalhada (a oito dígitos), em 7 destes 11 temas, destacados na lista anterior. Com isso, foram identificados 173 códigos de NCM.

Importante ressaltar que estes passos metodológicos são **inéditos** e constituem um primeiro esforço de definição dos produtos para o setor de energia. Foram considerados combustíveis renováveis, como o etanol, e bens industriais de uso mais eficiente, além de equipamentos para geração de energia renovável. Não estão incluídas fontes de energia fósseis, como o petróleo.

Além disso, a seleção dos produtos do setor de energia permitiu a associação com categorias energéticas da IEA a um dígito. Alguns produtos até permitem a classificação a dois dígitos, a exemplo de turbinas em hidrelétrica. No entanto, a maioria dos produtos possui aplicação múltipla, dificultando a classificação mais detalhada. Bombas de vácuo, por exemplo, foram categorizadas em eficiência energética, mas não foi possível discriminar sua aplicação na indústria, residências ou estabelecimentos comerciais.

A Tabela 6 apresenta apenas um resumo da lista de códigos NCM selecionados e sua correspondência com as categorias energéticas. A lista completa, contendo os 173 códigos de NCM, está disponível no Anexo A. Como é possível constatar, os códigos de NCM são compatíveis com três categorias energéticas a um dígito da classificação da IEA.

Tabela 6. Lista resumida de produtos do setor de energia por categoria energética da IEA

Categoria energética da IEA: Eficiência energética	
Código NCM	Descrição NCM
84141000	Bombas de vácuo
84143011	Motocompressor hermético, capacidade menor que 4.700 frigorias/hora
84149010	Partes de bombas de ar ou de vácuo
85141010	Fornos (de arco voltaico, resistência, industriais, laboratório – aquecimento indireto)
84186910	Máquinas para preparação de sorvetes, não domésticas
85049020	Partes de reatores para lâmpadas/tubos de descarga
85392190	Outras lâmpadas/tubos incandescentes, halógenos, de tungstênio
94051010	Lâmpadas escialíticas

Categoria energética da IEA: Fontes de energia renováveis	
Código NCM	Descrição NCM
22071090	Outro álcool etílico não desnaturado
22071010	Álcool etílico não desnaturado, com um teor alcoólico, em volume, igual ou superior a 80% vol, com um teor de água igual ou inferior a 1% vol
73218900	Outros aquecedores, etc. de ferro/aço, a combustíveis sólidos
84068100	Outras turbinas a vapor, de potência maior que 40MW
84118100	Outras turbinas a gás, de potência menor ou igual a 5.000KW
84119900	Partes de outras turbinas a gás
84101100	Turbinas e rodas hidráulicas, de potência menor ou igual a 1.000KW
84109000	Partes de turbinas e rodas hidráulicas, incluindo reguladores
84101100	Turbinas e rodas hidráulicas, de potência menor ou igual a 1.000kw
84191910	Aquecedores solares de água
84199010	Partes de aquecedores de água das subposições 8419. 11 ou 8419. 19
85414016	Células solares não montadas
85414019	Outros dispositivos fotossensíveis, semicondutores não montados
85414032	Células solares em módulos ou painéis
85414039	Outras células fotovoltaicas em módulos ou painéis
Categoria energética da IEA: Outras tecnologias elétricas e de armazenamento	
Código NCM	Descrição NCM
76109000	Construções, outras partes, chapas, barras, etc. de alumínio
85016100	Geradores de corrente alternada, potência menor ou igual a 75KVA
85044010	Carregadores de acumuladores (conversores elétricos)
85044030	Conversores elétricos de corrente contínua
85044040	Equipamento de alimentação ininterrupta de energia elétrica
85371030	Controladores de demanda de energia elétrica, para uma tensão não superior a 1.000V

Fonte: Elaboração própria com base em (SAUVAGE, 2014).

8. Considerações finais

Este trabalho apresentou a proposta de um caminho metodológico para a construção de indicadores de CT&I em energia no Brasil. Também discutiu as principais dificuldades enfrentadas no esforço de mapear as fontes de dados disponíveis e buscar, quando possível, a correspondência com as categorias energéticas da IEA. Para isto, buscaram-se classificações, tanto em nível nacional quanto internacional, que pudessem apoiar este processo. Contudo, as principais formas de classificação dos dados levantados, sejam elas das atividades econômicas,

das áreas do conhecimento, das ocupações profissionais ou dos bens exportados, não se mostraram plenamente compatíveis com as classificações das categorias energéticas da IEA. Apenas as patentes permitem uma classificação compatível com as categorias da IEA. Um esforço importante foi realizado buscando identificar, com graus distintos de agregação, a comparabilidade entre essas classificações. Com base nisto, foi possível propor uma forma de levantamento das informações que permita a elaboração de indicadores de CT&I para o sistema de inovação em energia do Brasil, assim como sua comparabilidade internacional.

Esse esforço de compatibilização das distintas classificações deverá prosseguir no sentido do seu aperfeiçoamento. Apesar disso, foram desenhados caminhos possíveis para a construção de um conjunto de indicadores para as nove dimensões definidas, que se desdobraram em 18 subdimensões. Estas, por sua vez, conduziram a proposta de 32 indicadores e 4 métricas, discutidos no artigo *Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Proposta de um sistema de mensuração*, publicado nesta edição da **Revista Parcerias Estratégicas**.

Este trabalho foi importante para a melhor compreensão da sistemática da coleta dos dados e para uma validação inicial da metodologia proposta, principalmente no que se refere às correspondências das classificações para o setor de energia. Mesmo com desafios, este artigo propôs um sistema inicial de códigos estatísticos, pelo qual é possível levantar dados do setor energético no âmbito das atividades econômicas, ocupações, patentes, áreas de conhecimento e de comércio exterior de bens. Assim, tornou-se possível criar indicadores para acompanhar parte do desempenho do sistema de inovação em energia do Brasil e subsidiar a política de inovação para a transição energética no País.

Referências

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego - MTE. **Classificação Brasileira de Ocupações**. 3. ed. Brasília: 2010. 828 p. (v. 1). Disponível em: https://portalfat.mte.gov.br/wp-content/uploads/2016/04/CBO2002_Liv3.pdf

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Percepção pública da C&T no Brasil – 2019**. Resumo executivo. Brasília, DF: 2019. 24p.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL. **Construir un nuevo futuro: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad**. Naciones Unidas, CEPAL (LC/SES.38/3-P/Rev.1): Santiago de Chile, 2020. Disponível em: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46227/1/S2000699_es.pdf

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL; CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil: dados para um grande impulso energético**, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/62; LC/BRS/TS.2020/4). CEPAL: Santiago, 2020. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/45908-panorama-investimentos-inovacao-energia-brasil-dados-grande-impulso-energetico#:~:text=O%20Escrit%C3%B3rio%20da%20CEPAL%20em,energ%C3%A9tica%20em%20bases%20sustent%C3%A1veis%20no>

COORDENAÇÃO DE AERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES. **Tabela das Áreas do Conhecimento**. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/instrumentos/documentos-de-apoio-1/tabela-de-areas-de-conhecimento-avaliacao>. Acesso em: mar. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional 2021**: Ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf_

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Panorama dos investimentos de inovação em energia no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com/inova-e/>

EUROPEAN PATENT OFFICE - EPO. **Finding sustainable technologies in patents**. European Patent Office. EPO: Munich, Germany, 2013. Disponível em: https://e-courses.epo.org/pluginfile.php/1238/mod_resource/content/4/sustainable_technologies_brochure_en.pdf

GARCIA, R.C. (coord.). Dimensão Regional dos esforços de CT&I no Estado de São Paulo. *In*: FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, cap. 8, 2011. Disponível em: <https://fapesp.br/indicadores/2010/volume2/cap8.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Demografia das empresas e estatísticas de empreendedorismo: 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020, 131p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/servicos/22649-demografia-das-empresas-e-estatisticas-de-empreendedorismo.html?edicao=29198>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas - Versão 2.0**: estrutura detalhada e notas explicativas. Rio de Janeiro: IBGE, 2007, 284p. Disponível em: https://concla.ibge.gov.br/images/concla/downloads/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20_NotasExplicativas.pdf. Acesso em: 03 jan. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Tracking clean energy innovation: a guide to the issues and indicators**. Paris: IEA. 2020a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy Technology Perspectives 2020**. Special Report on Clean Energy Innovation. Paris: IEA. 2020b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics**. Paris: OECD/IEA. 2011. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a2f370cf-873e-486f-935d-c2a117e14ba6/IEAGuidetoReportingEnergyRDDBudget-ExpenditureStatistics.pdf>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Net zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector**. Paris: IEA. 2021. 24p. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ebafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers_CORR.pdf

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Tracking public investment in energy technology research – A roadmap**. Paris: IEA. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-public-investment-in-energy-technology-research-a-roadmap>

IIZUKA, M.; HOLLANDERS, H. The need to customise innovation indicators in developing countries. **Working Paper Series**, Maastricht Economic And Social Research Institute On Innovation And Technology, The Netherlands, p.01-38, 09 ago. 2017. <http://doi.org/10.24545/00001723>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP. **Instruções para a utilização dos Microdados do Censo de Educação Superior**. Brasília: Inep, 2019.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Eurostat-OECD manual on business demography statistics**. Paris: OECD; Luxembourg: Eurostat, 2007. 99 p. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/statmanuals/files/KS-RA-07-010-EN.pdf>

SAUVAGE, J. **The Stringency of environmental regulations and trade in environmental goods**. Oecd Publishing: 2014. (OECD Trade and Environment Working Papers). <https://doi.org/10.1787/5jxrjn7xsnmq-en>

SUZIGAN, W. (Coord.). A dimensão regional das atividades de CT&I no estado de São Paulo. *In*: LANDI, F.R. **Indicadores de CT&I no estado de São Paulo 2004**. São Paulo: Fapesp, 2005. Disponível em: https://fapesp.br/indicadores2004/volume1/cap09_vol1.pdf

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE - UNECE. **Guidelines on the use of statistical business registers for business demography and entrepreneurship statistics**. Geneva: Unece, 2018. 150 p. Disponível em: <https://unece.org/DAM/stats/publications/2018/ECECESSTAT20185.pdf>

Anexo A – Lista completa de produtos do setor de energia por categoria energética

Categoria energética da IEA: Fontes de energia renováveis	
Código NCM	Descrição NCM
22071090	Outro álcool etílico não desnaturado
22071010	Álcool etílico não desnaturado, com um teor alcoólico, em volume, igual ou superior a 80 % vol, com um teor de água igual ou inferior a 1 % vol

Categoria energética da IEA: Eficiência energética	
Código NCM	Descrição NCM
84141000	Bombas de vácuo
84143011	Motocompressor hermético, capacidade menor que 4.700 frigorias/hora
84143019	Outros motocompressores herméticos para equipamentos frigoríficos
84143091	Compressor para equipamentos frigoríficos, capacidade menor ou igual a 16.000 frigorias/hora
84143099	Outros compressores para equipamentos frigoríficos
84144010	Compressor de ar, de deslocamento alternativo
84144020	Compressores de ar montados sobre chassis com rodas e rebocáveis - De parafuso
84144090	Compressores de ar montados sobre chassis com rodas e rebocáveis
84148011	Outros compressores de ar, estacionários, de pistão
84148012	Outros compressores de ar, de parafuso
84148013	Outros compressores de ar, de lóbulos paralelos (<i>roots</i>)
84148019	Outros compressores de ar
84148021	Turboalimentadores de ar, de peso inferior ou igual a 50 kg para motores das posições 84.07 ou 84.08 (motor a explosão/diesel), acionado pelos gases de escapamento dos mesmos
84148022	Turboalimentadores de ar, de peso superior a 50 kg para motores das posições 84.07 ou 84.08 (motor a explosão/diesel), acionados pelos gases de escapamento dos mesmos
84148029	Outros turbocompressores de ar
84148031	Outros compressores de gases, de pistão
84148032	Outros compressores de gases, de parafuso
84148033	Outros compressores de gases, centrífugos, de vazão máxima inferior a 22.000 m ³ /h
84148038	Outros compressores de gases, centrífugos
84148039	Outros compressores de gases
84148090	Outras bombas de ar/coifas aspirantes para extração/reciclagem
84149010	Partes de bombas de ar ou de vácuo
84149020	Partes de ventiladores ou coifas aspirantes
84149031	Pistões ou êmbolos, de compressores de ar/outros gases
84149032	Anéis de segmento, para compressores de ar ou outros gases
84149033	Blocos de cilindros/cabeçotes/cárteres, para compressores

84149034	Válvulas de compressores de ar/outros gases
84149039	Outras partes de compressores de ar/outros gases
84178010	Fornos industriais, não elétricos, para cerâmica
84178020	Fornos industriais, não elétricos, para fusão de vidro
84178090	Outros fornos industriais ou de laboratório, não elétricos
85141010	Fornos de resistência, industriais (aquecimento indireto)
85141090	Fornos de resistência, de laboratório (aquecimento indireto)
85142011	Fornos de indução, industriais
85142019	Fornos de indução, de laboratório
85142020	Fornos de perdas dielétricas, industriais/de laboratório
85143011	Fornos de resistência, industriais (aquecimento direto)
85143019	Fornos de resistência, de laboratório (aquecimento direto)
85143021	Fornos de arco voltaico, industriais
85143029	Fornos de arco voltaico, de laboratório
85143090	Outros fornos elétricos industriais ou de laboratório
73211900	Outros aparelhos para cozinhar e aquecedores de pratos, incluindo os aparelhos a combustíveis sólidos
84128000	Outros motores e máquinas motrizes
84129010	Partes de propulsores a reação
84129020	Partes de máquinas a vapor, de movimento retilíneo
84129080	Partes de motores hidráulicos pneumáticos de movimento retilíneo
84129090	Partes de outros motores e máquinas motrizes
84158110	Outros aparelhos de ar-condicionado, com dispositivo de refrigeração e válvula de inversão do ciclo térmico (bombas de calor reversíveis), com capacidade inferior ou igual a 30.000 frigorias/hora
84158190	Outros aparelhos de ar-condicionado, com dispositivo de refrigeração e válvula de inversão do ciclo térmico (bombas de calor reversíveis).
84186100	Bombas de calor, exceto as máquinas e aparelhos de ar-condicionado da posição 84.15
84186910	Máquinas para preparação de sorvetes, não domésticas
84186920	Resfriadores de leite
84199031	Placa corrugada, de aço inoxidável ou de alumínio, com superfície de troca térmica de área superior a 0,4 m ²
84199039	Outras placas de trocadores (permutadores) de calor
84199040	Partes de aparelhos/dispositivos para preparo de bebida quente, etc.
84199090	Outras partes de aparelhos/dispositivos para tratamento com modificação de temperatura
85044050	Conversores eletrônicos de frequência, para variação de velocidade de motores elétricos
85044060	Aparelhos eletrônicos de alimentação de energia dos tipos utilizados para iluminação de emergência
85044090	Outros conversores elétricos estáticos
85049010	Núcleos de pó ferromagnético
85049020	Partes de reatores para lâmpadas/tubos de descarga
85414011	Diodos emissores de luz (led) não montados, exceto laser
85414012	Diodos laser não montados
85414013	Fotodiodos não montados
85414014	Fototransistores não montados

85414015	Fototiristores não montados
85414021	Diodos emissores de luz (led) montados, exceto laser
85414022	Outros diodos emissores de luz (led) montados, exceto laser
85414023	Diodos laser com comprimento de onda de 1.300NM ou 1.500NM
85414024	Outros diodos laser
85414025	Fotodiodos, fototransistores e fototiristores montados
85414026	Fotorresistores montados
85414027	Acopladores ópticos montados
85414029	Outros dispositivos fotossensíveis semicondutores montados
85414031	Fotodiodos em módulos ou painéis
85049010	Núcleos de pó ferromagnético
85049020	Partes de reatores para lâmpadas/tubos de descarga
90328921	Controladores eletrônicos para sistema antibloqueio de freios, automático
90328922	Controladores eletrônicos para sistemas de suspensão, automáticos
90328923	Controladores eletrônicos para sistemas de transmissão, automáticos
90328924	Controladores eletrônicos para sistemas de ignição, automáticos
90328925	Controladores eletrônicos para sistemas de injeção, automáticos
90328929	Outros controladores eletrônicos automáticos para veículos automóveis
90328930	Equipamento digital automat.p/control de veic.ferrov.
90328981	Instrumentos e aparelhos automáticos para controle de pressão
90328982	Instrumentos e aparelhos automáticos para controle da temperatura
90328983	Instrumentos e aparelhos automáticos para controle da umidade
90328984	Instrumentos e aparelhos automáticos para controle de velocidade de motores
90328989	Outros instrumentos e aparelhos automático para controle de grandeza, não elétrico
90328990	Outros instrumentos e aparelhos automáticos, para regulação/control de
54050000	Monofilamentos artificiais, de título ≥ 67 decitex e cuja maior dimensão da seção transversal não seja superior a 1 mm; lâminas e formas semelhantes (palha artificial, por exemplo) de matérias têxteis artificiais, com largura aparente ≤ 5 mm
68061000	Lãs de escórias de altos-fornos, lãs de outras escórias, lâ de rocha e lãs minerais semelhantes, mesmo misturadas entre si, a granel, em folhas ou em rolos
68069090	Outras obras de matérias minerais para isolamento, calor, som etc.
68080000	Painéis, chapas, ladrilhos, blocos e semelhantes, de fibras vegetais, de palha ou de aparas, partículas, serragem ou de outros desperdícios de madeira, aglomerados com cimento, gesso ou outros aglutinantes minerais
70080000	Vidros isolantes de paredes múltiplas
70193100	Esteiras mats de fibras de vidro, não tecidos
70193900	Mantas, colchões, etc. de fibras de vidro, não tecidos
84195010	Trocadores (permutadores) de calor, de placas
84195021	Trocadores (permutadores) de calor, tubulares, metálicos
84195022	Trocadores (permutadores) de calor, tubulares, de grafite
84195029	Outros trocadores (permutadores) de calor, tubulares

Categoria energética da IEA: Fontes de energias renováveis	
Código NCM	Descrição NCM
84195090	Outros trocadores (permutadores) de calor
85393100	Lâmpadas/tubos descarga, fluorescente, de catodo quente
85392110	Outras lâmpadas e tubos de incandescência, exceto de raios ultravioleta ou infravermelhos, halógenos, de tungstênio, para uma tensão inferior ou igual a 15 V
85392190	Outras lâmpadas/tubos incandescentes halógenos, de tungstênio
94051010	Lâmpadas esialíticas
73218900	Outros aparelhos, incluindo os aparelhos a combustíveis sólidos
84068100	Outras turbinas a vapor, de potência maior que 40MW
84068200	Outras turbinas a vapor, de potência menor ou igual a 40MW
90289090	Partes e acessórios para contadores de gases/líquidos
84069011	Rotores de turbinas a reação, a vapor, de múltiplos estágios
84069019	Outros rotores de turbinas a vapor
84069021	Palhetas fixas (de estator) de turbinas a vapor
84069029	Outras palhetas de turbinas a vapor
84069090	Outras partes de turbinas a vapor
84118100	Outras turbinas a gás, de potência menor ou igual a 5.000KW
84118200	Outras turbinas a gás, de potência maior que 5.000KW
84119900	Partes de outras turbinas a gás
85372010	Subestações isoladas a gás ("gis" ou "his"), para tensão maior que 52KV
84841000	Juntas metaloplásticas
84101100	Turbinas e rodas hidráulicas, de potência menor ou igual a 1.000KW
84101200	Turbinas e rodas hidráulicas, de potência superior a 1.000 kW, mas não superior a 10.000 kW
84101300	Turbinas e rodas hidráulicas, de potência maior que 10.000KW
84109000	Partes de turbinas e rodas hidráulicas, incluindo reguladores
73082000	Torres e pórticos, de ferro fundido, ferro ou aço
84101100	Turbinas e rodas hidráulicas, de potência menor ou igual a 1.000KW
84101200	Turbinas e rodas hidráulicas, de potência superior a 1.000 kW, mas não superior a 10.000 kW
84101300	Turbinas e rodas hidráulicas, de potência maior que 10.000KW
84109000	Partes de turbinas e rodas hidráulicas, incluindo reguladores
84191910	Aquecedores solares de água
84191990	Outros aquecedores de água, não elétricos de aquecimento instantâneo, etc.
84199010	Partes de aquecedores de água, não elétricos, aquecimento instantâneo, etc.
84199020	Partes de colunas de destilação ou de retificação
85414016	Células solares não montadas
85414019	Outros dispositivos fotossensíveis semicondutores não montados
85414032	Células solares em módulos ou painéis
85414039	Outras células fotovoltaicas em módulos ou painéis

Categoria energética da IEA: Outras tecnologias elétricas e de armazenamento	
Código NCM	Descrição NCM
73089010	Chapas, barras, etc. para construções, de ferro fundido/ferro/aço
73089090	Outras construções e suas partes, de ferro fundido/ferro/aço
76109000	Construções/outras partes, chapas, barras, etc. de alumínio
85016100	Geradores de corrente alternada, potência menor ou igual a 75KVA
85016200	Geradores de corrente alternada, 75 kva < potência <= 375 kva
85016300	Geradores de corrente alternada, 375 kva < potência <= 750 kva
85016400	Geradores de corrente alternada, potência maior que 750KVA
85044010	Carregadores de acumuladores (conversores elétricos)
85044021	Retificadores de cristal (semicondutores) (conversores elétricos)
85044022	Retificador eletrolítico (conversor elétrico)
85044029	Outros retificadores (conversores elétricos)
85044030	Conversores elétricos de corrente contínua
85044040	Equipamento de alimentação ininterrupta de energia elétrica
85049030	Partes de transformadores das subposições 8504.21, 8504.22, 8504.23, 8504.33 ou 8504.34 (dielétricos líquidos ou de potência > 16 Kva
85049040	Partes de conversores elétricos estáticos
85049090	Outras partes de outros transformadores, conversores, etc.
85072010	Outros acumuladores elétricos de chumbo, peso menor ou igual a 1.000kg
85072090	Outros acumuladores elétricos de chumbo
85371030	Controladores de demanda de energia elétrica, para uma tensão não superior a 1.000 V
85371090	Outros quadros, etc, com aparelhos interruptores circuito elétrico, para uma tensão não superior a 1.000 V
85372090	Outros quadros, painéis, etc, com aparelho interruptor de circuito elétrico, para uma tensão superior a 1.000 V
90328911	Reguladores eletrônicos, de voltagem, automáticos
90328919	Outros reguladores de voltagem, automáticos
90283011	Contadores monofásicos, para corrente elétrica alternada, digitais
90283019	Outros contadores monofásicos, para corrente elétrica alternada
90283021	Contadores bifásicos de eletricidade, digitais
90283029	Outros contadores bifásicos de eletricidade
90283031	Contadores trifásicos de eletricidade, digitais
90283039	Outros contadores trifásicos de eletricidade
90283090	Outros contadores de eletricidade
90289010	Partes e acessórios para contadores de eletricidade

Fonte: *Elaboração própria com base em (SAUVAGE, 2014).*

Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Proposta de um sistema de mensuração

André Tosi Furtado¹, Sílvia Angélica Domingues de Carvalho², Daniela Scarpa Beneli³,
Bárbara Bressan Rocha⁴, Marcelo Khaled Poppe⁵

Resumo

Dado o caráter estratégico e portador de futuro do setor energético, para compreender as características que configuram a geração e a difusão de inovações tecnológicas em suas diversas dimensões, tornou-se essencial reunir métricas e indicadores. Assim, é possível obter os insumos necessários para identificar eventuais lacunas, fragilidades e potencialidades e, desta maneira, viabilizar políticas públicas estratégicas para este setor. Este artigo apresenta a proposta de um conjunto de métricas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) em energia para o

Abstract

Given the strategic character and bearer of the future of the energy sector, in order to understand the characteristics that configure the generation and diffusion of technological innovations in their various dimensions, it has become essential to gather metrics and indicators that offer the necessary inputs to identify eventual gaps, weaknesses and potentialities and, thus, enable strategic public policies for this sector. Thus, this article proposes a set of metrics for science, technology and innovation (ST&I) in energy

1 Economista com graduação, mestrado e doutorado pela Universidade de Paris I e professor titular do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

2 Economista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), doutora em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp e professora assistente doutora na Universidade Estadual Paulista (Unesp).

3 Economista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), doutora em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp e professora da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas).

4 Engenheira eletricista pela Universidade de Brasília (UnB), MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getulio Vargas (FGV) e assessora técnica no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

5 Engenheiro eletricista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Diploma de Estudos Aprofundados (DEA) em economia de sistemas energéticos e inovação pela Universidade de Paris-Dauphine e INSTN e assessor técnico no CGEE.

Brasil. Esses indicadores estão organizados em nove dimensões, que contemplam aspectos específicos dos sistemas tecnológicos de inovação e que estão relacionadas às funções do sistema de inovação em energia. Espera-se que os indicadores subsidiem a formulação e a avaliação de políticas públicas mais eficientes e assertivas e apoiem a tomada de decisão de agentes brasileiros, a fim de intensificar os esforços em inovação na promoção de uma transição energética ambientalmente sustentável e socialmente mais justa para o País.

Palavras-chave: Inovação. Transição energética. Energias renováveis. Sustentabilidade. Políticas estratégicas.

for Brazil. These indicators are organized into nine dimensions that cover specific aspects of technological innovation systems and that are related to the functions of the energy innovation system. It is expected that they will subsidize the formulation and evaluation of more efficient and assertive public policies, and support the decision-making of Brazilian agents to intensify efforts in innovation in promoting an environmentally sustainable and socially fairer energy transition for the country.

Keywords: Innovation. Energy transition. Renewable energy. Sustainability. Strategic policies.

1. Introdução

A transição energética coloca desafios produtivos e tecnológicos que, para serem enfrentados, exigirão esforços significativos na construção de novas infraestruturas energéticas e no desenvolvimento de novas tecnologias. Contudo, muitas destas novas tecnologias estão em estágio de desenvolvimento e experimentação (IEA, 2021). Outras, que se encontram em estágio mais avançado de maturidade tecnológica em países desenvolvidos, precisam ser adaptadas e aprimoradas para contextos socioeconômicos específicos dos países em desenvolvimento. Além disso, as especificidades locais de cada país demandam desenvolvimentos tecnológicos próprios. Tais fatos justificam a necessidade de constituir sistemas de indicadores de inovação que permitam medir as capacidades e os desenvolvimentos tecnológicos que estão sendo endogenamente gerados em cada país em matéria de energias renováveis e de soluções energéticas sustentáveis.

Neste contexto, o presente artigo apresenta o mapeamento de um conjunto de indicadores para medir as capacidades, os esforços e seus resultados em termos de inovação para energias renováveis e soluções energéticas sustentáveis que possam subsidiar atores públicos e privados na formulação, avaliação e monitoramento de políticas de transição energética para a sustentabilidade. Esta proposta está vinculada ao referencial teórico dos sistemas tecnológicos de inovação e aos esforços desenvolvidos pela Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla

em inglês) (IEA, 2020b), discutidos no artigo Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Fundamentação teórica e desenho da metodologia (FURTADO *et al.*, 2023a).

Um primeiro esforço neste sentido ocorreu em 2019, no âmbito do projeto **Energy Big Push**, a partir de uma necessidade da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). À época, a discussão era focada na sistematização dos dados e informações em inovação no setor de energia no Brasil, especificamente no que diz respeito à organização de dados de investimentos públicos e publicamente orientados de pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em energia. A sistematização seria feita por meio da coleta, tratamento e análise de dados mantidos por instâncias nacionais, tais como Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), e Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) (CEPAL; CGEE, 2020). Os trabalhos decorrentes permitiram a constituição da plataforma **inova-e** (EPE, 2020), que é operada pela EPE e disponibiliza regularmente essa informação para tomadores de decisão e público interessado. Também se tornou possível a oportunidade para que essa informação fosse veiculada no exterior, na principal publicação internacional sobre o tema, veiculada pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2022). O Brasil é o único país não membro da Agência a ter os seus dados de dispêndio em PD&D reportados.

Esses resultados representaram um ponto de partida importante para iniciativas de organização e sistematização de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no setor de energia. O mapeamento destes indicadores para o cenário brasileiro é constituído por dimensões, subdimensões, indicadores e métricas possíveis e respectivos atributos para diferentes formas de análise, além das fontes de informação e bases de dados, ressaltando suas vantagens e possíveis limitações. Além desta introdução e das considerações finais, que encerram o texto, o presente trabalho foi estruturado em seções a partir das nove dimensões de análise propostas, apresentadas na seguinte ordem:

- Recursos humanos em CT&I;
- Investimentos em PD&D;
- Infraestrutura em CT&I;

- Relações de cooperação;
- Produção científica;
- Inovação e empreendedorismo;
- Cadeia produtiva e comércio exterior;
- Políticas e regulação; e
- Apoio sociopolítico.

2. Recursos Humanos em CT&I

A dimensão **Recursos Humanos em CT&I** inclui aspectos da qualificação e das ocupações (OECD, 1995) e divide-se nas subdimensões **formação de pessoal qualificado** e **pessoal ocupado em atividades de CT&I** (Tabela 1).

A primeira subdimensão quantifica a oferta de Recursos Humanos qualificados nos níveis de doutorado, mestrado e graduação em cursos nas áreas do conhecimento relacionadas ao setor de energia. A segunda subdimensão captura a demanda por pessoas nas atividades de CT&I, cujas qualificações podem ser adquiridas pela educação superior ou pela experiência na prática de atividades de CT&I.

O número de doutores e mestres titulados está disponível no Sistema de Informações Georreferenciadas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Geocapes), que reúne diversas informações sobre alunos, professores e programas da pós-graduação *stricto sensu* (CAPES, 2021). A coleta envolve a extração do número de titulados em todas as áreas de conhecimento em determinado ano e a identificação dos titulados nas áreas de conhecimento associadas ao setor de energia, considerando a metodologia de seleção discutida no artigo *Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Classificações para a construção dos indicadores* (FURTADO *et al.*, 2023b).

Tabela 1. Caracterização da dimensão Recursos Humanos em CT&I

Dimensão	Subdimensão	Indicador	Fonte	Atributo
Recursos Humanos em CT&I	Formação de pessoal qualificado	Razão entre o número de doutores titulados em áreas de conhecimento relacionadas ao setor de energia e a população residente (25-59)	Capes (2021b)	
		Razão entre o número de mestres titulados em áreas de conhecimento relacionadas ao setor de energia e a população residente (25 a 59 anos)		Sexo
		Razão entre o número de graduados formados em áreas de conhecimento relacionadas ao setor de energia e a população residente (20-59)	Inep (2021)	Faixa etária
		Razão entre as ocupações no setor energia em CT&I e o total de ocupações no setor energia		Recorte geográfico: município, estado, região, país
	Pessoal ocupado em atividades de CT&I	Razão entre as ocupações em CT&I e o total de ocupações	ME (2021)	
		Razão entre as ocupações no setor energia em CT&I e o total de ocupações em CT&I		

Fonte: Elaboração própria.

No que se refere à variável **novos graduados**, os procedimentos são semelhantes, mas há ressalvas. A extração deve ser aplicada pelo Censo de Educação Superior, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), que coleta diversos atributos sobre as instituições de ensino superior, os cursos, os docentes e os alunos (INEP, 2019). Dentre os atributos por aluno, é possível identificar as áreas (geral e detalhada), os programas e os cursos de formação do concluinte, cujas classificações seguem a Classificação Internacional Normalizada de Educação, que não guarda uma relação direta com as áreas de conhecimento. Por isso, a seleção de quais cursos dos concluintes de graduação estão associados ao setor de energia exige um esforço metodológico de correspondência entre as áreas de conhecimento da Capes e os cursos categorizados pelo Inep. Desta maneira, é possível identificar o número de formandos da área.

Quanto aos indicadores da segunda subdimensão, **pessoal ocupado em atividades de CT&I**, todos os dados sobre ocupações estão disponíveis na base Relação Anual de Informações Sociais (Rais). Nesta base, é possível extrair o estoque de pessoas empregadas em 31 de dezembro

de determinado ano no setor de energia em CT&I. Para isso, aplicam-se dois filtros na busca: seleção do setor de energia e discriminação daquelas pessoas empregadas especificamente nas ocupações selecionadas que desenvolvem atividades de CT&I, metodologia esta detalhada por (FURTADO *et al.*, 2023b).

No que se refere às três bases mencionadas – Capes, Inep e Rais –, as variáveis extraídas possuem regularidade na coleta. No caso da Capes e do Inep, são obtidos atributos como áreas de conhecimento dos cursos concluídos, sexo e locais onde ocorreu a conclusão, detalhados por município, Unidade da Federação (UF) e região. Da Rais, extraem-se o sexo do trabalhador e o local onde está empregado, seja por município, UF e região.

Com isso, todos os indicadores pertencentes à dimensão Recursos Humanos em CT&I podem ser discriminados com base nas características socioeconômicas como sexo e recorte geográfico e, assim, oferecem várias possibilidades de reunir evidências relacionadas aos indicadores sobre igualdade de gênero e inclusão social. Tais atributos podem subsidiar análises e discussões para uma transição energética socialmente mais justa e igualitária.

3. Investimentos em P&D

A dimensão **investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)** é dividida em duas subdimensões: investimentos públicos e investimentos privados (Tabela 2). A primeira foi objeto de análise do projeto *Energy Big Push* (CEPAL; CGEE, 2020), no qual se chegou a uma primeira contabilização desses esforços com uma desagregação desses dispêndios por categoria energética da IEA (IEA, 2011) no nível de dois dígitos. Esse esforço permitiu contabilizar os dispêndios federais e parte dos dispêndios estaduais referentes aos recursos orçamentários e publicamente orientados, como no caso das obrigações de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e dos empréstimos públicos. Os dados desse primeiro esforço foram obtidos a partir do orçamento federal, das agências de fomento, de empresas estatais e de entidades públicas financeiras.

Os dados do dispêndio em P&D do setor privado podem ser obtidos por meio da Pesquisa de Inovação (Pintec) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, s.d.). Essa pesquisa é realizada com uma frequência trienal e publica seus dados por Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) (IBGE, 2007), tamanho de empresa e Unidade da Federação. No que diz respeito à CNAE, a desagregação adotada pela Pintec é muito menor do que aquela abordada no artigo anterior, variando de seção (um dígito), divisão (dois dígitos) e em alguns casos a grupo (três dígitos). Esse aspecto da classificação CNAE da Pintec é um claro

limitante para alcançar estatísticas que sejam capazes de abranger de forma satisfatória o setor energético, conforme discutido no artigo (FURTADO *et al.*, 2023b). Nesta dimensão, os dados não apresentam variáveis com atributos que possam trazer evidências sobre igualdade de gênero e inclusão social.

Tabela 2. Caracterização da dimensão Investimentos em PD&D

Dimensão	Subdimensão	Indicador	Fonte	Atributo
Investimentos em PD&D	Dispêndio do setor público	Razão entre o dispêndio público e orientado por políticas públicas e o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil	Cepal, CGEE (2020)	Categorias de energia Órgãos financiadores
	Dispêndio do setor privado	Razão entre o dispêndio privado em P&D e a receita líquida	Pintec (IBGE)	Porte da empresa Atividade econômica UF e região

Fonte: *Elaboração própria.*

4. Infraestrutura em CT&I

A dimensão **infraestrutura em CT&I** busca quantificar o conjunto de instalações físicas, equipamentos e recursos utilizados para a realização de atividades de CT&I no setor de energia. Esta dimensão está subdividida em três tipos de infraestrutura: laboratórios de pesquisa; instituições de teste e de certificações; e usinas experimentais e projetos-piloto (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização da dimensão Infraestrutura de CT&I

Dimensão	Subdimensão	Métrica	Fonte	Atributo
Infraestrutura em CT&I	Laboratório de pesquisa	Número de laboratórios de pesquisa	Coleta de dado primário por meio de mapeamento prévio das instituições	Categorias de energia UF e região
	Instituições de teste e certificações	Número de instituições de teste e certificações		
	Usinas experimentais e projetos piloto	Número de usinas experimentais e projetos-piloto		

Fonte: *Elaboração própria.*

A constituição de um sistema de inovação em energia desenvolvido e maduro, capaz de promover a transição energética, pressupõe a existência de suficiente infraestrutura de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração. De Negri e Squeff (2016) destacam o crescimento significativo

do volume de investimentos realizados em infraestrutura de pesquisa brasileira, com destaque para os recursos aplicados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), pela Capes, pelas Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAP) e por empresas como a Petrobras. Os autores apontam também que as instalações de pesquisa são predominantemente públicas e internas às universidades, sendo poucas as instituições de pesquisa de grande porte. Dentre estas, os autores destacam o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). Essas constatações originaram-se do inédito levantamento de dados primários conduzido em 2013 por De Negri e Squeff (2016, p. 18). Um questionário foi aplicado aos coordenadores das “infraestruturas de pesquisa sediadas no País, em universidades e instituições de pesquisa, públicas e privadas, o que também inclui as unidades de pesquisa vinculadas ao MCTI”.

As métricas definidas para cada subdimensão podem ser reunidas por meio de coleta de dados primários, inspirada na metodologia desenvolvida por De Negri e Squeff (2016), mas com enfoque na composição amostral de instituições de pesquisa, de acordo com as categorias energéticas. Como atributos dos dados, sugere-se a classificação por categorias energéticas (IEA, 2011) e a coleta das informações de forma regionalizada, para permitir a análise da distribuição espacial dessa infraestrutura, discriminando-a por município, estado e região. Esse último ponto é especialmente importante, pois reuniria evidências para a definição de políticas públicas em energia direcionadas para deficiências localizadas e para potencializar o desenvolvimento de áreas energéticas de acordo com especificidades locais.

5. Relações de cooperação

A dimensão de **relações de cooperação** subdivide-se em cooperação em projetos de pesquisa, desenvolvimento, demonstração e inovação (PDDI); e redes de colaboração em inovação aberta (Tabela 4).

A primeira subdimensão diz respeito aos projetos de P&D supervisionados por agências reguladoras setoriais, cujo papel é central no fomento à inovação do setor energético brasileiro. Os recursos orientados por essas agências promovem deliberadamente a cooperação entre as empresas do setor energético e as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT). Também propiciam, em alguma medida, a colaboração vertical entre usuários e fornecedores e, eventualmente, cooperações horizontais entre empresas energéticas. As informações oriundas das bases de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) sobre projetos de P&D permitirão a elaboração dos indicadores propostos.

Tabela 4. Caracterização da dimensão **Relações de cooperação**

Dimensão	Subdimensão	Indicador	Fonte	Atributo
Relações de cooperação	Parcerias público-privadas	Razão entre número de projetos em parceria e total projetos de P&D	ANP, Aneel, Embrapii	
		Razão entre número de publicações em coautoria em energia e total de publicações em energia	<i>Web of Science, Scopus</i>	Categorias de energia
	Redes de inovação	Razão entre número de patentes em cotitularidade em energia e total de patentes em energia	OECD Stat, Espacenet (EPO), Derwent, INPI	Atividade econômica UF e região
		Razão entre número de empresas que realizaram inovações com cooperação e total de empresas inovadoras	Pintec/IBGE	

Fonte: *Elaboração própria.*

A segunda subdimensão captura as relações mais amplas que podem estabelecer-se além do contexto de atuação das agências reguladoras. Foram identificadas diferentes bases de dados que podem oferecer estatísticas relevantes sobre a cooperação entre agentes no campo da energia. As bases de dados sobre publicações científicas e patentes são muito pertinentes ao desenvolvimento de indicadores de cooperação entre ICT e empresas em temas relacionados a energia, permitindo elaborar indicadores de cotitularidade na área.

Deve-se salientar que a correspondência entre as categorias de tecnologias energéticas da IEA encontra uma boa correspondência com a classificação de patentes Yo2 e Yo4 (FURTADO *et al.*, 2023b). A base da OECD Stat permite que se alcance o indicador **patentes coinventadas com estrangeiros**. No caso das bases do *Web of Science* e da *Scopus*, que cobrem as publicações científicas, a identificação das categorias energéticas da IEA poderá ocorrer por meio de palavras-chave ou termos de busca, seleção que não fez parte do escopo do presente trabalho. Uma vez desenvolvida esta etapa metodológica, o uso de palavras-chave também poderá fazer parte das estratégias de busca da base de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi), cuja vantagem será cobrir mais exaustivamente as patentes nacionais e de estrangeiros no País.

A Pintec também oferece importantes informações sobre a existência e a intensidade da colaboração para inovação e para P&D de **distintos** agentes econômicos com as empresas investigadas. Neste sentido, salienta-se que é possível extrair interessantes indicadores de

colaboração da Pintec, como o número de empresas que realizaram inovações com cooperação. Todavia, esse indicador está limitado pela baixa granularidade da CNAE usada pela Pintec, conforme discutido no artigo (FURTADO *et al.*, 2023b). Os atributos relacionados aos indicadores dessa dimensão permitiriam um diagnóstico da distribuição regional das relações de cooperação.

6. Produção científica

A dimensão da **produção científica** é dividida em duas subdimensões: artigos científicos e impacto das publicações (Tabela 5). Essas duas subdimensões estão vinculadas às mesmas bases de dados da *Web of Science* e da *Scopus* e enfrentam problemas metodológicos comuns. Essas bases permitem que, por meio de termos de busca selecionados, seja possível identificar publicações nas categorias energéticas da IEA. Os atributos associados às publicações científicas são nacionalidade e instituição dos autores, assim como sua localização no espaço, permitindo que se identifique a respectiva Unidade da Federação.

Tabela 5. Caracterização da dimensão **Produção científica**

Dimensão	Subdimensão	Indicador	Fonte	Atributo
Produção científica	Artigos científicos	Razão entre o número de artigos em energia no Brasil e o total de artigos em energia no mundo	<i>Web of Science</i> <i>Scopus</i>	Categorias de energia
	Impacto das publicações	Razão entre o número de artigos mais citados em energia e o total de artigos em energia do Brasil		

Fonte: Elaboração própria.

Os indicadores da subdimensão **impacto das publicações** relacionam-se com o número de artigos mais citados em energia. Esses dados podem ser extraídos das bases *Scopus* e *Web of Science*. Assim como na subdimensão anterior, os atributos relacionados permitem identificar a distribuição regional da produção científica, de acordo com a afiliação dos autores. Não é possível, no entanto, reunir maiores evidências sobre inclusão social e igualdade de gênero.

7. Inovação e empreendedorismo

A dimensão **inovação e empreendedorismo** busca medir os resultados das atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação relacionadas à energia no País. Essa dimensão é dividida em duas subdimensões: **empresa e produtos, processos e serviços** (Tabela 6).

Tabela 6. Caracterização da dimensão **Inovação e empreendedorismo**

Dimensão	Subdimensão	Indicador	Fonte	Atributo
Inovação e empreendedorismo	Empresa	Razão entre o número de empresas inovadoras em energia e o número total de empresas em energia	Pintec (IBGE)	Porte da empresa
		Razão entre o número de empresas inovadoras em energia e o número total de empresas inovadoras no País		Atividade econômica UF e região
		Razão entre o número de pequenas empresas de alto crescimento em energia e o total de pequenas empresas em energia	Demografia das Empresas e Estatísticas de Empreendedorismo (IBGE)	Porte da empresa
		Razão entre o número de pequenas empresas de alto crescimento em energia e o total de pequenas empresas de alto crescimento no País		Atividade econômica Pessoal ocupado assalariado, por sexo e escolaridade
		Razão entre o número de empresas criadas em energia e o total de empresas criadas no País		Produtividade e valor adicionado UF e região
	Razão entre o número de empresas fechadas em energia e o total de empresas fechadas no País			
	Produtos, processos e serviços	Razão entre o número de patentes depositadas em energia e o total de patentes depositadas no País	OECDStat, Espacenet (EPO), Derwent	UF do inventor ou depositante
		Razão entre o número de patentes depositadas de residentes BR e o total mundial	INPI	

Fonte: *Elaboração própria.*

A primeira subdimensão compreende dois tipos distintos de base de dados. A primeira é a base da Pintec do IBGE, que possibilita a elaboração da taxa de inovação e a separação das inovações por grau de novidade (**novo para empresa** ou **novo para o mercado nacional**). A restrição para esse indicador consiste na baixa granularidade da Cnae utilizada pela Pintec.

A subdimensão **empresa** trata ainda de indicadores relacionados a empreendedorismo. O IBGE analisa o padrão demográfico das empresas formais brasileiras, tendo como base de dados seu Cadastro Central de Empresas (Cempre). O Cempre reúne informações das pesquisas estruturais por empresas nas áreas de Indústria, Construção, Comércio e Serviços, realizadas pelo IBGE. Empresas de alto crescimento são definidas como aquelas que apresentam, durante três anos, aumento médio anual de pelo menos 20% no pessoal ocupado assalariado. Além disso, para ser enquadrada como de alto crescimento, a empresa deve ter dez ou mais pessoas ocupadas assalariadas no ano inicial de observação.

O estudo *Demografia das Empresas e Estatísticas de Empreendedorismo* (IBGE, 2020) apresenta:

- Taxas de entrada, saída e sobrevivência, segundo o porte e a atividade econômica das entidades;
- Informações sobre o pessoal ocupado assalariado, segundo o sexo e a escolaridade, por tipo de evento demográfico;
- Um estudo da sobrevivência, até 2018, daquelas nascidas em 2013;
- Análise evolutiva da mobilidade, por porte, das sobreviventes desde 2012; e
- Considerações sobre a dinâmica de entrada e saída das unidades locais das empresas sobreviventes, com avaliação de resultados regionais, inclusive, sobre a sobrevivência das unidades nascidas em 2008 (IBGE, 2020).

As vantagens de utilizar os dados da pesquisa do IBGE são a regularidade das informações e a possibilidade de cruzamento com outras bases, como: Cempre, Rais, Pintec, Pesquisa Industrial Anual Empresa (PIA–Empresa); Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged); e Estatísticas de Comércio Exterior da Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (Secex/Mdic). Além disso, a classificação das empresas por Cnae permite alguma separação por categorias energéticas, ainda que limitada, e garante a comparabilidade internacional dos indicadores, uma vez que está pautada em metodologias similares adotadas pela OECD (2007) e UNECE (2018). Contudo, ressalta-se que

será necessário solicitar tabulações especiais em vários casos, podendo incluir os atributos que evidenciam aspectos relacionados à igualdade de gênero e à inclusão social.

Uma limitação desta metodologia é que, ao considerar empresas com dez ou mais pessoas ocupadas, excluem-se muitas empresas intensivas em tecnologia, *startups*, que comumente apresentam uma quantidade menor nas etapas de ideação e validação. Diante disso, sugere-se um mapeamento complementar dessas empresas, a partir, por exemplo, da Associação Brasileira de Startups, por meio da plataforma *Startupbase*, e da Liga Insights, por meio da plataforma *StartupScanner*. Além dessas plataformas, sugere-se que sejam buscadas informações sobre *startups* constituídas a partir dos programas Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Pipe/Fapesp); e Centelha, da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), ou ainda constituindo parcerias com associações como a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (Anprotec) e a Associação Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (Fortec).

A segunda subdimensão busca medir os resultados em termos de invenções, a partir das estatísticas de patentes, cuja vantagem é alcançar a desagregação por categoria energética da IEA. Neste caso, os indicadores a serem explorados estariam relacionados às patentes depositadas em energia e, especificamente, às patentes depositadas por residentes no Brasil. Para calcular o primeiro caso, pode ser usada a base do Inpi, restringindo a busca às categorias energéticas por meio de termos de busca. A outra forma de chegar a esses dois indicadores é apoiando-se sobre a base OECD Stat, a qual permite usar a classificação Y, mas possui uma cobertura menor, apoiada em famílias de patentes de bases internacionais, como discutido no artigo *Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Classificações para a construção dos indicadores* (FURTADO et al., 2023b), publicado nesta edição da **Revista Parcerias Estratégicas**. Essa base pode ser usada para estabelecer comparações internacionais e para medir a força relativa do sistema brasileiro de inovação em energia. Ressalta-se, contudo, que a classificação Y não recobre as energias fósseis. Nesta segunda dimensão, não seria possível reunir nenhum atributo além da localização do inventor nas Unidades da Federação.

8. Cadeia produtiva e comércio exterior

A dimensão **cadeia produtiva e comércio exterior** busca identificar a representatividade nacional da indústria energética na geração de produção e renda e as vantagens da economia brasileira associadas ao comércio exterior de bens do setor de energia e aos ingressos líquidos de investimentos diretos em participação do capital do setor energético. Essa dimensão está

subdividida em três subdimensões: produção industrial, balança comercial e investimento direto no País (Tabela 7).

Tabela 7. Caracterização da dimensão Cadeia produtiva e comércio exterior

Dimensão	Subdimensão	Indicador	Fonte	Atributo
Cadeia produtiva e comércio exterior	Produção industrial	Razão entre o valor da transformação industrial no setor energia e o valor da transformação industrial	PIA (IBGE)	Pessoal ocupado
		Razão entre o valor da produção industrial no setor energia e o valor da produção industrial		
	Balança comercial	Razão entre o valor das exportações em energia e o valor total das exportações do País	Comex stat (Mdic)	Recorte geográfico: município, estado, região, país
		Razão entre o valor das importações em energia e o valor total das importações do País		
		Saldo comercial em energia		
	Investimento direto no País	Razão entre o valor dos investimentos diretos em participação no capital do setor de energia e o valor total dos investimentos diretos no País em participação no capital	Censo de Capitais Estrangeiros no País (Bacen)	Recorte geográfico: estado
Quantidade de empregados				
			Salário médio	

Fonte: *Elaboração própria.*

A primeira subdimensão refere-se à atividade produtiva industrial do setor energético. A base utilizada para coleta dos dados é a PIA–Empresa do IBGE, que investiga empresas classificadas nas seções B e C da Cnae 2.0. Associando estas seções com aquelas pertencentes às Cnae do setor energético propostas em (FURTADO *et al.*, 2023b) é possível coletar dados dos setores econômicos de carvão mineral; petróleo; gás natural; biocombustíveis; e de produtores de equipamentos, insumos e serviços para o setor energético. Porém, ressalta-se que, por não comporem o universo investigativo da PIA-Empresa, as atividades econômicas das divisões D e F não entram no cômputo. Além disso, não é possível coletar dados mais desagregados nos níveis geográficos regionais.

A segunda subdimensão é composta por dados sobre o comércio exterior do setor de energia e busca revelar as vantagens competitivas da pauta exportadora, além de possibilidades para

substituir produtos importados em determinadas etapas da cadeia produtiva. A base de coleta é a Comex Stat, um portal que permite acessar valores de exportações, importações e saldos comerciais do setor de energia. Basta aplicar a seleção de Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) proposta em (FURTADO *et al.*, 2023b). Sem ser exaustiva, a NCM constitui uma iniciativa importante, ao incluir produtos mais associados às tecnologias renováveis e ao uso de equipamentos e bens de consumo que promovem a eficiência energética. A base também permite aplicar diversos filtros, identificando a origem ou destino do comércio de bens (com recorte geográfico por país, estado e município), além de possuir ampla cobertura temporal, possibilitando uma série histórica desde 1997.

A terceira subdimensão propõe-se a quantificar os investimentos diretos realizados na participação do capital do setor energético. Esses valores podem criar vantagens econômicas relevantes, como gerar fluxos de comércio exterior e encadeamento na formação bruta de capital fixo, além de atrair moeda estrangeira. Aponta-se, por outro lado, que esses investimentos tendem a transferir a tomada de decisões produtivas para os agentes externos e, no longo prazo, geram fuga de moeda estrangeira na forma de lucros. A variável a ser coletada corresponde aos valores das transações dos Investimentos Diretos no País (IDP), especificamente aqueles destinados à participação no capital e realizados nas empresas residentes categorizadas na Cnae do setor energético, conforme já apontado. O Banco Central do Brasil (Bacen) é responsável por compilar as estatísticas do setor externo. Entre elas, estão as transações e posições de IDP, coletadas por meio da pesquisa de Censo de Capitais Estrangeiros no País e de sistemas de Registro Declaratório Eletrônico – Módulo de Registro de Operações Financeiras (RDE-ROF). O censo constitui a maior fonte de coleta e é realizado com periodicidade quinquenal e anual.

Essa dimensão traz indicadores cujos atributos não são condizentes com variáveis relacionadas à inclusão social e à igualdade de gênero. Apenas a distribuição geográfica dos volumes transacionados poderia ser identificada.

9. Políticas e regulação

A dimensão **políticas e regulação** – subdividida em fomento e inovação (Tabela 8) – é fundamental para viabilizar a transição energética. É imperativo que haja adequações na legislação e na regulação, a fim de que as novas tecnologias possam chegar ao mercado de maneira ágil e os novos mercados tenham estabilidade e segurança institucional para viabilizar a difusão das inovações. Assim, é importante que haja políticas com estratégias prioritárias e financiamentos

específicos para as áreas de interesse em energia. Isto diz respeito não somente à geração do conhecimento, mas, principalmente, à viabilidade técnica, à prototipação e à demonstração, de forma a acelerar a chegada das tecnologias ao mercado final. As políticas públicas, ao definirem as prioridades nacionais no curto, médio e longo prazos, oferecem os sinais que podem contribuir para a tomada de decisão no setor privado. Além disso, poderão ser considerados instrumentos como tarifas diferenciadas e incentivos, que promovam a difusão das novas tecnologias em energia e permitam o acesso facilitado da sociedade às mesmas.

Tabela 8. Caracterização da dimensão **Políticas e regulação**

Dimensão	Subdimensão	Métrica	Fonte	Atributo
Políticas e regulação	Fomento	Número de instrumentos implantados por ano ou período	Coleta de dados primários, por meio de mapeamento em órgãos federais e estaduais	Categoria de energia
				Tipo de instrumento
	Inovação	Número de instrumentos implantados por ano ou período	IEA está organizando dados similares	Abrangência
				Vigência
			Regionalização	

Fonte: *Elaboração própria.*

O mapeamento inicial destes instrumentos deverá ser feito em órgãos federais e estaduais – como BNDES, MCTI, Finep, FAP, ANP, Aneel, CNPq, Ministério de Minas e Energia (MME) e Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) –, caracterizando-os de acordo com os atributos apontados na Tabela 8. Utilizando tecnologias de informação mais avançadas, um algoritmo de busca poderia ser desenvolvido para mapear automaticamente políticas e regulação na área de energia, a partir das informações disponíveis nos diários oficiais da União e dos Estados. Buscar a automatização é um caminho mais complexo e inicialmente exigiria mais recursos, mas reduziria bastante a necessidade de uma equipe dedicada a esses processos. Além disso, a própria coleta de dados e informações seria quase instantânea. Esta dimensão propõe uma análise qualitativa e, como se trata de levantamento primário, é possível incluir mecanismos específicos para mapear os atributos relacionados à inclusão social, à igualdade de gênero ou ao beneficiamento de regiões menos desenvolvidas.

10. Apoio sociopolítico

A dimensão **apoio sociopolítico** refere-se aos processos por meio dos quais os atores sociais são mobilizados e posicionam-se à direção ou aos resultados das atividades do sistema de inovação em energia (IEA, 2020b), seja em apoio ou oposição. Essa dimensão acaba por pressupor também, aspectos relacionados à percepção pública da ciência e tecnologia, neste caso, com foco na percepção pública quanto à transição energética, mudanças climáticas e tecnologias limpas (Tabela 9).

Tabela 9. Caracterização da dimensão Apoio sociopolítico

Dimensão	Métrica	Fonte	Atributo
Apoio sociopolítico	Número de menções em redes sociais, blogs e sites	Coleta de dados primários	Categoria de energia
		Plataforma Altmetrics	Local das menções
	Pessoas e instituições da sociedade civil que apoiam pesquisas em energias renováveis	Coleta de dados primários	Características do público
		Percepção pública da ciência e da tecnologia – CGEE	Categoria de energia
			Local das menções
			Características do público

Fonte: Elaboração própria.

A concepção dessa dimensão pauta-se na metodologia proposta pela IEA (IEA, 2020b), que considera necessário o apoio de uma ampla gama de atores para permitir que novas ideias surjam e alcancem os mercados. A relação com questões culturais e de comportamento também contribui para direcionar melhor as políticas e incentivos. Por exemplo: países que não têm tradição de investimentos em capital de risco e não têm a cultura da inovação e empreendedorismo terão maior resistência em desenvolver novos mercados e tecnologias.

O CGEE (2019) ressalta que conhecer e entender como a sociedade pensa e consome temas relacionados à Ciência e Tecnologia (C&T) tornaram-se fatores de grande importância, não apenas para pesquisadores, mas também para educadores, comunicadores, jornalistas e gestores envolvidos com o desenvolvimento e a implementação de políticas públicas. Nesse sentido, a pesquisa *Percepção Pública da Ciência e Tecnologia no Brasil* (CGEE, 2019) apresenta uma metodologia robusta e um questionário estruturado, que poderia vir a incluir uma sessão adicional, relativa à transição energética, com perguntas de interesse da plataforma.

Em complementação, sugere-se o uso de dados de altimetria, direcionados a mapear o impacto dos resultados de documentos específicos de interesse. Nesse caso, a busca pode associar um registro de resultado (título, doi, autores, entre outras informações) em buscas realizadas na plataforma Altmetrics, o que irá indicar o número de menções em todas as redes sociais

(Facebook, Twitter, Instagram, LinkedIn, Youtube, entre outras) e o tipo de público que a pesquisa está alcançando, permitindo análises de impacto. No caso desta dimensão, por tratar-se de coleta de dados primários, seria possível contemplar os atributos de interesse nos instrumentos de coleta, com exceção da Plataforma Altmetrics, na qual seria difícil realizar tal associação.

11. Considerações finais

Este trabalho representa um esforço pioneiro de sistematização de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação para o setor de energia brasileiro. Para viabilizar esta proposta, foi realizado o mapeamento das fontes de dados disponíveis e a identificação de um conjunto de métricas de inovação que podem subsidiar políticas de transição energética para a sustentabilidade no Brasil.

Alguns desafios metodológicos foram reportados no artigo (FURTADO *et al.*, 2023b), relativos às principais formas de **classificação dos dados** levantados, que não são compatíveis plenamente com as classificações das categorias energéticas da IEA. Isso vale para atividades econômicas, áreas do conhecimento e ocupações profissionais. Apesar disso, foi possível propor uma forma de levantamento das informações que permite a elaboração de indicadores de CT&I para o sistema de inovação em energia do Brasil, assim como sua comparabilidade internacional.

Com o intuito de responder às perguntas norteadoras, foram desenhados caminhos possíveis para a construção de um conjunto de indicadores para as nove dimensões definidas. Essas dimensões desdobraram-se em 18 subdimensões, as quais conduziram a proposta de 32 indicadores e quatro métricas. Os indicadores foram apresentados, com destaque para as bases de dados e para os atributos sociogeográficos que poderiam ser associados. Ressalta-se que alguns dos indicadores e métricas propostos não possuem levantamento regular ou sequer foram objeto de levantamento preliminar, ou seja, necessitam da coleta primária do dado. Por outro lado, notou-se uma dificuldade muito grande de obter, a partir dos dados públicos disponíveis que foram mapeados, indicadores que evidenciem atributos sociais, como sexo, nível de escolaridade e distribuição geográfica por Unidades da Federação ou regiões.

Este trabalho foi importante para a melhor compreensão da sistemática da coleta dos dados e para uma validação inicial da metodologia proposta. Além disso, atestou-se que é possível criar um sistema inicial de indicadores que permita acompanhar parte do desempenho do sistema de inovação em energia do Brasil. Nesse sentido, este exercício tem a virtude de apontar um caminho para um sistema de indicadores que poderá subsidiar a política de inovação para a transição energética no País.

Referências

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego - MTE. **Classificação Brasileira de Ocupações**. 3. ed. Brasília: 2010. 828 p. (v. 1). Disponível em: https://portalfat.mte.gov.br/wp-content/uploads/2016/04/CBO2002_Liv3.pdf

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Percepção pública da C&T no Brasil – 2019**. Resumoeexecutivo. Brasília, DF: 2019. 24p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/CGEE_resumoeexecutivo_Percepcao_pub_CT.pdf/ce15e51d-d49d-4d00-abc-f3b857940c4c7?version=1.2

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL. **Construir un nuevo futuro**: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. Naciones Unidas, CEPAL (LC/SES.38/3-P/Rev.1): Santiago de Chile, 2020. Disponível em: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46227/1/S2000699_es.pdf

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL; CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil: dados para um grande impulso energético**, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/62; LC/BRS/TS.2020/4). CEPAL: Santiago, 2020. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/45908-panorama-investimentos-inovacao-energia-brasil-dados-grande-impulso-energetico#:~:text=O%20Escrit%C3%B3rio%20da%20CEPAL%20em,energ%C3%A9tica%20em%20bases%20sustent%C3%A1veis%20no>

COORDENAÇÃO DE AERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES. **Tabela das Áreas do Conhecimento**. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/instrumentos/documentos-de-apoio-1/tabela-de-areas-de-conhecimento-avaliacao>. Acesso em: mar. 2021.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F.H.S. O mapeamento da infraestrutura científica e tecnológica no Brasil. In: DE NEGRI, F.; SQUEFF, F.H.S. (orgs.) **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**, Brasília: IPEA, FINEP, CNPq, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6016/1/Sistemas%20setoriais%20de%20inova%C3%A7%C3%A3o%20e%20infraestrutura%20de%20pesquisa%20no%20Brasil.pdf>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Panorama dos investimentos de inovação em energia no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com/inova-e/>

EUROPEAN PATENT OFFICE - EPO. **Finding sustainable technologies in patents**. European Patent Office. EPO: Munich, Germany, 2013. Disponível em: https://e-courses.epo.org/pluginfile.php/1238/mod_resource/content/4/sustainable_technologies_brochure_en.pdf

FURTADO, A.T. Trajetória tecnológica da Petrobrás na produção offshore. **Espacios** Caracas - Venezuela, v. 17, n.3, p. 31-66, 1996. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a96v17n03/30961703.html>

FURTADO, A.T.; SCANDIFFIO, M.I.G.; CORTEZ, L.A.B. The Brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, v. 39, p. 156-166, 2011. Disponível em: <https://www.nipe.unicamp.br/docs/publicacoes/thebrazil.pdf>

FURTADO, A.T.; CARVALHO, S.A.D. de; BENELI, D.S.; ROCHA, B.B.; Poppe, M. Mapeamento estratégico de indicadores em Ciência, tecnologia e inovação em energia; fundamentação teórica e desenho da metodologia. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023a.

FURTADO, A.T.; CARVALHO, S.A.D. de; BENELI, D.S.; ROCHA, B.B.; Poppe, M. Mapeamento estratégico de indicadores em Ciência, tecnologia e inovação em energia; classificação para construção dos indicadores. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023b.

FURTADO, A.T.; HEKKERT, M.P.; NEGRO, S.O. Ofactors, functions, and fuels: exploring a second generation ethanol transition from a technological innovation systems perspective in brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101706, dez. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629620302814?via%3Dihub>

GARCIA, R.C. (coord.). Dimensão Regional dos esforços de CT&I no Estado de São Paulo. In: FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, cap. 8, 2011. Disponível em: <https://fapesp.br/indicadores/2010/volume2/cap8.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Demografia das empresas e estatísticas de empreendedorismo: 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020, 131p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/empreendedorismo/22649-demografia-das-empresas-e-estatisticas-de-empreendedorismo.html>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas - Versão 2.0**: estrutura detalhada e notas explicativas. Rio de Janeiro: IBGE, 2007, 284p. Disponível em: https://concla.ibge.gov.br/images/concla/downloads/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20_NotasExplicativas.pdf. Acesso em: 03 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **PINTEC – Pesquisa e Inovação**. s.d. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Tracking clean energy innovation: a guide to the issues and indicators**. Paris: IEA. 2020a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy Technology Perspectives 2020**. Special Report on Clean Energy Innovation. Paris: IEA. 2020b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics**. Paris: OECD/IEA. 2011. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a2f370cf-873e-486f-935d-c2a117e14ba6/IEAGuidetoReportingEnergyRDDBudget-ExpenditureStatistics.pdf>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Net zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector**. Paris: IEA. 2021. 24p. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ebafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers_CORR.pdf

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Tracking public investment in energy technology research – A roadmap**. Paris: IEA. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-public-investment-in-energy-technology-research-a-roadmap>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP. **Instruções para a utilização dos Microdados do Censo de Educação Superior**. Brasília: Inep, 2019.

NEGRO, S.O.; HEKKERT, M.P.; SMITS, R.E. Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion—A functional analysis. **Energy Policy**, v. 35, n. 2, p. 925-938, fev. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mp-Hekkert/publication/46677625_Explaining_the_failure_of_the_Dutch_innovation_system_for_biomass_digestion_-_A_functional_analysis/links/5a83e9e545851504fb3aa994/Explaining-the-failure-of-the-Dutch-innovation-system-for-biomass-digestion-A-functional-analysis.pdf

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Eurostat-OECD manual on business demography statistics**. Paris: OECD; Luxembourg: Eurostat, 2007. 99 p. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/statmanuals/files/KS-RA-07-010-EN.pdf>

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD. **Manual on the measurement of human resources in science and technology**. Paris: Oecd Publishing, 1995. 111 p. (Família Frascati - Manual de Canberra).

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE - UNECE. **Guidelines on the use of statistical business registers for business demography and entrepreneurship statistics**. Geneva: Unece, 2018. 150 p. Disponível em: <https://unece.org/DAM/stats/publications/2018/ECECESSTAT20185.pdf>

SEÇÃO 4

IMPACTOS DE AÇÕES ANTRÓPICAS NO MEIO AMBIENTE

Altamira (PA): Análise histórica a partir de *dashboards*
de desmatamento

Pensando águas no território Kalunga (Go), a partir de dados do
Mapbiomas Águas

Altamira (PA): Análise histórica a partir de *dashboards* de desmatamento

Gabriel Klein Ramos¹, Vanessa Pozzi Zoch², Clarisse Touginha Guerreiro³, Júlia Medina Coelho Galdino⁴,
Pedro Bruzzi Lion⁵, Gustavo Macedo de Mello Baptista⁶

Resumo

A Amazônia tem consolidada importância para a manutenção do clima na Terra. No recorte territorial da Amazônia Legal, destaca-se o Estado do Pará, tanto por sua extensão territorial quanto pela liderança no nível de desmatamento em sucessivos anos. De modo específico, o município de Altamira (PA) é marcado por índices de desmatamento elevados e consistentes ao longo das décadas. O presente estudo analisa o histórico do Estado do Pará e do município de Altamira, por meio de dados extraídos dos *dashboards* dos projetos MapBiomas e TerraBrasilis. Os resultados demonstraram que o desflorestamento também se alastra por áreas

Abstract

The Amazon rainforest has consolidated importance for climate maintenance on Earth. In the territorial area of the Legal Amazon, the state of Pará stands out for its territorial extension and leadership in the deforestation rate in successive years. Likewise, the Altamira municipality (in Pará State) has been marked by its high rates of deforestation. The present study analyzes the history of deforestation in the State of Pará and Altamira municipality, using data from the dashboards of Mapbiomas and Terrabrasilis projects. The results showed that deforestation also spreads through protected

- 1 Engenheiro ambiental pela Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB). Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável da UnB (PPGCDS/UnB).
- 2 Engenheira florestal pela FT/UnB. Mestranda no PPGCDS/UnB.
- 3 Bióloga pela Universidade Luterana do Brasil. Mestranda no PPGCDS/UnB.
- 4 Engenheira ambiental pela FT/UnB. Mestranda no PPGCDS/UnB.
- 5 Engenheiro florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Mestrando no PPGCDS/UnB.
- 6 Professor associado III do Instituto de Geociências da UnB.

protegidas. Soluções que associem diversas políticas públicas podem ser caminhos para a redução destes índices na região.

areas. Solutions that combine different policies can be ways to reduce deforestation in the region.

Palavras-chaves: Desmatamento. Amazônia. Pará. Altamira. Dashboards.

Keywords: Deforestation. Amazon rainforest. Pará. Altamira. Dashboards.

1. Introdução

A região amazônica tem consolidada importância para a manutenção do clima na Terra. Por ser uma grande fonte de vapor d'água, interferências em sua integridade produzem impactos no regime de chuvas e no ciclo hidrológico (NOBRE *et al.*, 2009). Além disso, os ecossistemas da bacia Amazônica possuem capacidade de armazenar grandes quantidades de carbono – algo entre 150 bilhões e 200 bilhões de toneladas – no solo e na vegetação (PAINEL DE CIÊNCIAS PARA A AMAZÔNIA, 2021). Esta condição crítica torna inevitável a análise dos fatores que ameaçam o estado de conservação desse bioma, dentre eles o desflorestamento.

A Amazônia Legal, com seus 5.015.068,18 km² distribuídos em nove Estados, corresponde a 58,9% do território brasileiro. Neste recorte territorial, o Estado do Pará destaca-se tanto por sua extensão territorial (1.245.870,7 km²) quanto por manter-se no topo dos Estados que mais desmatam desde 2017 (ALENCAR *et al.* 2022). De modo específico, o município de Altamira (PA), com seus 159.533,306 km², também é marcado por altos índices de desmatamento, mesmo apresentando 90,16% do seu território protegido. São 77.470,24 km² de Terras Indígenas (TI) homologadas; 56.171,64 km² de Unidades de Conservação (UC) federais; e 10.193,56 km² de UC estaduais.

O *Relatório Anual do Desmatamento no Brasil de 2021* (MAPBIOMAS, 2022), publicado em julho de 2022, afirma que, em 2021, pelo menos um evento de desmatamento foi detectado e validado em 2.889 dos 5.570 municípios brasileiros. No *ranking* dos dez municípios que mais desmataram, todos estão na Amazônia. Entre os 2.889 municípios registrados, apenas 50 respondem por 49,4 % da área total desmatada no Brasil – e 15 deles estão no Pará. Altamira (PA) foi o município com maior desflorestamento detectado no Brasil, com uma média de 174,8 hectares por dia entre 2019 e 2021 (AZEVEDO *et al.* 2021).

Importa mencionar que diversas intervenções e grandes empreendimentos, conduzidos sob a justificativa da ocupação e integração dos territórios do País, entrecortaram o Estado do Pará e especificamente o município de Altamira. Nos anos 1970, o Programa de Integração Nacional

(PIN) foi determinante para o início da construção de duas rodovias federais projetadas para a transpassar a região: a Cuiabá-Santarém (BR-163) e a Transamazônica (BR-230) (BEMERGUY, 2021).

Estes empreendimentos atraíram uma grande quantidade de famílias para a região, resultando em alterações profundas na malha urbana-rural (BEMERGUY, 2021). Atualmente, as áreas onde estas rodovias inserem-se são citadas como críticas em relação à perda florestal (ALENCAR *et al.* 2022).

A relação entre migração e formação de corredores de acessos, por meio da construção de estradas, é assinalada como um dos principais originadores do desmatamento. No caso de Altamira, a migração de núcleos familiares também estava prevista nas políticas públicas de integração da região com restante do Brasil, visando à formação de assentamentos de colonos e pequenos produtores nas margens destas estradas federais (COELHO; TOLEDO; LOPES, 2022). Esta estratégia, no entanto, foi alterada pouco tempo depois, com a criação do Programa de Polos Agropecuários e Minerais da Amazônia (em 1974), que proporcionou a atração de grandes empreendimentos agropecuários (COELHO; TOLEDO; LOPES, 2022).

A legislação brasileira – que autoriza a reivindicação da terra pela comprovação produtiva de seu uso – associada a essas políticas de desenvolvimento da região, também contribuiu para o aumento das taxas de desmatamento (CARVALHO *et al.*, 2011). O resultado observado nas últimas décadas foi uma considerável expansão agrícola. Um estudo realizado por Bernardes (2022) conclui que a expansão do agronegócio na Amazônia apresenta praticamente todas as características das fronteiras agrícolas do Cerrado nos anos 1970, principalmente:

- Inserção na chamada **globalização dos mercados**, voltada à homogeneização da produção;
- Disponibilidade de terras a baixos preços; e
- Agudização dos conflitos, principalmente aqueles relacionados ao controle da terra e à grilagem.

Outro acontecimento relevante na região foi a instalação da Usina de Belo Monte, em 2011, que contribuiu para o aumento do fluxo migratório para Altamira. Apesar da justificativa de ser uma fonte de energia ambiental limpa e sustentável, a Usina Hidrelétrica tem sido apontada como fonte de diversos conflitos sociais e ambientais (FERREIRA; CARVALHO, 2021).

O município de Altamira foi escolhido como objeto deste estudo por ter apresentado elevados níveis de desmatamento nos últimos anos – inclusive no interior de territórios protegidos – e por concentrar diversos conflitos por terra, associados a altos índices de vulnerabilidade social. O

objetivo do presente artigo é analisar o histórico do município por meio dos dados de *dashboards* disponibilizados por projetos de monitoramento de desmatamento e avaliar as possíveis causas e soluções do desflorestamento na região.

2. Materiais e métodos

Para analisar a série histórica do desmatamento dentro da divisa do Estado do Pará e especificamente dos limites do município de Altamira, foram utilizados dados disponibilizados nos *dashboards* dos projetos Mapbiomas e TerraBrasilis - sendo este último com ênfase nos mapeamentos do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (Prodes) - (MAPBIOMAS, 2019; INPE, 2022).

O Mapbiomas é uma rede colaborativa entre Organizações Não Governamentais (ONG), universidades e *startups* de tecnologia. Em uma plataforma *on-line*, o projeto produz o mapeamento anual da cobertura e uso do solo e monitora mensalmente a superfície de água e de cicatrizes de fogo, com dados desde 1985. As imagens utilizadas na plataforma são do programa de satélites *Landsat*, com resolução espacial de 30 metros e com uma série temporal de mais de 30 anos.

O TerraBrasilis, por sua vez, é uma plataforma *on-line* desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) para acesso, consulta, análise e disseminação de dados geográficos gerados pelos projetos de monitoramento da vegetação nativa da instituição. Entre eles, destacam-se o Prodes e o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (Deter). O Prodes teve início em 1988 e sua principal função é mensurar as taxas anuais de corte raso nos biomas Amazônia e Cerrado. Sua base de imagens é composta pelos satélites dos programas *Landsat*, CBERS e *Sentinel*, com resolução espacial de 30 metros e capacidade de detecção de áreas desmatadas a partir da dimensão de 6,25 ha (hectares). O Deter foi iniciado em 2004 com a função de gerar alertas diários para agilizar e qualificar a fiscalização ambiental na Amazônia. São utilizadas imagens dos satélites CBERS e Amazonia 1, com resolução espacial de 60 metros e perdas identificadas a partir dos 3 ha. Para análise do desmatamento em Terras Indígenas e Unidades de Conservação federais e estaduais, foram utilizados os *shapefiles* disponibilizados nos sítios oficiais:

- do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), para as UC federais;
- da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), para as UC estaduais;

- da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (Funai), para as TI homologadas; e
- do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para os limites municipais de Altamira.

Utilizou-se a ferramenta recorte do *software* QGIS para verificar as respectivas feições que se encontravam dentro do território de Altamira. Os arquivos *shapefiles* gerados foram submetidos à ferramenta *deforestation-regeneration* do Mapbiomas, dentro do *Google Earth Engine*, para extrair os dados de desmatamento nos respectivos territórios.

Por fim, os dados de uso e ocupação da terra disponíveis no Mapbiomas, para o período de 1985 a 2021, também foram extraídos e analisados graficamente para auxiliar a avaliação das possíveis causas do desmatamento no município de Altamira.

3. Resultados e discussão

A partir da análise de dados extraídos dos *dashboards* do Mapbiomas, foi possível obter informações da série histórica do desmatamento para a classe de vegetação primária no Estado do Pará, entre os anos de 1987 e 2020; e especificamente no município de Altamira, entre os anos de 1990 e 2020. Pelo projeto Prodes, do TerraBrasilis, foi possível obter informações de taxas de desmatamentos no Estado do Pará, entre 1988 e 2022; e de incrementos de desmatamentos específicos do município de Altamira, entre 2008 e 2022. Adicionalmente, a ferramenta *deforestation-regeneration* do Mapbiomas, inserida na plataforma *Google Earth Engine*, permitiu observar a série histórica do desmatamento dentro das UC e TI do município de Altamira. Porém, nesta aproximação, alguns anos careceram de informações.

3.1. Série histórica do desmatamento no Estado do Pará e no município de Altamira

A análise de dados do *dashboard* do módulo de desmatamento do Mapbiomas mostram o histórico de desmatamento em vegetação primária no Estado do Pará, de 1987 a 2020 (Gráfico 1); e especificamente no município de Altamira, de 1990 a 2020 (Gráfico 2).

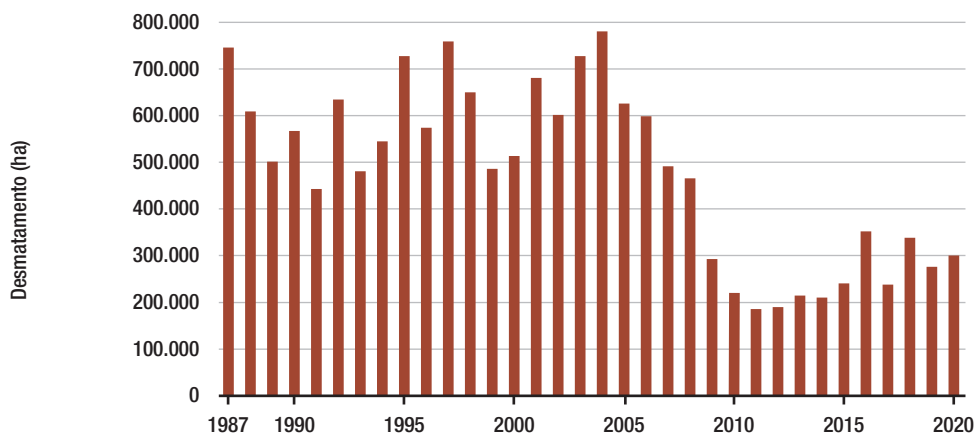


Gráfico 1. Área (hectares) anual de desmatamento em vegetação primária no Estado do Pará, entre 1987 e 2020

Fonte: Mapbiomas, 2022.

No Pará, o desmatamento em área de vegetação primária alcançou o máximo de 777.873 ha, em 2004; e o mínimo de 181.532 ha, em 2011 (Gráfico 1). A média de supressão de vegetação primária no Estado entre 1987 e 2020 foi de 475.702 ha/ano.

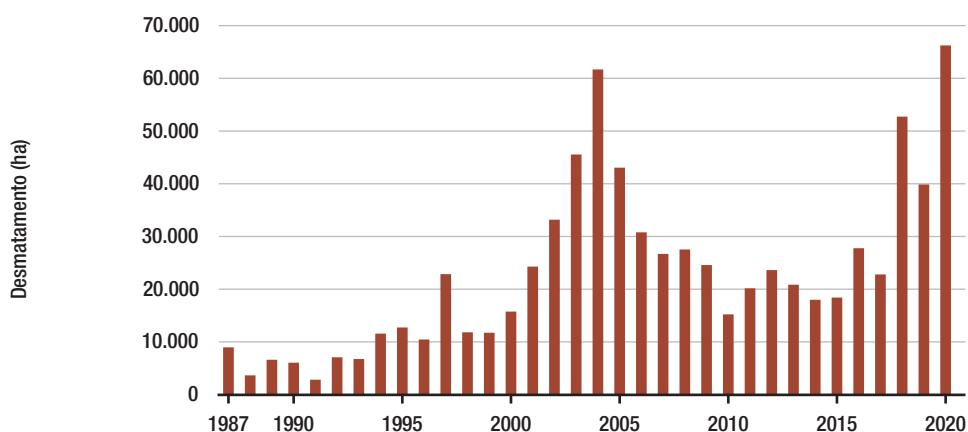


Gráfico 2. Área (hectares) anual de desmatamento em vegetação primária no município de Altamira, entre 1990 e 2020

Fonte: Mapbiomas, 2022.

Em Altamira, o máximo foi de 66.305 ha, em 2020; e o mínimo foi de 2.706 ha, em 1991 (Gráfico 2). A média de supressão em vegetação primária no município entre 1987 e 2020 foi de 22.946 ha/ano.

Tanto em âmbito estadual quanto na esfera do município de Altamira, os valores totais cresceram até 2005 e, a partir daquele ano, começaram a apresentar uma tendência de queda que seguiu até 2010. Entre 2010 e 2020, há um aumento expressivo do desmatamento da vegetação primária no município. No Pará, a tendência de elevação das taxas foi mais discreta, com picos em 2016 e 2019.

Na aproximação Prodes, do portal TerraBrasilis, o Pará é o Estado com as maiores taxas acumuladas na Amazônia Legal entre 1988 e 2022: foram 166.753 km² desmatados no período, o que representa 34,61% dos registros de toda a região. O ano mais expressivo foi 2004, com 8.900 km² desmatados (Gráfico 3).

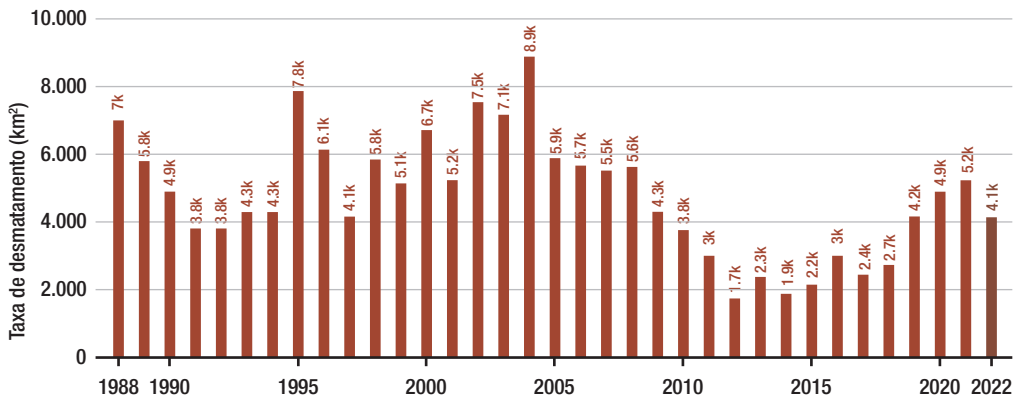


Gráfico 3. Taxas de Desmatamento no Pará entre 1988 e 2022

Fonte: PRODES - TerraBrasilis, (INPE, 2022).

Altamira foi o município da Amazônia Legal com maior incremento de desmatamento acumulado no período de 2008 a 2022 (Gráfico 4), totalizando 6.127,36 km² de área desmatada, com maior incremento em 2008 (13.300,14 km²).

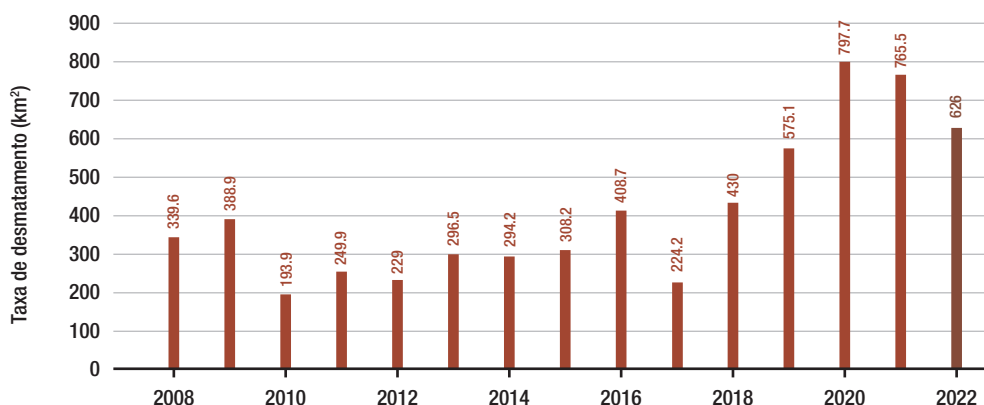


Gráfico 4. Incrementos de desmatamento no município de Altamira (PA) entre 2008 e 2022

Fonte: Prodes - TerraBrasilis, (INPE, 2022).

3.2. Série histórica do desmatamento nas Unidades de Conservação e Terras Indígenas em Altamira

O presente artigo analisou as séries históricas do desmatamento em Terras Indígenas (TI) homologadas e Unidades de Conservação (UC) federais e estaduais situadas inteira ou parcialmente dentro dos limites de Altamira. A análise foi realizada a partir da ferramenta *deforestation-regeneration* do Mapbiomas, inserido na plataforma *Google Earth Engine*.

Para tanto, foram extraídas em formato *shapefile* as bases de UC federais do portal oficial do ICMBio; de UCs estaduais do portal da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA); de TI do portal oficial da Funai; e de rodovias do portal da ANA com dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Os recortes dessas bases com os limites do município de Altamira permitiram observar que a área em questão possui 7 UC federais, 2 UC estaduais e 12 TI homologadas. A Figura 1 apresenta essa distribuição no território, além das localizações da BR-163, BR-230 e Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

As UC federais localizadas em Altamira dividem-se em quatro categorias de uso sustentável (US) e três categorias de proteção integral (PI), conforme Tabela 1:

Tabela 1. Categorias das Unidades de Conservação federais em Altamira

Categorias de uso sustentável	Categorias de proteção integral
Floresta Nacional de Altamira	Estação Ecológica da Terra do Meio
Reserva Extrativista Riozinho do Anfrísio	Parque Nacional da Serra do Pardo
Reserva Extrativista Rio Iriri	Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo
Reserva Extrativista Rio Xingu	-

Fonte: Elaboração própria.

As UC estaduais, por sua vez, são: Floresta Estadual do Iriri (US) e a Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu (US). As TI obtidas pelo recorte são: Arara, Araweté Igarapé Ipixuna, Baú, Cachoeira Seca, Ituna/Itatá, Kararaô, Koatinemo, Kuruáya, Menkragnoti, Panará, Trincheira Bacaja e Xipaya.

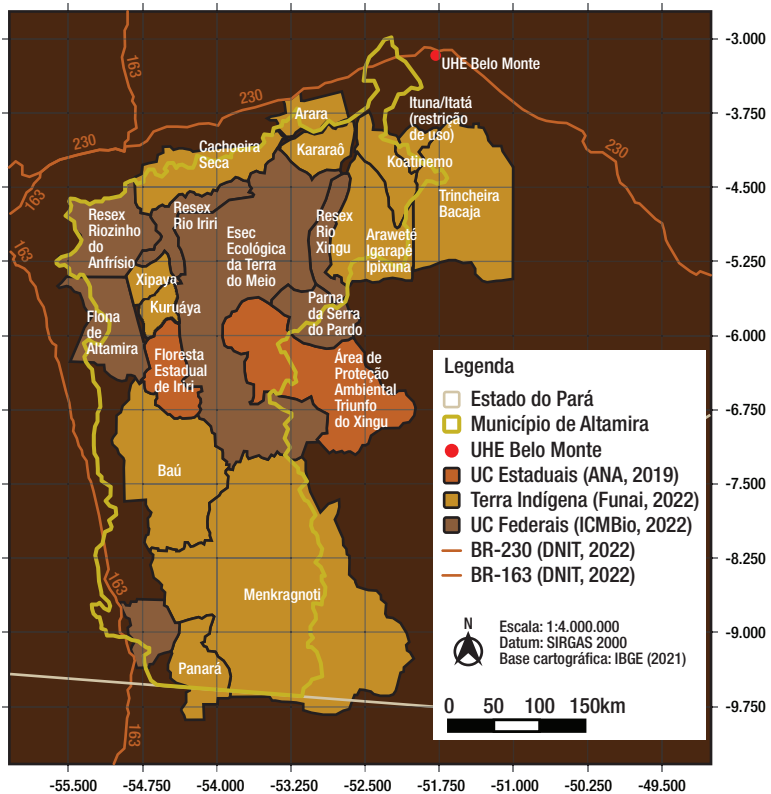


Figura 1. Mapa de localização

Fonte: Elaboração própria com base em (SIRGAS, 2000; IBGE, 2022).

Os *shapefiles* com a área de cada uma das categorias foram submetidos à ferramenta *deforestation-regeneration*, utilizando a coleção 7.0 e possibilitando a obtenção de dados de desmatamento entre 1988 e 2019 nas respectivas UC e TI.

No recorte dos territórios das UC federais com os limites de Altamira e os dados da abordagem utilizada, pode-se observar que quatro Unidades de Conservação são historicamente alvos de maior pressão de desmatamento de vegetação primária (Gráfico 5): Estação Ecológica (Esec) Terra do Meio (PI, criada em 2005), Floresta Nacional (Flona) de Altamira (US, criada em 1998), Parque Nacional (Parna) da Serra da do Pardo (PI, criada em 2005) e Reserva Biológica (Rebio) Nascentes da Serra do Cachimbo (PI, criada em 2005).

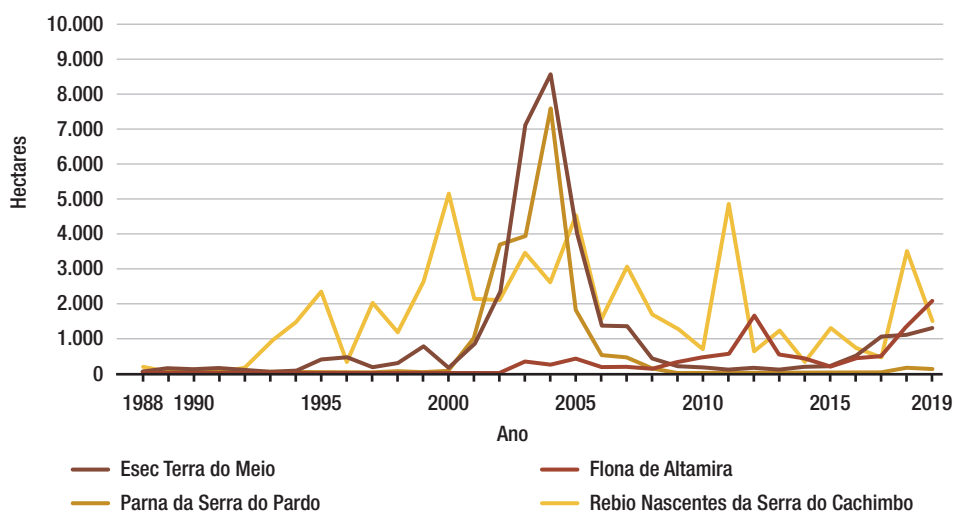


Gráfico 5. Desmatamento em vegetação primária nas Unidades de Conservação federais mais desmatadas do município de Altamira (PA), entre 1988 e 2019

Fonte: Mapbiomas, 2022.

Considerando o ano de criação de cada uma dessas UC, os respectivos anos de maior desmatamento de vegetação primária foram:

- 2005, na Esec Terra do Meio (4.176,4 ha);
- 2019 na Flona de Altamira (2.703,9 ha);
- 2005 no Parna da Serra da do Pardo (1.813,5 ha); e

- 2011 na Rebio Nascentes da Serra do Cachimbo (4.925,2 ha).

Desconsiderando a data de criação destes territórios, encontra-se o seguinte cenário:

- 2004, na Esec Terra do Meio (8.606,6 ha);
- 2019 na Flona de Altamira (2.703,9 ha);
- 2004 no Parna da Serra da do Pardo (7.633,3 ha); e
- 2000 na Rebio Nascentes da Serra do Cachimbo (5.206,6 ha).

Para os municípios e UC, o Prodes permite analisar os incrementos de desmatamento no período de 2008 a 2022. Entre as UC federais do município de Altamira, a Flona de Altamira, a Esec da Terra do Meio e a Rebio Nascentes Serra do Cachimbo aparecem, respectivamente, nas 6ª, 9ª e 13ª posições dos maiores incrementos de desmatamento acumulado na Amazônia Legal no período. A Flona de Altamira teve seu pico de incremento de desmatamento em 2020 (58,53 km²); a Esec Terra do Meio, em 2022 (48,06 km²); e a Rebio Nascentes Serra do Cachimbo, em 2020 (26 km²).

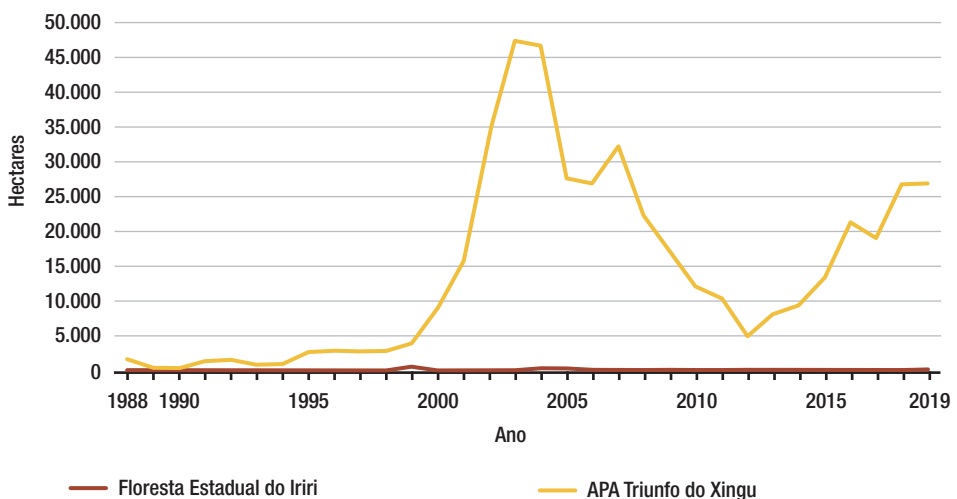


Gráfico 6. Desmatamento em vegetação primária nas Unidades de Conservação Estaduais do município de Altamira - PA, entre os anos de 1988 e 2019

Fonte: Mapbiomas, 2022.

No recorte dos territórios das UC estaduais, pode-se observar que a Área de Proteção Ambiental (APA) Triunfo do Xingu é historicamente o maior alvo de desmatamento de vegetação primária em Altamira (Gráfico 6).

Considerando o ano de criação das duas UC (2006), os respectivos anos de maior desmatamento de vegetação primária foram:

- 2007, na APA Triunfo do Xingu (32.279,79 ha); e
- 2019 na Floresta Estadual do Iriri (140,51 ha).

Desconsiderando a data de criação destes territórios, encontra-se o seguinte cenário:

- 2003 e 2004, na APA Triunfo do Xingu (47.428,65 ha e 46,789,9 ha, respectivamente); e
- 2004 na Floresta Estadual do Iriri (336,96 ha).

Em relação ao recorte das TI com o município de Altamira, observa-se que as TI mais desmatadas em vegetação primária no período observado (Gráfico 7) são:

- Cachoeira Seca (total de 44.967,23 ha no período de 1988 a 2019, com pico de 11.815,03 ha em 2018);
- Ituna/Itatá (total de 44.967,23 ha no período de 1988 a 2019, com pico de 4.685,03 ha em 2019); e
- Panará (total de 44.967,23 ha no período de 1988 a 2019, com pico de 2.351,69 ha em 1997).

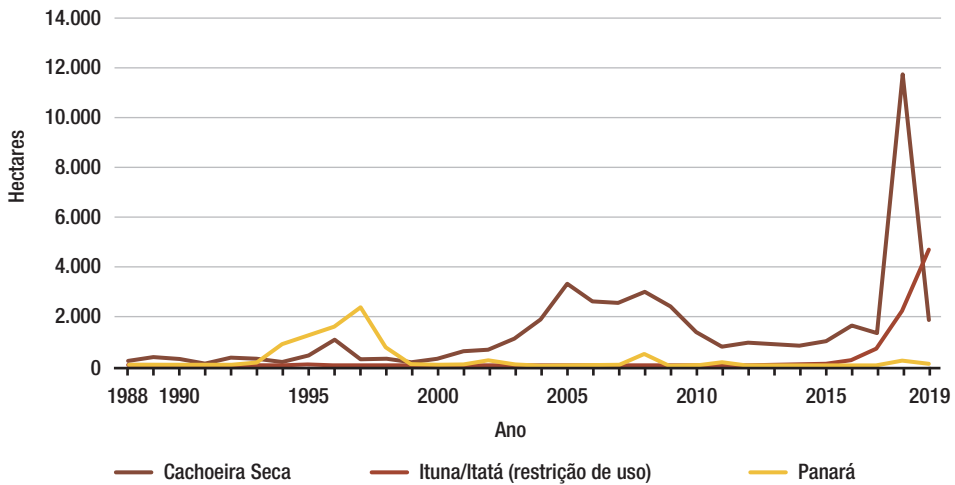


Gráfico 7. Desmatamento em vegetação primária nas Terras Indígenas mais desmatadas do município de Altamira (PA) entre 1988 e 2019

Fonte: Mapbiomas, 2022.

Os dados do projeto Prodes sobre incrementos de desmatamento nas TI na Amazônia Legal de 2008 a 2022 apontam:

- Cachoeira Seca foi a segunda Terra Indígena mais desmatada no período (418,05 km², 10,63%);
- Ituna/Itatá ficou com a terceira posição (238,24 km², 6,06%); e
- Trincheira/Bacajá aparece em quinto lugar (130,89 km², 3,33%).

Os anos que tiveram o maior incremento de desmatamento nessas TI, no período, foram: 2020, na Cachoeira Seca (72,49 km²); 2019, na Ituna/Itatá (119,96 km²); e 2021, na Trincheira/Bacajá (35,63 km²).

Por fim, a Figura 2 apresenta um panorama do Estado do Pará, com base no arquivo de Incremento no Desmatamento da Amazônia Legal a partir de 2008 disponível na plataforma TerraBrasilis. Com a base de dados contendo os polígonos de desmatamento com a série histórica de 2008 a 2021, foi possível gerar o mapa de concentração Kernel, que permite visualizar as regiões no Estado do Pará onde ocorreu a maior concentração de desmatamentos de acordo com a referida base. O mapa também agregou um destaque ao município de Altamira, às Terras Indígenas e às Unidades de Conservação. Também é possível observar a influência das rodovias.

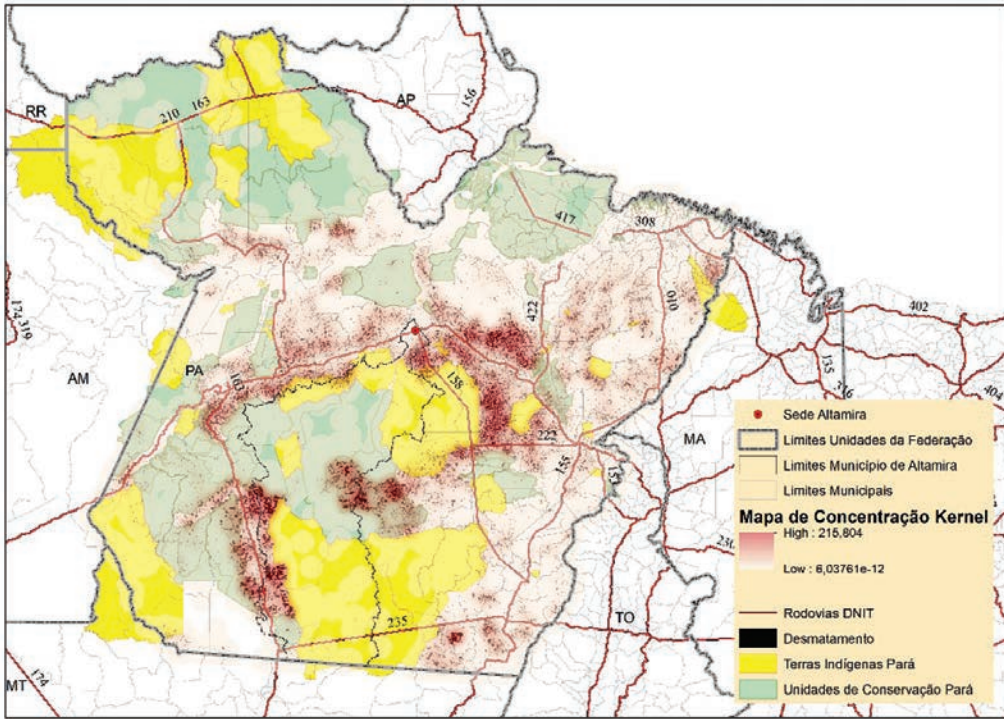


Figura 2. Mapa de concentração Kernel do desmatamento em UC e TI do Estado no Pará

Fonte: Elaboração própria.

3.3. Dinâmica de ocupação e uso da terra

Compreender a dinâmica de uso da terra associada aos marcos históricos de desenvolvimento e ocupação do território auxilia na reflexão sobre as possíveis causas que levaram Altamira a estar no *ranking* dos municípios da Amazônia Legal que mais desmataram nos últimos anos.

A atividade agropecuária destaca-se como aquela que mais expandiu na região, principalmente nas últimas duas décadas, passando de 181.367 hectares, em 2000, para 1.031.420 ha, em 2021. O crescimento foi de 468,7% no período, ou seja: a área ocupada hoje é aproximadamente cinco vezes maior do que no ano 2000 (Gráfico 8).

Das atividades agropecuárias, a mais relevante em termos de ocupação da terra é a pecuária de animais de grande porte. No ano de 2021, as pastagens representaram cerca de 98% da área total ocupada por atividades agropecuárias em Altamira, totalizando 1.012.265,82 ha, como mostra o Gráfico 9.

O cultivo de soja, ainda que pouco representativo se comparado a outras atividades agropecuárias, também chama atenção pelo rápido crescimento no município, principalmente nos últimos sete anos. A área cultivada com soja cresceu de 156 ha, em 2015, para 4.987 ha, em 2021, um aumento de 3096% (Gráfico 10).

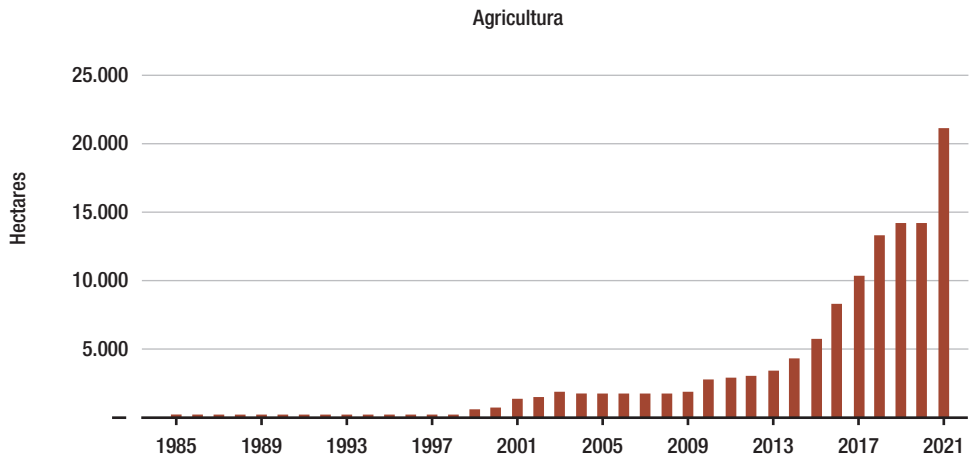


Gráfico 8. Expansão da atividade agrícola (em hectares) no município de Altamira, de 1985 a 2021

Fonte: Mapbiomas, 2021.

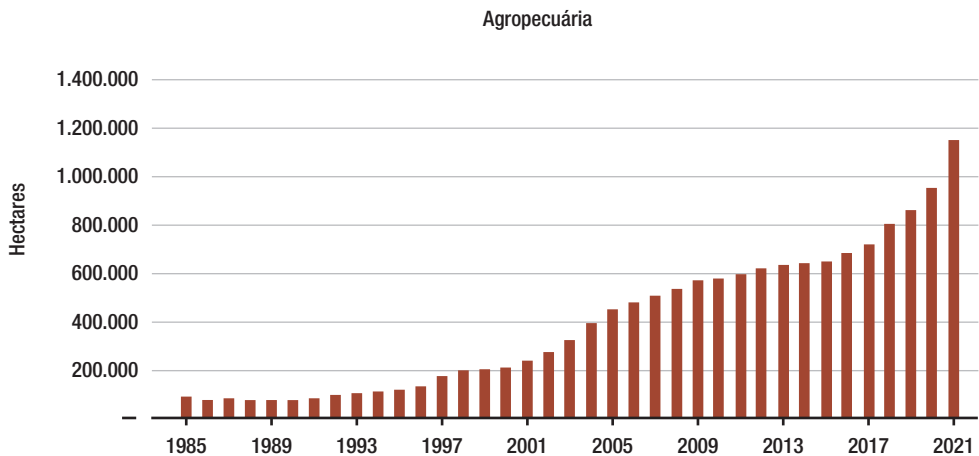


Gráfico 9. Expansão da atividade agropecuária (em hectares) no município de Altamira, de 1985 a 2021

Fonte: Mapbiomas, 2021.

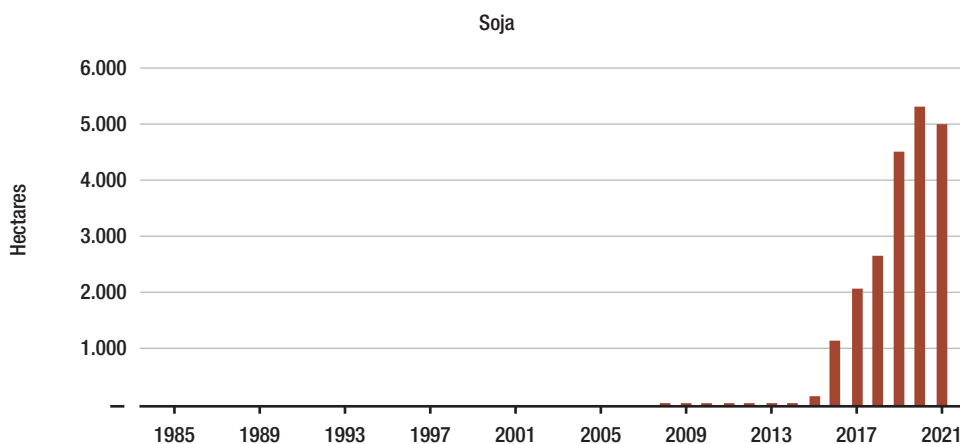


Gráfico 10. Expansão da área de cultivo de soja (em hectares) no município de Altamira, de 1985 a 2021

Fonte: Mapbiomas, 2021.

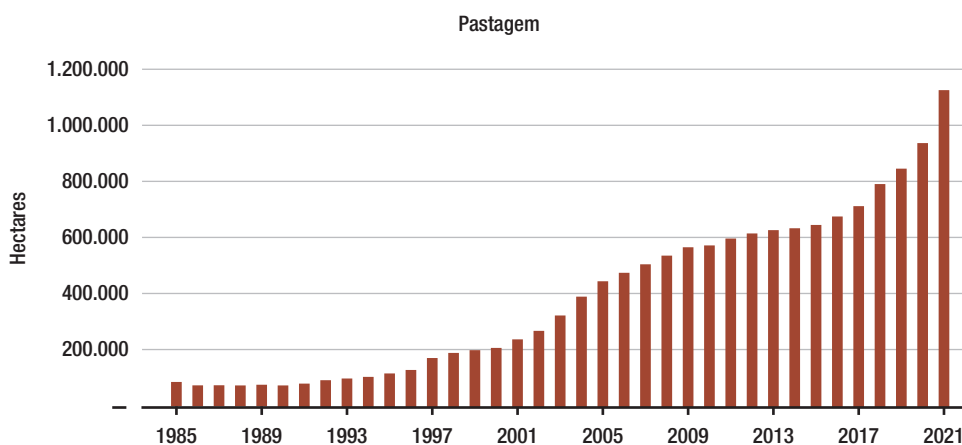


Gráfico 11. Expansão das áreas de pastagem (em hectares) no município de Altamira, de 1985 a 2021

Fonte: Mapbiomas, 2021.

A atividade de mineração no município de Altamira manteve-se relativamente constante nas últimas duas décadas, com crescimento expressivo no final dos anos 1980 e estabilização a partir dos anos 2000. Dados extraídos do Mapbiomas mostram que quase a totalidade da área ocupada pela mineração é destinada à atividade de garimpo de ouro. Em 2021, o garimpo de ouro representou 98,36% de toda a atividade de mineração na região, sendo os 1,64% restantes representados pela extração de estanho.

Por ser uma atividade de difícil fiscalização e muitas vezes realizada sem estudos ambientais prévios, o garimpo tende a gerar tensões no território em que se instala, tanto pelos conflitos sociais quanto pelos impactos ambientais. Palheta *et al.* (2018) destacaram os impactos causados pela mineração industrial e pela atividade garimpeira sofridos por comunidades quilombolas, extrativistas, ribeirinhas e de pescadores artesanais em municípios no Estado do Pará.

Os conflitos pela posse da terra, a violência no campo e a dificuldade dos pequenos proprietários em garantir a titulação da terra são alguns dos problemas relacionados à mineração identificados nos municípios estudados (PALHETA *et al.*, 2018). Somados a estes problemas, há também os impactos ambientais associados ao garimpo – a exemplo da intoxicação por mercúrio –, que muitas vezes não são reparados e afetam diretamente a saúde da população.

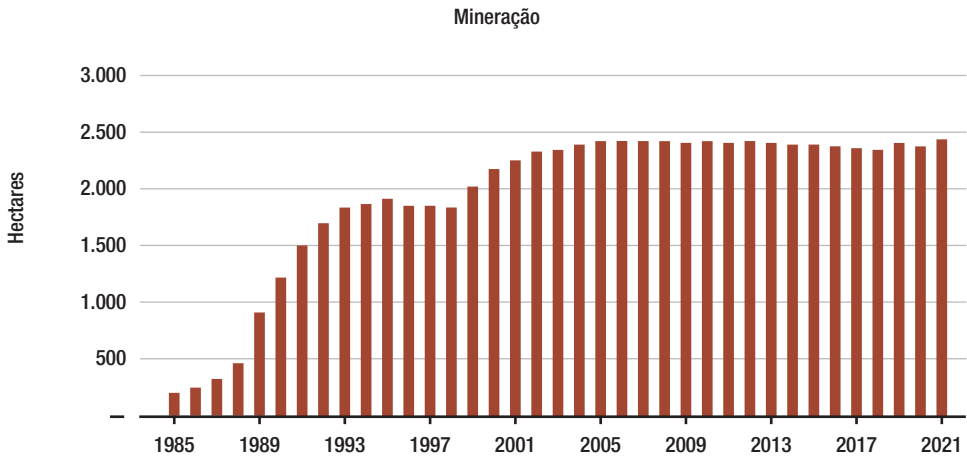


Gráfico 12. Expansão da atividade de mineração (em hectares) no município de Altamira de 1985 a 2021

Fonte: Mapbiomas, 2022.

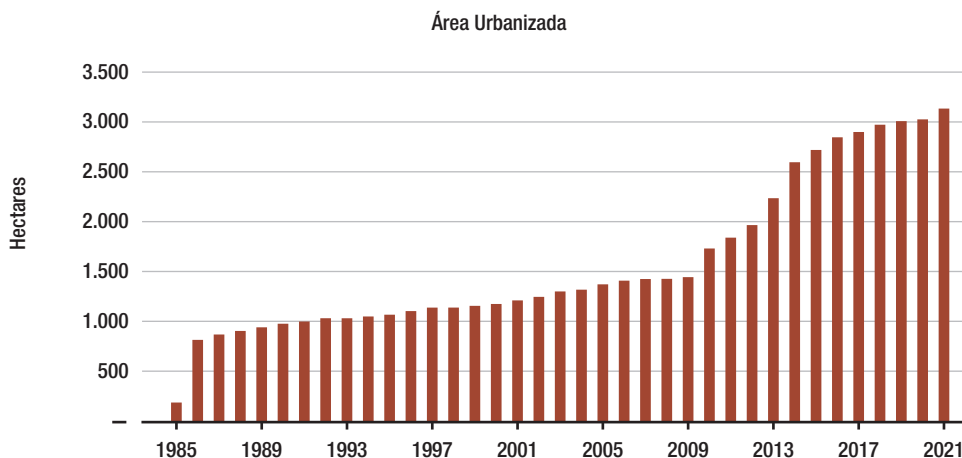


Gráfico 13. Expansão da área urbanizada (em hectares) no município de Altamira, de 1985 a 2021

Fonte: Mapbiomas, 2022.

A área urbanizada do município de Altamira apresentou uma expansão expressiva na última década. Em 2009, a área urbana ocupava 1.445 hectares do território. Em 2021, esse número mais do que dobrou e chegou a 3.111 ha, um aumento de 115%.

A observação dos gráficos de uso e ocupação da terra permite aferir que esse crescimento não está relacionado apenas à instalação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, iniciada em 2011, mas também ao aumento significativo da atividade agropecuária e, conseqüentemente, da demanda por bens e serviços relacionados. Outros fatores que também podem estar associados ao rápido crescimento urbano são as obras de melhoramento de rodovias federais, como a BR-163/PA, que facilitam a logística de transporte de pessoas e carga, bem como o acesso a regiões no interior do município.

Para Pimentel e Ravena (2022), o crescimento urbano do município de Altamira, principalmente após a instalação de Belo Monte, não teve como base um planejamento focado em mudanças estruturais e funcionais da organização do espaço, o que agravou as disfunções urbanas e conduziu a população a um cenário ainda mais desigual.

4. Conclusão

O município de Altamira concentra uma das maiores taxas de desmatamento da Amazônia Legal. Esses dados estão associados ao crescimento significativo da atividade agropecuária nas últimas duas décadas e à expansão das áreas urbanas. Esta última relaciona-se ao aumento da demanda por bens e serviços conexos ao agronegócio e às obras de infraestrutura, como as rodovias BR-230 e BR-163 e a Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

Conforme apresentado neste artigo, o desmatamento não se concentra apenas na área rural e nos arredores das áreas urbanas, mas alastra-se por áreas protegidas, como Terras Indígenas e Unidades de Conservação de proteção integral. Tais resultados refletem a ausência do Estado nesses espaços, que se traduz pela dificuldade de operacionalização das políticas ambientais de fiscalização e controle do desmatamento na região amazônica. Outro sintoma é a baixa efetividade de políticas de gestão e ordenamento territorial que sejam capazes de garantir, sobretudo, a regularização fundiária, a manutenção de áreas protegidas e o combate à grilagem.

Os altos índices de desmatamento também acompanham o aumento da violência, gerada pelos conflitos por terra, pelo comércio ilegal de madeira e minério e pelo crescimento das facções criminosas associadas ao tráfico de drogas, que utilizam as rotas do Rio Xingu e as rodovias federais para escoamento da mercadoria ilegal (BUENO *et al.*, 2022).

A busca por soluções que associem políticas de combate ao desmatamento, de segurança pública e de ordenamento territorial e que tenham por base ações articuladas entre os governos federal, estadual e municipal podem ser caminhos para a redução do desmatamento e dos altos índices de violência, bem como para a implementação de um modelo econômico que tenha por base o desenvolvimento sustentável da região. Uma alternativa para o avanço do agronegócio em Altamira seria a recuperação de áreas de pastagens degradadas. De acordo o *dashboard* Atlas das Pastagens, desenvolvido pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (Lapig/UFG), há 719 mil hectares de pastagens em Altamira, dos quais 335 mil encontram-se com algum nível de degradação e poderiam ser recuperados para atender a demanda de expansão do setor.

O fortalecimento dos órgãos ambientais e de planos estratégicos de combate ao desmatamento, como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), bem como a implementação efetiva do MacroZoneamento Ecológico-Econômico do Pará (MacroZEE do Pará), integrado ao Plano Diretor do município, são algumas das ações que devem ser priorizadas para conter o desmatamento em Altamira.

Adicionalmente, o poder público deve concentrar esforços para melhorar a oferta de serviços públicos no município, principalmente nas áreas periféricas (que apresentam os piores índices de vulnerabilidade social) e para a implementação de políticas de capacitação de mão de obra local e geração de emprego e renda voltados ao uso sustentável da floresta.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Catálogo de Metadados da ANA**. Unidade de Conservação. 2019. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/9407d38f-84d2-48ea-97dd-ee152c493043> Acesso em: 04 jan. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Catálogo de Metadados da ANA**. Trechos Rodoviários – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/ff37f924-e88d-4ee4-82e7-14a3e5efe0fd> Acesso em: 04 jan. 2023.

ALENCAR, A.; SILVESTRINI, R.; GOMES, J.; E SAVIAN, G. 2022. **“Floresta em chamas - O Novo e Alarmante Patamar do Desmatamento na Amazônia: Nota técnica No. 9**. IPAM, Brasília - DF. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/amazonia-em-chamas-9-o-novo-e-alarmante-patamar-do-desmatamento-na-amazonia/>

ASSIS, L.F.F.G.; FERREIRA, K.R.; VINHAS, L.; MAURANO, L.; ALMEIDA, C.; CARVALHO, A.; RODRIGUES, J.; MACIEL, A.; CAMARGO, C. TerraBrasilis: A spatial data analytics infrastructure for large-scale thematic mapping. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. v. 8, n. 513, 2019. DOI: 10.3390/ijgi8110513

AZEVEDO, Tasso; ROSA, Marcos Reis; SHIMBO, Julia Zanin; OLIVEIRA, Magaly Gonzales de; VALDIONES, Ana Paula; LAMA, Carolina Del; TEIXEIRA, Lana Mara Silva. **Relatório Anual de Desmatamento 2021**. São Paulo, MapBiomas, 2022. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/rad2021/RAD2021_Completo_FINAL_Rev1.pdf

BEMERGUY, T. S. Etnografando estradas e caminhos da “conquista”: sobre a presença colonial e a gramática bolsonarista na Amazônia. In: VIDAL E SOUZA, Candice; GUEDES, André Dumans (orgs.). **Antropologia das mobilidades**. Brasília: ABA, 2021. Pág. 179-213. http://www.aba.abant.org.br/files/072934_00130591.pdf

BERNARDES, Júlia Adão. Expansão do agronegócio na Amazônia: dinâmicas e contradições. **Rev. Tamoios**, São Gonçalo (RJ), v. 18, n. 1, p. 60-73, jan-jun. 2022. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/tamoios/article/download/63233/40969>

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Fundação Nacional dos Povos Indígenas. **Geoprocessamento e Mapas - Terras Indígenas Tradicionalmente ocupadas**. *Shapefile*. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas> Acesso em: 30 dez. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Dados geoespaciais de referência da Cartografia Nacional e dados temáticos produzidos no ICMBio – Limites das Unidades de Conservações Federais**. *Shapefile*. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais Acesso em: 30 dez. 2022.

BUENO, S. *et al.* **Cartografia das violências na Região Amazônica: Relatório Final**. Fórum Brasileiro de Segurança Pública. 2022. Disponível em: https://forumseguranca.org.br/publicacoes_posts/cartografias-das-violencias-na-regiao-amazonica/. Acesso em 26 dez. 2022.

CARVALHO, T.S.; MAGALHÃES, A.S.; DOMINGUES, E.P. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 46, ed. 2, p. 499-531, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ee/a/DR49VR8s9wS8BbTwz4jKB8L/?format=pdf&lang=pt>

COELHO, A.S.; TOLEDO, P.M.; LOPES, L.O.C. Ordenamento do território e a dinâmica do desmatamento na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.15, n.06, 2022. p. 2960-2977. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/254756/43390>

FERREIRA, L.; CARVALHO C. Hidrelétricas na Amazônia: Uma discussão dos impactos de Belo Monte à luz do licenciamento ambiental. **Revista Tempo do Mundo**, n.27, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm27art14>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e estados**: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/altamira.html>. Acesso em: 16 dez. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha Municipal do Estado do Pará**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto> Acesso em: 30 dez. 2022.

INFOAMAZONIA – **Prodes e Deter**: conheça os sistemas estratégicos no combate ao desmatamento da Amazônia. 15 fev. 2022. Disponível em: <https://infoamazonia.org/2022/02/15/prodes-deter-sistemas-estrategicos-combate-desmatamento-amazonia/#:~:text=Enquanto%20o%20Prodes%20gera%20taxas,corte%20de%20C3%A1rvores%20e%20queimadas> Acesso em: 30 dez. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Coordenação geral de observação da terra. Programa de monitoramento da Amazônia e demais biomas. **Desmatamento – Amazônia Legal**. 2022. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 30 dez. 2022.

MAPBIOMAS. **Coleção 7.0 da Série Anual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/desmatamento>. Acesso em: 30 dez 2022.

MAPBIOMAS. **Relatório anual de desmatamento 2021**. São Paulo: 2022. 126 p. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>. Acesso em: 30 dez 2022.

NOBRE, C.A.; MARENGO, J.A.; ARTAXO, P. Understanding the climate of Amazonia: Progress from LBA. In: KELLER, M. *et al.* (Eds.). **Geophysical monograph series**. Washington, D. C.v. 186, p. 145–147, 2009.

PAINEL DE CIÊNCIAS PARA A AMAZÔNIA. **Resumo Executivo do Relatório de Avaliação da Amazônia 2021**. NOBRE, C. *et al.* (eds.) Rede de Soluções de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, Nova York, EUA. 2021. 51p. Disponível em: https://concertacaoamazonia.com.br/?jet_download=19198

PALHETA, J.M. *et al.* Conflitos pelo uso do território na Amazônia mineral. **Mercator** (Fortaleza), v. 16, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/nBzQrBSRV4KPbPDZ3yKYsWk/?format=pdf&lang=pt>

PIMENTEL, C.A.C.; RAVENA, N. Planejamento urbano funcionalista em Altamira-PA: um retrato histórico de suas principais transformações e perspectivas. **Revista Univap**, v. 28, n. 60, 2022. Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/download/4383/2211/13932>

Pensando águas no território Kalunga (GO) a partir de dados do MapBiomas Água

Francisco Octávio Bittencourt de Sousa¹, Emilly Caroline Costa Silva², Victor Henriques Pimentel³,
Yasmin de Oliveira Targino⁴, Ylana Leal Melo de Oliveira⁵, Gustavo Macedo de Mello Baptista⁶

Resumo

Este trabalho trata da possibilidade de análise das águas em territórios tradicionais a partir da plataforma MapBiomas Água. Apresenta-se inicialmente o contexto especial da área observada, o território Kalunga, seguido de um levantamento de pressões antrópicas quilombolas e não-quilombolas, a partir de pesquisa bibliográfica prévia e entrevistas *in loco*. Na sequência, apresenta-se o MapBiomas Água e sua metodologia de análise. Foram extraídos os dados da plataforma com o auxílio da ferramenta QGis⁷ e de informações

Abstract

This paper discusses the possibility of analyzing water in traditional territories from the MapBiomas Water platform. Initially, the special context of the observed area, the Kalunga territory, is presented, followed by a survey of quilombola and non-quilombola anthropic pressures based on previous bibliographical research and on-site interviews. Next, we present the MapBiomas Water platform and its analysis methodology. By extracting data from the platform with the help of QGis, and also complementary data from the National Water

1 Mestrando em Desenvolvimento Sustentável no Programa de Pós-Graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (PPGCDS/UNB).

2 Mestranda em Mudanças Climáticas do PPGCDS/UnB e assessora técnica no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

3 Mestrando em Desenvolvimento Sustentável do PPGCDS/UNB.

4 Mestranda em Desenvolvimento Sustentável do PPGCDS/UNB.

5 Mestranda em Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade do PPGFAU/UNB.

6 Professor Associado III do Instituto de Geociências da UnB (IG/UNB).

7 O QGIS (Quantum GIS) é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) de código aberto e gratuito, que permite a visualização, a edição e a análise de dados geoespaciais. É uma ferramenta muito utilizada por geógrafos, cartógrafos, ambientalistas, urbanistas e outras profissões relacionadas ao estudo e manejo de informações geográficas.

complementares da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Verificou-se, assim, a eficácia da Lei Estadual 11.409/1991 em diminuir as pressões antrópicas não-quilombolas no território, acompanhada de um aumento das pressões quilombolas em consequência do aumento da população. Realizado o trabalho, é possível concluir que apenas o MapBiomas Água é insuficiente para uma análise acurada do objeto.

Palavras-chave: MapBiomas Água. Impactos antrópicos. Comunidade quilombola Kalunga.

and Sanitation Agency (ANA), it was verified the effectiveness of State Law 11,409 in reducing non-quilombola anthropic pressures in the territory, accompanied by an increase in quilombola pressures as a result of population growth. Once the work is done, it is possible to conclude that MapBiomas Water alone is insufficient for an accurate analysis of the object.

Keywords: MapBiomas Water. Anthropic impacts. Kalunga quilombola community.

1. Breve introdução ao recorte espacial

O Quilombo Kalunga está localizado entre três municípios do Estado de Goiás (Cavalcante, Teresina de Goiás e Monte Alegre de Goiás). Seu território supera os 263 mil hectares e é habitado por aproximadamente 8 mil pessoas, distribuídas em 39 núcleos/comunidades.

A comunidade, originada do encontro entre negros revolucionários e população indígena, manteve-se apartada da sociedade que a oprimia por séculos (BAIOCCHI, 1999; DIAS, 2019). Seus membros prosperaram pela força das tradições, impondo derrotas às investidas da modernidade e do Estado, que sempre teve inclinação favorável ao latifúndio (GUIMARÃES, 2009).

No Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga (SHPCK), o povo Kalunga desenvolveu um modo de vida particular, contrário à dominância funcional capitalista (HAESBAERT, 2010), em que “o uso da terra deve ser implantado em prol de todos que nela trabalham de forma respeitosa, retirando desta, apenas, o necessário para a sua sobrevivência, não se importando com o acúmulo de riquezas, nem com títulos de propriedades” (DIAS, 2019, p.51).

Não fosse esse modo alternativo de vida que identifica a comunidade e as próprias características do local, provavelmente não se encontrariam, nos limites do território Kalunga, uma das áreas de cerrado nativo mais conservadas do País, de solo riquíssimo em minérios e mais de 850 nascentes. Ao observar a história da região, nota-se que a dificuldade de acesso (que se dava majoritariamente por vias fluviais até o último quartil do século 20) foi um ativo que os

ex-escravizados buscaram para se estabelecer. A própria distribuição de casas no território denota resistência planejada (SOUSA, 2022a).

Além de uma orientação voltada para a vida comunitária, que prevaleceu por séculos, existem ali técnicas de uso do solo e das águas desenvolvidas ao longo dos anos, originadas de conhecimentos empíricos adquiridos pelos quilombolas. Tais constatações, no entanto, não ausentam a comunidade de contradições e conflitos internos (SOUSA, 2022a).

De todo modo, estes conhecimentos permitem que os quilombolas lidem com as dificuldades impostas pelo meio, como o ciclo de cheias local e a ausência de aptidão agrícola em cerca de 50% da área total do território. Entretanto, o modo de vida alternativo concorre com:

- Violações cotidianas relacionadas à grilagem e ao garimpo, rastreadas ao menos desde a década de 1980; e
- O molestarmento promovido ou incentivado pelo próprio Estado, com as tentativas de estabelecimento de mineração e hidrelétricas dentro do sítio histórico (SOUSA, 2022a).

Evidentemente, isso não inibe a comunidade de gerar diferentes pressões sobre o meio ambiente. Passando pelo crivo **águas**, os impactos podem estar relacionados a:

- grandes empreendimentos;
- poluição;
- irrigação e drenagem;
- recreação e turismo;
- transporte;
- abastecimento;
- saneamento; e
- pesca e sobrepesca.

Porém, é imprescindível estabelecer uma divisão extremamente rígida entre os impactos e pressões gerados pela ação antrópica não-quilombola e quilombola. Tal divisão serve de baliza para o presente trabalho (SOUSA, 2022a), que almeja verificar, a partir da plataforma MapBiomias Água, a possibilidade de análise dos impactos enumerados anteriormente.

O trabalho buscou compreender os dados disponíveis e a forma como eles relacionam-se com as dinâmicas próprias do contexto local. Inicialmente, formulou-se uma tese principal, a partir de análise bibliográfica e trabalho de campo. Na sequência, analisou-se o *dashboard* de águas do MapBiomias, confirmando parte da tese levantada. Entretanto, o que se verificou foi a impossibilidade de uma análise aprofundada dos impactos antrópicos em um território quilombola a partir das ferramentas disponíveis na plataforma atualmente.

2. Pressões antrópicas sobre as águas no território Kalunga

Grandes empreendimentos são majoritariamente não-quilombolas e geram os mais variados efeitos. Destacam-se, nesta categoria, projetos de mineração e a construção de usinas hidrelétricas. Amorim (2002) destaca que, já nos anos 1980, a comunidade Kalunga enfrentava a ameaça de construção de usinas que alagariam 80% do território (Usinas Hidrelétricas Foz do Bezerra e Boa Vista) e que seriam construídas por Furnas. Graças à mobilização da comunidade e, de modo especial, ao trabalho da antropóloga Mari Baiocchi, o projeto não prosperou.

Não muito longe dali, outro empreendimento de mesmo porte avançou no início dos anos 2000: a Usina Hidrelétrica (UHE) de Cana Brava é mais uma hidrelétrica construída no Brasil por uma corporação internacional. Localizada em Goiás, a UHE de Cana Brava fica próxima à confluência entre os rios Tocantins e Carmo e abaixo de outra usina, a UHE Serra da Mesa. Nesta área, que compreende os municípios de Colina do Sul, Cavalcante e Minaçu, encontram-se comunidades remanescentes de quilombo Kalunga e a Terra Indígena Avá-Canoeiro – etnia reduzida a seis pessoas por inúmeras chacinhas motivadas pelo controle do território.

Algumas localidades do município de Cavalcante, como Vila Vermelha, tiveram suas estradas de acesso inundadas. Com isso, os moradores tiveram sua qualidade de vida deteriorada e permaneceram impossibilitados de negociar a produção excedente, devido à dificuldade de escoamento. A escola que existia em Vila Burity, com mais de 70 crianças matriculadas antes da construção da barragem, foi fechada depois da conclusão da obra por falta de alunos. A localidade Limoeiro, formada por cerca de 40 famílias remanescentes do quilombo Kalunga, foi quase completamente inundada com a formação do reservatório.

Em 2007, o Ministério Público Federal moveu uma ação civil pública contra as empresas do consórcio da UHE Cana Brava, solicitando a reparação da vegetação retirada do entorno do reservatório (FIOCRUZ, 2023).

Em 2010, mediante decisão judicial da 3ª Vara da Justiça Federal Seção Judiciária do Estado de Goiás, no âmbito da Ação Civil Pública nº 200735.00.007454-0, ficou definida a transferência do licenciamento ambiental da UHE Cana Brava ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). À então Agência Goiana de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (atual Fundação Estadual do Meio Ambiente de Goiás) coube remeter ao Ibama toda a documentação que estava em seu poder (FIOCRUZ, 2013).

Em 2011, o Ibama no Goiás convidou, por meio de um ofício circular, os seguintes entes para uma reunião na sede do órgão, em Brasília (DF): o empreendedor (Tractebel Energia); o Ministério Público do Estado de Goiás; o Núcleo Estratégico de Gestão Socioambiental do MME; a Procuradoria da República em Goiás; a Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Goiás; e a Comissão de Direitos Humanos, Cidadania e Legislação Participativa da Assembleia Legislativa de Goiás. O objetivo era discutir os passivos ambientais da implantação do empreendimento (FIOCRUZ, 2013).

Em 2009, um outro caso desenrolava-se: o debate sobre a construção da central hidrelétrica no Rio das Almas. A Associação Quilombo Kalunga e os órgãos de controle estaduais e federais posicionaram-se de forma contrária à construção, que poderia resultar em significativas perdas ambientais e socioculturais. O presidente da empresa Rialma S/A, responsável pelo empreendimento, é Emival Ramos Caiado Filho, primo do atual governador do Estado de Goiás, Ronaldo Caiado.

A peleja só encontrou fim em março de 2021, quando uma das gerências da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) recomendou que o pedido de licenciamento da Rialma S/A fosse indeferido, por também avaliar que o empreendimento apresentava ameaças sociais e ambientais. Em outras palavras, o parecer da Semad afirmava que a possível implantação da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Santa Mônica no território quilombola Kalunga poderia gerar prejuízos de cunho sociocultural. Alguns potenciais problemas apontados eram: sobrecarga nos serviços públicos locais; aumento da violência e criminalidade; aumento de epidemias e doenças; e conflitos pelo acesso a água. Além destes, havia outros, com impacto de difícil mensuração, tais como: rompimento de laços culturais e de redes de apoio social; mudanças de hábitos e costumes; perda de modos de vida e identidade comunitária; dano moral e abalos psicológicos.

Quanto à mineração, há um histórico antigo de impactos sobre as águas do território. Toda a região é entrecortada por rios e riachos, muitos deles com as nascentes nas serras. São águas que brotam, de forma cristalina, formando regos d'água que correm para os riachos e caem no rio Paranã. Entretanto, na época da seca – de abril a setembro – muitas dessas grotas e riachos secam. Alguns deles já secaram, mesmo na época chuvosa, devido à intensa ação de dezenas de empresas de mineração que operavam na região, e transformaram-se em corredores de areia, onde a vegetação não floresce mais. Segundo estudo sobre a ação predatória da mineração no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga (SHPCK) (BAIOCCHI, 1995), entre 1980 e 1990, contavam-se mais de 20 empresas mineradoras na região, sendo as principais: Mineração Canabrava, Ourominas, Araguaia Metais Nobres, Mineração Leão Dourado, Mineração Brasileira, Salomão Mineração e Grupo Toniolo.

Ainda neste período, constam no trabalho de Amorim (2002) relatos de escassez de alimentos, causada pela poluição dos rios com rejeito de mineração e pela extinção de pequenos riachos. Este último fator gerou demasiada pressão de pesca em áreas específicas, tendo por resultado o desaparecimento de algumas espécies de peixes.

A situação começou a mudar em 1991, com a retirada progressiva dessas empresas no território e a sanção da Lei Estadual 11.409 (GOIÁS, 1991). O texto assegura, em seus artigos 6º e 7º, a vedação de atividades ou obras que causem a devastação, a erosão e a poluição do meio ambiente; ou ameacem ou danifiquem o patrimônio cultural, a flora, a fauna, a vida e a saúde das pessoas. A lei também permite exclusivamente aos habitantes do SHPCK a exploração de recursos minerais, vedado o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem riscos para a saúde, a qualidade de vida e o meio ambiente.

Atualmente, a exploração mineral no território ocorre em pequena escala e é majoritariamente ilegal, sendo comuns ações policiais para fechar garimpos e explodir balsas. Um dos problemas mais graves tem sido a invasão seguida de desmatamento ilegal, tendo a Semad realizado uma série de operações nos últimos anos com o objetivo de coibir tais situações (SOUSA, 2022b). O fato é que a prática ainda é recorrente e tem afetado diretamente algumas das nascentes situadas dentro do território.

Quanto à irrigação e drenagem, como a prática de cultivo na comunidade ainda emprega um baixo nível de mecanização, os impactos estão em uma escala aparentemente irrisória. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas, a demanda hídrica de irrigação não ultrapassa 20 litros por segundo desde 2016, quando teve o pico mais alto. O que se verificou desde a criação do Estatuto da Associação Quilombo Kalunga foi o fortalecimento de práticas de agricultura menos degradantes ao meio ambiente, como a delimitação de uma área máxima para ser

preparada com emprego de máquinas e a manutenção da vegetação em torno das nascentes e das matas nas proximidades das margens dos rios.

Atividades de recreação e turismo têm se fortalecido, com certa influência da Universidade de Brasília (UnB), que tem produzido diversos estudos sobre turismo ecológico e suas várias modalidades no território. A atividade acabou arrefecida com a pandemia de Covid-19 e ainda faltam dados sobre os impactos gerados no meio ambiente. Transporte, pesca e sobrepesca encontram-se na mesma situação de apagão de dados.

Quanto ao abastecimento e saneamento, foi possível rastrear iniciativas de saneamento básico para controle de agravos, em uma articulação entre Fundação Nacional de Saúde (Funasa), Ministério da Saúde, Ministério das Cidades, Fundação Cultural Palmares, Secretaria de Políticas de Promoção da Igualdade Racial (Seppir), Agência Goiana de Habitação e Fundação Universidade de Brasília (FUB). Tais iniciativas contemplavam a construção de 1,2 mil módulos sanitários (mas foram construídos apenas 504 até 2009); a construção de 400 casas e reforma de outras 800; e a construção de três sistemas de abastecimento de água, com tratamento e distribuição para a população (na época, cerca de 4,5 mil quilombolas). Entretanto, o convênio multisetorial acabou marcado por uma série de irregularidades e investigações de corrupção.

Em balanço divulgado em 2011, a Funasa anunciou a implantação de cinco sistemas de abastecimento de água, a partir de captação de encosta, por gravidade, distribuídas dentro da área quilombola em Monte Alegre de Goiás. Não há outros dados públicos disponíveis sobre o tema.

Após visitas de campo realizadas em 2021, constatou-se a ampliação do número de fossas para descarte dos resíduos e o bombeamento de água dos rios para usos domésticos. Apesar de haver um censo realizado pela própria comunidade no ano de 2017, os dados ainda não foram compilados e disponibilizados, inviabilizando uma avaliação mais precisa do impacto.

Após essa revisão, a tese que parece mais apropriada é que se encontre:

- Até 1991: uma área de superfície de água menor até o ano de 1991 (quando é sancionada a Lei Estadual 11.409) (GOIÁS,1991), consequência da intensa atividade mineradora na região;
- Após 1991: um aumento gradual da área de superfície de água, devido ao fim das atividades mineradoras, e regeneração da paisagem;
- Por volta de 2002 – 2004: um aumento no volume dos corpos d'água, quando uma grande área é inundada devido ao início das operações da Usina de Cana Brava; e

- Por volta de 2008: pico e conseguinte redução dos corpos d'água locais, apesar do aumento súbito no período anterior e seguindo uma tendência geral e nacional de diminuição de águas.

Aumentos e diminuições abruptas da superfície de água devem ser encontrados em intervalos de 5 – 10 anos, devido a cheias que ocorrem na região. A última grande enchente ocorreu no final de 2021. Há também registro nos anos de 1982, 1989 e 2016, quando o Rio Prata chegou a subir 10 metros.

3. MapBiomias Água: uma possibilidade de análise

O objetivo do MapBiomias Água é prover dados mensais e anuais de dinâmica de água superficial e de corpos hídricos para todo o território nacional desde 1985. A ferramenta também discrimina os corpos hídricos naturais e antrópicos (pequenas e grandes represas e água em áreas de mineração). O mapeamento de superfície de água no Brasil utilizou todas as cenas do satélite Landsat com menos 70% de cobertura de nuvens, na resolução espacial de 30 metros. O mapeamento foi conduzido na escala de sub-pixel, com modelo espectral de mistura (MEM) e regras de classificação empíricas baseadas em lógica *fuzzy*. O mapeamento compreendeu o período de 1985 a 2021, na escala mensal, com um total de 184.558 cenas Landsat processadas (média de 5,126 por ano) e analisadas na plataforma *Google Earth Engine* (MAPBIOMAS, 2019).

São quatro tipos de produtos do MapBiomias Água:

- Mapas de frequência de ocorrência mensal de superfície de água;
- Mapas de transições de superfície de água para outras classes de uso e cobertura da terra;
- Mapas de tendência (acrécimo e decréscimo) de superfície de água; e
- Mapas de tipos de corpos hídricos.

O *dashboard* é composto por mapas, estatísticas e ferramentas para visualização, análises e acesso aos dados (MAPBIOMAS, 2019).

4. Metodologia de análise

Para a análise dos dados acerca da superfície de água e corpos hídricos do País, o MapBiomas utiliza imagens de satélite trabalhadas em um processo que inclui as seguintes etapas (MAPBIOMAS, 2019):

- Pré-processamento;
- Classificação de superfície de água;
- Classificação de corpos hídricos; e
- Análise de acurácia do mapeamento.

Na etapa de pré-processamento, ocorre a seleção de cenas Landsat dos sensores Landsat 5 Thematic Mapper (TM), Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e Landsat 8 Operational Land Imager (OLI). Depois dessa seleção, é aplicada a máscara de nuvem e sombra em cada uma das cenas e são excluídas as que possuem mais de 70% de cobertura de nuvens. As bandas espectrais do visível e infravermelho próximo são selecionadas para aplicação do Modelo Espectral de Mistura (MEM), que resulta em bandas composicionais de cada pixel da imagem Landsat. A água possui baixa reflectância e alta percentagem do componente de sombra no pixel. Por isso, seu comportamento é de corpo escuro, o que permite sua identificação em ambientes úmidos ou próximos à superfície d'água (MAPBIOMAS, 2019).

De acordo com as informações do MapBiomas, a classificação da presença de água na superfície é feita usando imagens do satélite Landsat. Utiliza-se uma técnica chamada **regras de decisão fuzzy** para criar mapas que mostram a probabilidade de haver água em cada área analisada.

Para classificar as áreas, eles combinam diferentes informações, como a probabilidade média de ocorrência de água em um ano, a probabilidade em cada mês desse ano e a média de probabilidade de ocorrência de água ao longo do tempo.

Os resultados dessa classificação são os seguintes:

- Áreas com baixa probabilidade média de ocorrência de água (por exemplo, menos de 35%) são ignoradas e não são consideradas como água;

- Áreas com probabilidade entre 35% e 50% são chamadas de “efêmeras”, o que significa que podem ter água apenas em certos momentos, mas não durante todo o ano; e
- Áreas com mais de 50% de probabilidade anual e decadal são consideradas como “com água”, sendo identificadas como locais onde provavelmente há água ao longo do tempo.

Essa classificação ajuda a identificar e preencher informações sobre a presença de água em diferentes regiões e momentos, permitindo um melhor entendimento das mudanças na superfície ao longo do tempo.

Com base nas informações obtidas a partir do mapeamento anual, que incluem dados sobre a primeira e última ocorrência de corpos de água durante o ano, a frequência total da superfície de água ao longo do tempo e a frequência anual, esses dados são organizados em forma de matrizes e utilizados em um algoritmo de segmentação de objetos. A segmentação de objetos permite dividir a área mapeada em diferentes partes, que são chamadas de segmentos de corpos hídricos.

Em seguida, são extraídos atributos desses segmentos a partir de mapas auxiliares de dados da ANA. Depois desse processo, os segmentos de corpos hídricos são classificados utilizando o algoritmo *random forest* em quatro categorias:

- Naturais (corpos hídricos naturais como rios e lagos), hidrelétricas (corpos d’água associados a usinas hidrelétricas);
- Pequenas represas (corpos d’água de menor porte construídos pelo ser humano); e
- Água em mineração (corpos d’água relacionados à atividade de mineração).

Além dessas categorias, é criada uma categoria adicional chamada “falsos positivos”. Essa categoria serve para remover os casos em que o mapeamento identificou erroneamente corpos hídricos que na realidade não existem, evitando assim informações incorretas nos mapas finais. Esse processo de classificação e correção de dados é fundamental para garantir a precisão e confiabilidade dos mapas utilizados no projeto (MAPBIOMAS, 2019).

Na etapa final, de análise de acurácia, é aplicado um método de estratificação de amostras, com base em classes de frequência de água anual, a fim de reduzir o erro amostral (MAPBIOMAS, 2019).

5. Percalços e observações relevantes

Tomando o SHPCK como região para análise utilizando o MapBiomias Água, observa-se inicialmente que a plataforma possui grande potencial para observar a hidrografia do local, auxiliando principalmente na detecção de padrões ou observando processos históricos de transição do curso e quantidade de água. Apesar do louvável esforço da equipe em desenvolver a plataforma, alguns problemas de análise surgem no *dashboard* de águas.

Primeiramente, a análise de diferentes territórios no MapBiomias acontece por recortes territoriais ou fundiários. No primeiro caso, são mostradas unidades administrativas e de proteção, como Estados, municípios e bacias hidrográficas ou parques. No segundo, são mostrados quilombos, Terras Indígenas, assentamentos e Unidades de Conservação. Entretanto, até o presente momento, o *dashboard* de águas não permite selecionar recortes fundiários e, conseqüentemente, não delimita dados referentes ao SHPCK. O usuário precisa selecionar municípios ou sub-bacias hidrográficas que abrangem a região do território quilombola. Uma alternativa é utilizar complementos do MapBiomias em *softwares* de georreferenciamento (como o QGIS). Após algum esforço de manipulação dos dados, é possível ter resultados mais precisos para o parque.

Outra questão que vem à tona é a forma como os dados são dispostos em mapas do tipo I, que quantificam a superfície de água. Como são mostrados inicialmente dados absolutos do total de água em todo o território, observa-se uma distorção proveniente de valores extremos, que alteram a média de superfície de água no SHPCK, inclusive nos mapas do tipo II (transições de água para não água e vice-versa) e tipo III (tendência de ganho ou perda de superfície). Após 2002, com a construção da hidrelétrica no Lago Cana Brava, próximo a Minaçu (GO), um grande volume de água superficial foi adicionado aos dados. Porém, os demais corpos de água registram majoritariamente uma perda de superfície devido à atividade antrópica crescente.

Desta maneira, uma pessoa leiga ou desatenta poderia tomar como verdade que a superfície de água na maior parte do parque está aumentando, o que é falso. Desconsiderada a parcela de água da inundação causada pela hidrelétrica (um impacto ambiental negativo), os demais corpos de água passam por uma tendência constante – ainda que lenta – de perda de superfície. Novamente, os dados do MapBiomias Água precisam ser analisados com mais minúcia, para evitar erros.

É válido destacar que o trabalho dos desenvolvedores da plataforma é rico e muito importante. No entanto, por se tratar de um *dashboard* mais recente, a parte de águas frequentemente precisa de informações complementares de bancos de dados externos, ou precisam ser processadas em outras plataformas para que sejam mais precisos. Apesar dos problemas relatados, o presente

estudo observou vários padrões e diagnósticos a partir do MapBiomias, que, quando cruzados a outras informações, permitiram uma investigação posterior rica, que corrobora o que foi observado na ferramenta em termos socioambientais.

6. Resultados

A dinâmica de ocupação da terra para a agricultura em sistemas diversos está estreitamente relacionada com o processo histórico de acumulação de capital e de acesso à terra de um determinado local (MAZOYER; ROUDART, 2009). No caso do território Kalunga, a ocupação do território por quilombolas e indígenas em uma comunidade apartada da sociedade até o final do século 20 gerou um sistema produtivo com impactos ambientais mais leves do que os sistemas tradicionais do agronegócio brasileiro (SOUSA, 2022a).

Contudo, as pressões externas de atividades exploratórias (como o garimpo, desmatamento e construção de hidrelétricas) tiveram papel essencial na disputa fundiária dentro do território Kalunga. Os dados observados no MapBiomias são bastante ricos e abrangem um período histórico fundamental para entender a atual configuração socioambiental do SHPCK. Antes mesmo de abordar a questão das águas na região, compreender o histórico recente de ocupação e uso da terra propicia uma visão mais ampla e tangível sobre os vários corpos de água que se encontram no território.

No *dashboard* de cobertura da plataforma MapBiomias, dois dados relacionam-se com muita clareza e permitem observar tendências de uso da terra no SHPCK. Os mapas de cobertura que comparam a ocupação por sistemas naturais e antrópicos demonstram como o aumento populacional no território Kalunga tem acelerado a transformação de ecossistemas naturais em sistemas antrópicos, com uma acentuação no início dos anos 2010, mas com uma desaceleração recente na segunda metade desta década (MAPBIOMAS, 2019).

Consequentemente, a transição de sistemas florestais para sistemas agrários acompanha a tendência exposta nos mapas de cobertura. Desta maneira, o mapa de transição evidencia como os focos de desmatamento e a perda de vegetação natural acompanham a ocupação antrópica do SHPCK após 1980 (MAPBIOMAS, 2019). Essa relação pode ser visualizada com maior clareza na Figura 1.

Observar a relação entre as duas séries históricas referentes à cobertura permite estabelecer paralelo com os mapas do *dashboard* de águas. Os mapas do tipo I, II e III do MapBiomias Água

contêm, respectivamente: os dados de superfície total de água; transição de superfícies de água para não água e vice-versa; e tendência de transição entre as classes água e não água. Todos os três tipos de mapas do *dashboard* expõem a relação da perda de superfície de água no SHPCK com a ocupação antrópica agrária no norte e no meio leste dessas terras. As imagens em série histórica de superfície de água dão ainda mais clareza e respaldo a esta interpretação dos dados (MAPBIOMAS, 2019).

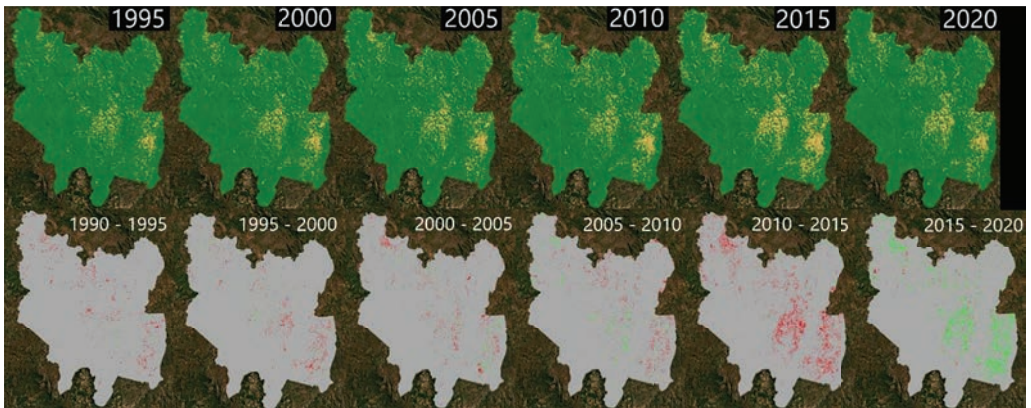


Figura 1. Comparação entre as séries temporais dos mapas de cobertura e ocupação da terra por atividades antrópicas (em amarelo à direita) e dos mapas de transição de sistemas florestais para agrários e de sistemas agrários para florestais (à esquerda, respectivamente em vermelho e em verde)

Fonte: Elaboração própria com base em MAPBIOMAS, 2019.

O recorte territorial da sub-bacia hidrográfica do Tocantins, entre os rios Preto e Paranã, traz dados que abordam em parte o território Kalunga. Esses dados mostram a tendência de perda de superfície de água na maioria dos corpos de água, com a exceção pontual do Lago Cana Brava ao longo do Rio Paranã e as consequentes inundações causadas pela usina hidrelétrica construída no ano de 2002.

Conforme mencionado nos métodos desta pesquisa, a falta de um recorte fundiário específico para o SHPCK apresenta alguns obstáculos para a utilização do MapBiomias Água na análise de superfície de águas. A Figura 2 ilustra a evolução ao longo do tempo da cobertura de água na sub-bacia hidrográfica do Tocantins, compreendida entre os rios Preto e Paranã. Podemos identificar três grandes eventos de inundação: em 1997, ocorrida no Lago da Serra da Mesa; em 2002, no Lago Cana Brava; e em 2006, no Reservatório Peixe Angical. É importante salientar que o primeiro evento está fora da área do SHPCK e o terceiro, embora a barragem esteja localizada fora do território Kalunga, tem impactos dentro da área de estudo devido à inundação.

O estudo de Sousa (2022a) aborda as dinâmicas de mobilização da comunidade local para posicionar-se contrariamente à construção de usinas no território e nas regiões próximas. Porém, esses empreendimentos foram executados, gerando inundações e consequente perda de ecossistemas naturais. Isto torna problemática a análise dos dados do MapBiomias Água.

Como os dados do *dashboard* mostram a superfície absoluta de água, relata-se um aumento de águas superficiais no território Kalunga. Isto, no entanto, é uma discrepância entre a realidade e o tratamento dos dados de monitoramento. Devido às inundações provenientes da construção de barragens e de hidroelétricas, há um aumento de superfície substancial concentrado na região oeste do SHPCK. Enquanto isso, no norte e meio leste (regiões de ocupação agrária), a perda de água é constante, ainda que gradual. Esses dados podem ser visualizados com maior clareza na Figura 2.

Para uma melhor visualização e análise dos dados do MapBiomias para o recorte do perímetro do SHPCK, foram obtidos os dados de *raster* de superfície anual de água a partir do *toolkit* de água da plataforma. Os dados extraídos foram inseridos no software QGIS 3.22, permitindo a comparação da série histórica de 1985-2020. Pode-se observar uma tendência à perda de superfície de água no território. A Figura 3 apresenta tais dados e destaca a necessidade de aliar o uso do MapBiomias a outras plataformas para a extração de dados mais precisos.

A interpretação correta dos dados do MapBiomias esclarece como o impacto antrópico é alto no território Kalunga. A principal causa dos problemas de superfície de água são empreendimentos humanos, quer tenham respaldo legal, como no caso das hidrelétricas ou de zonas agrárias; ou não, como no caso do garimpo e do desmatamento. Estes últimos sempre foram problemáticos, mas recentemente têm sido combatidos com maior firmeza, graças à fiscalização e à tomada de consciência ambiental.

Por outro lado, os dados do MapBiomias como um todo demonstram que, nos últimos sete anos, ocorreu no SHPCK a recuperação de várias áreas naturais que haviam sido desmatadas previamente. Espera-se que, caso esta tendência permaneça, ocorra o aumento real da superfície de corpos de água conservados na região, algo que ainda não se concretizou.

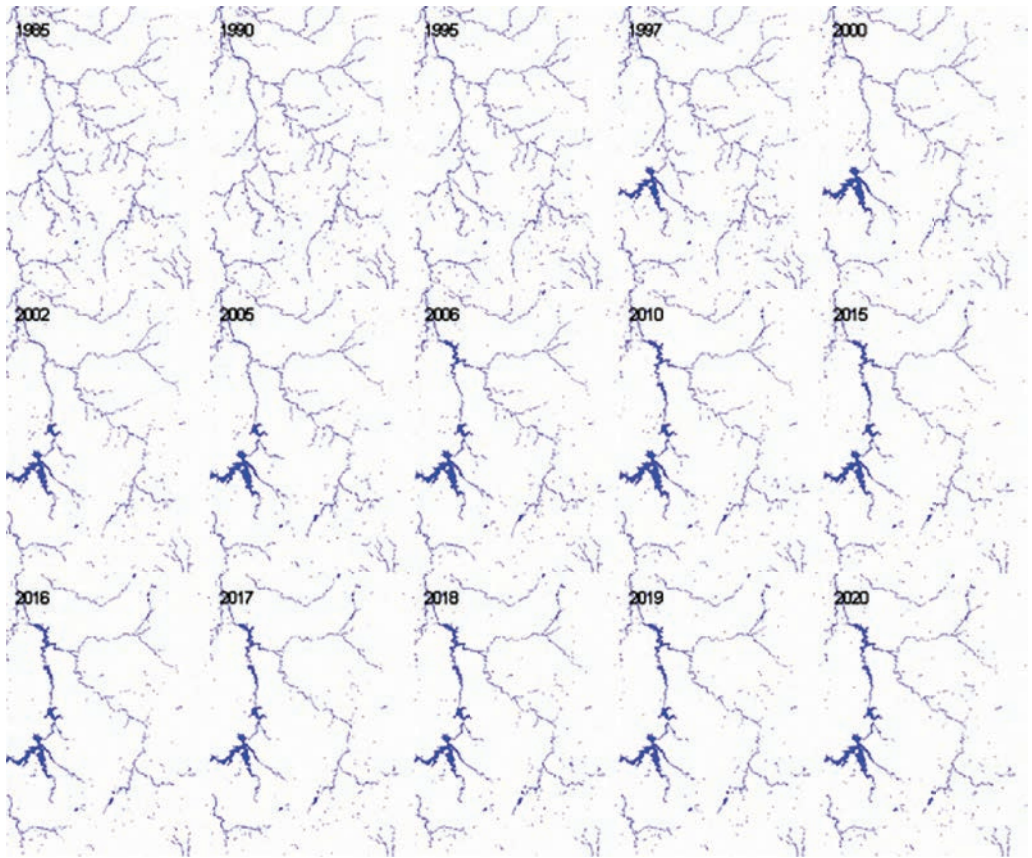


Figura 2. Demonstração visual da série histórica de superfície de água na sub-bacia do Tocantins entre os rios Preto e Paranã. Na região oeste, acentuam-se inundações por usinas hidrelétricas e, na parte leste, queda na superfície de água por perda de vegetação nativa

Fonte: *Elaboração própria.*

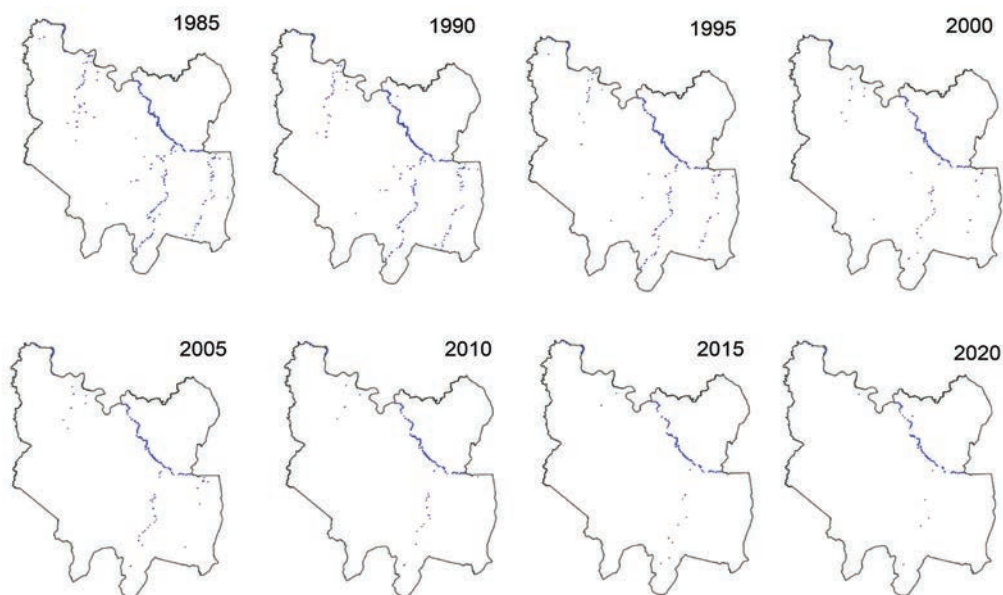


Figura 3. Demonstração visual da série histórica de superfície anual de água para o perímetro do SHPCK, a partir do MapBiomias Água e QGIS 3.22. Destaca-se a tendência de perda de superfície de água no território

Fonte: *Elaboração própria.*

7. Conclusões

A tese inicial levantada quanto à superfície de água no SHPCK pode ser parcialmente confirmada. É fato que a tendência geral no território é a perda de água na superfície (em um ritmo mais acelerado até 1991). No entanto, não é possível verificar um aumento da superfície de água após a Lei Estadual 11.409 (GOIAS, 1991), mas sim uma estabilidade nesta variável. Entretanto, dados complementares da Agência Nacional de Águas (ANA) – que faz estimativas da demanda de água na região desde 1931 e, especificamente para mineração, desde 1975 – demonstram a eficiência da lei. Após sua sanção, a demanda de água para mineração diminuiu, mas os dados de superfície de água acabam por ser mascarados devido à redução de superfície de água por outras atividades, decorrentes do aumento populacional do quilombo e das regiões do entorno.

Também é correto afirmar que a atividade de geração energética a partir de hidrelétricas causa inundações, sendo a mais expressiva em 2002, no Lago Cana Brava. Apesar de possuírem um grande impacto ambiental negativo, as enchentes aparecem nos dados como um aumento na superfície de água. A estabilização seguida de redução em 2008 confirma-se. Porém, o ciclo de cheias, apesar de verdadeiro, não é detectado com clareza no MapBiomias.

A própria plataforma precisa ser analisada com maior critério. O MapBiomias é bastante preciso e fruto de um trabalho louvável de uma equipe que consegue produzir dados confiáveis com pouco recurso financeiro. Porém, o *dashboard* de águas da plataforma é muito recente e precisa ser refinado.

O maior mérito do MapBiomias Água certamente é a detecção de padrões e o acompanhamento preciso de dados de satélite em todo o País. As questões mais pungentes seriam:

- Disponibilizar recortes fundiários para a análise de água;
- Diferenciar classes de superfície conforme a sua origem (natural ou antrópica, por exemplo); e
- Permitir a seleção específica de apenas um corpo de água (como apenas um rio ou apenas um lago) em vez de apenas um ponto ou de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica por inteiro.

Além disso, com os dados disponíveis atualmente, não é possível diferenciar o que é demanda e impacto especificamente do território quilombola e o que é gerado por pressões externas.

Certamente, o passar do tempo trará maior refinamento à plataforma. Entretanto, no presente momento, o MapBiomias não é fonte suficiente para uma análise detalhada e pede dados complementares. Com esses refinamentos, é possível que a plataforma possa ser aplicada com maior precisão.

Referências

AMORIM, Cleyde Rodrigues. **"Kalunga": a construção da diferença**. 230f. Tese (Doutorado em Antropologia Social) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2002. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8134/tde-20042022-144601/publico/2002_CleydeRodriguesAmorim.pdf

BAIOCCHI, Mari Nazaré. Kalunga: Sagrada Terra. *In*: O'DWYER, Eliane C. (org.). **Terra de Quilombos**. Rio de Janeiro: Aba. 1995. p. 35-46. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/03D00050.pdf>

BAIOCCHI, Mari Nazaré. Kalunga: povo da terra. Brasília: Secretaria de Estado dos Direitos Humanos; Ministério da Justiça. 1999. 123p.

DIAS, Vercilene Francisco. **Terra versus território: uma análise jurídica dos conflitos agrários internos na comunidade quilombola Kalunga de Goiás**. 132f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Faculdade de Direito, Universidade Federal de Goiás. Goiânia: 2019. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/9607/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Vercilene%20Francisco%20Dias%20-%20-%202019.pdf>

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. **Mapa de conflitos**; injustiça ambiental e saúde no Brasil. 2023. Disponível em: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/>

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. GO – Atingidos por barragens lutam por revisão e regularização de indenização e reassentamento. *In*: **Mapa de conflitos**; injustiça ambiental e saúde no Brasil. 2013. Disponível em: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/go-atingidos-por-barragens-lutam-por-revisao-e-regularizacao-de-indenizacao-e-reassentamento/tps://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/>

GOIÁS. Gabinete Civil da Governadoria. **Lei nº 11.409, de 21 de JANEIRO de 1991**. Dispõe sobre o sítio histórico e patrimônio cultural que especifica. 1991. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/133/o/lei_11.409-91.pdf

GUIMARÃES, Alberto Passos. Formação da pequena propriedade: intrusos e posseiros. *In*: WELCH, Clifford Andrew *et al.* (Orgs.). **Camponeses brasileiros**: leituras e interpretações clássicas. v. 1. São Paulo: Editora UNESP, 2009. 336p. Disponível em: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20096/CDBR22048532p.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HAESBAERT, R. Território e multiterritorialidade: um debate. *GEOgraphia*, Rio de Janeiro, v.9, n.17, 2007. 28p. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/download/13531/8731/52879>

MAPBIOMAS. **Método Mapbiomas Água**; mapeamento da superfície de água: síntese do método. 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/metodo-agua> Acesso em: 16 dez, 2022.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Dinâmica e diferenciação de sistemas agrários**. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2009. (Série EAD/SEAD/UFRGS)

SOUSA, Francisco Octávio Bittencourt de. **Se o grileiro vem, pedra vai: entraves para a regularização fundiária do território Kalunga**. Curitiba: Appris. 2022a.

SOUSA, Francisco Octávio Bittencourt de. A resolução eufemística da grilagem. **Novos Debates**, v.8, n.1, E8104, 2022b. Disponível em: http://novosdebates.abant.org.br/wp-content/uploads/2022/08/NOVASPESQUISAS_franciscodesousa.pdf

SEÇÃO 5

EDUCAÇÃO SUPERIOR

Expandir sem democratizar? O acesso à educação superior na Índia

Expandir sem democratizar? O acesso à educação superior na Índia

Ana Luíza Matos de Oliveira¹, Saumen Chattopadhyay²

Resumo

O objetivo deste artigo é discutir as particularidades da expansão da educação superior (ES) na Índia quanto a desigualdades e destacar para o público brasileiro quais seriam paralelos possíveis com a experiência brasileira: naquele país, a expansão da ES levou a um aumento das desigualdades no acesso? Além da introdução, o artigo contém uma seção que trata das desigualdades indianas; uma que descreve a estrutura do sistema indiano de educação superior; e outra que discute como estas desigualdades se refletem no acesso à educação superior naquele país. O artigo ainda traz considerações finais em que se aborda a trajetória indiana a partir da experiência brasileira.

Abstract

The objective of this article is to discuss the peculiarities of the expansion of Higher Education in India regarding inequalities and to highlight to the Brazilian audience which would be possible parallels with the Brazilian experience: in that country, has the expansion of higher education led to an increase in inequalities in access? The article contains an introduction, a section discussing Indian inequalities, a section describing the structure of the Indian higher education system and a section discussing how these inequalities are reflected in the access to higher education in that country. Finally, the article ends with final considerations in which the Indian trajectory is discussed from the Brazilian experience.

¹ Doutora e mestre em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Graduada em Economia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Oficial associada de Assuntos Econômicos da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal)/Organização das Nações Unidas (ONU). As visões apresentadas neste artigo não necessariamente refletem as das Nações Unidas.

² Professor no Zakir Husain Centre for Educational Studies, School of Social Sciences, Jawaharlal Nehru University (JNU), Nova Délhi, Índia. Doutor pelo Centre for Economic Studies and Planning (CESP), JNU.

Palavras-chave: Educação superior. Índia. **Keywords:** Higher education. India. Inequality. Desigualdade.

1. Introdução

Índia e Brasil se destacam por suas desigualdades, embora com raízes e expressões muito diferentes. Enquanto o Brasil apresenta desigualdades regionais, raciais e de gênero, a Índia tem desigualdades regionais, de cor/raça, de casta e religiosas. No entanto, em ambas as sociedades, tais desigualdades estão aprofundadas. As duas nações também têm um passado colonial. Nesses países, a presença dos invasores teve formas diferentes, mas ainda é possível se falar de imperialismo ou neocolonialismo em relação a “metrópoles” para ambos. Além disso, estão unidos em um grupo, os BRICS. No entanto, pouco ainda se conhece no Brasil a respeito da realidade da Índia.

Assim, os objetivos deste artigo são: discutir as particularidades da expansão da educação superior (ES) na Índia quanto a desigualdades; e destacar para o público brasileiro quais seriam paralelos possíveis com a experiência brasileira: naquele país, a expansão da ES levou a um aumento das desigualdades no acesso ou a uma redução nas desigualdades no acesso, como no caso brasileiro, conforme Oliveira para o período 2000 - 2015 (OLIVEIRA, 2019a)? Quais as causas desta diferença? A justificativa desta pesquisa é a percepção de uma lacuna nos estudos sobre a ES indiana no Brasil ou em perspectivas comparativas.

O artigo contém, além desta introdução, uma seção que trata das desigualdades indianas; uma que descreve a estrutura do sistema indiano de educação superior; e outra que discute como estas desigualdades se refletem no acesso à educação superior naquele país. O artigo traz, ainda, em suas considerações finais, abordagens sobre a trajetória indiana a partir da experiência brasileira.

2. As desigualdades indianas e a educação superior

A Índia possui desigualdades regionais, de gênero, casta e de religião. Quanto às castas, uma das características mais particulares da Índia, Lall e Rao (2011) abalizam que o processo de “rotulamento” (*labelling*) começou durante o período colonial, mas que o sistema de castas em si tem 2000 anos. E, embora à época da independência uma sociedade “sem castas” fosse defendida (AMBEDKAR, 1936), o sistema ainda está presente: os ditos “intocáveis” foram chamados de *scheduled castes* (SC)

pela Constituição (mas também podem ser chamados de *dalits*); outra categoria importante são as *schedules tribes* (ST), que tradicionalmente vivem em isolamento e também podem ser chamados de *adivasis*; e há, ainda, mais um grupo importante, as *other backward classes* (OBC), que sofrem com menor privação e exclusão de oportunidades se comparados aos ST e SC. De acordo com Wankhede (2016), grupos marginalizados formam 80% da população da Índia, sendo SC 16%, ST 8% e OBC 52% da população. E, mesmo muitas décadas depois da proibição da discriminação, “a incidência da pobreza entre esses grupos é maior do que no restante da população, a mobilidade social ascendente é menor e os investimentos educacionais trazem menos retorno do que aquele obtido pelos demais indianos”, apontam Feres Jr. e Daflon (2015:97).

Deshpande (2011) argumenta que o mercado de trabalho formal na Índia reproduz a discriminação de castas. *Dalits* (ou SC, para o caso da Índia) e negros (para o caso dos Estados Unidos da América analisado pelo autor) têm desvantagens no mercado de trabalho: “*social and cultural capital (the complex and overlapping categories of caste, family background, network and contacts) plays a huge role*” (DESHPANDE, 2011, p. 212). Sobre as similaridades das discriminações de cor/raça e casta, Omvedt (2001) argumenta que casta e racismo são ambos sistemas de discriminação que atribuem qualidades a pessoas nascidas em determinado grupo. Assim, apesar de as discriminações de cor/raça e casta possuírem diferentes origens, suas justificativas são bastante similares.

A desigualdade de gênero na Índia também é algo marcante, com as mulheres apresentando menos autonomia financeira e social e sofrendo o peso de papéis sociais rígidos. Categorias que se sobrepõe também são importantes: mulheres *dalit* (ou SC) sofrem maiores privações que mulheres de castas altas.

Quanto a desigualdades regionais, Brasil e Índia possuem disparidades significativas. No caso da Índia, os Estados do Sul e do Oeste possuem melhores indicadores socioeconômicos, maior Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* e maior acesso à ES por todos os grupos (WANKHEDE, 2016). E a desigualdade regional na Índia está relacionada à distribuição das castas no território: algumas regiões que possuem maior concentração de ST têm, ao mesmo tempo, indicadores socioeconômicos piores. Também existem, segundo os especialistas, muitas desigualdades entre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das áreas urbana e rural.

As religiões também são um fator de desigualdades na Índia. De acordo com Shariff (1995), os muçulmanos na Índia são relativamente mais pobres que as outras populações e têm uma inserção mais precária no mercado de trabalho, além de taxas de fertilidade relativamente altas. Essas diferenças socioeconômicas também afetam o acesso à educação. Os hindus são a grande maioria no país, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. População por religião, Índia (2011)

Religião	Total	Percentual
Hindu	966.257.353	79,80%
Muçulmano	172.245.158	14,23%
Cristão	27.819.588	2,30%
Sikh	20.833.116	1,72%
Budista	8.442.972	0,70%
Jain	4.451.753	0,37%
Outras religiões e crenças	7.937.734	0,66%
Não consta	2.867.303	0,24%
Total	1.210.854.977	100%

Fonte: Adaptado de *Census India 2011 (INDIA, 2011)*.

Em resumo, tais dimensões das desigualdades indianas se relacionam à desigualdade de renda e no acesso aos direitos sociais, sendo a ES uma delas.

Apesar de o panorama da sociedade indiana e dos desafios enfrentados mostrarem que a raiz das desigualdades indianas é diferente da do Brasil, suas justificativas e seus efeitos são semelhantes. Assim, justifica-se o olhar ao país asiático para analisar quais as políticas públicas que estão sendo adotadas no País sul-americano e o que as mesmas podem nos dizer sobre as políticas públicas brasileiras. Muito se olha para os exemplos de políticas públicas de nações do Norte global, mas a experiência de países continentais e com grandes desigualdades pode ser de grande interesse. Ainda a respeito de comparações entre Brasil e Índia, destaca-se o livro lançado por Bartelt e Harneit-Seivers (2017) e a dissertação de Morche (2013).

3. A estrutura da educação superior indiana

A Índia e o Brasil se destacam, juntamente com a China, como os países em que houve maior expansão da ES nos últimos anos. Morche (2013) analisa que Brasil, Índia e China passaram de 16,5 milhões de estudantes matriculados em 1999 para 54 milhões em 2009 (um crescimento de 226%), com o maior crescimento em termos percentuais na China (382%), seguido do Brasil (177%) e da Índia (170%). A média mundial de crescimento no mesmo período foi de 74%, ou seja, os três países cresceram muito acima da média mundial. E apesar de ser o terceiro país em termos de quantidade de matrículas, com mais de 10 milhões de estudantes, a Índia possui quase a metade das instituições de educação superior (IES) do mundo, o que representa quase

quatro vezes mais que os Estados Unidos da América (EUA) e a Europa e mais de sete vezes o número de IES na China (AGARWAL, 2007b).

Ainda sobre as comparações internacionais, a Taxa Bruta de Matrícula (TBM) (Gráfico 1) é agora mais alta em ambas as nações que nas regiões das quais fazem parte (América Latina e Caribe, para o caso do Brasil, e Sul e Oeste da Ásia, para o caso da Índia). A Índia apresenta uma TBM mais baixa que a dos países ditos em desenvolvimento e a média mundial, enquanto o Brasil tem uma TBM mais alta que a dos países ditos em desenvolvimento e a média mundial.

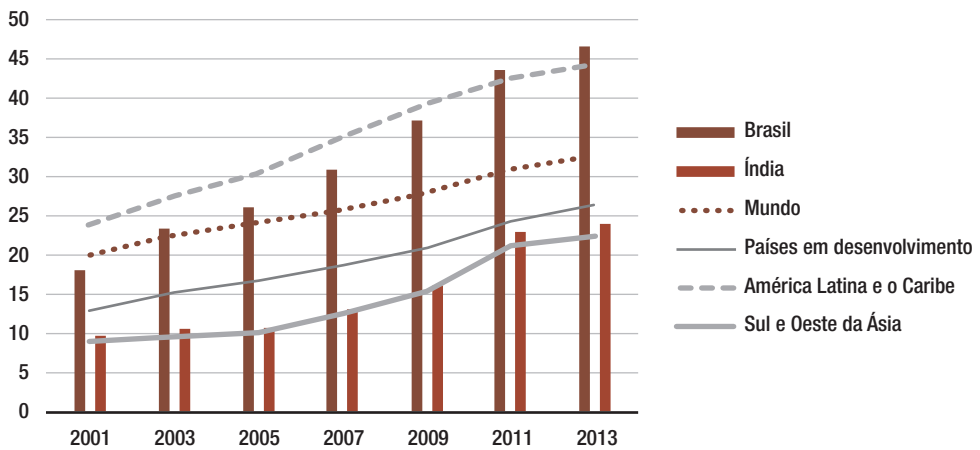


Gráfico 1. Taxas Brutas de Matrícula (TBM) para Brasil; Índia; Mundo; Países em Desenvolvimento; América Latina e o Caribe; e Sul e Leste da Ásia (2001 – 2013)

Fonte: UIS - Unesco.

Observação: Para o nível terciário, a população usada é o grupo de 5 anos a partir da idade oficial de conclusão do nível secundário (UNESCO-UIS, 2023).

Quanto a gastos (Tabela 2), em 2012, o gasto com a ES (educação terciária) como percentual do gasto do governo do Brasil era de 2,5% e como percentual do PIB era de 1%. Para a Índia, esses valores foram de 4,5% e 1,2% também no mesmo ano. O gasto do governo com estudantes terciários (categoria mais ampla que educação superior, que engloba outros tipos de educação que não a superior, como a técnica, e se refere a qualquer tipo de estudo que ocorre após o equivalente ao ensino médio no Brasil) como porcentagem do PIB *per capita* foi, em 2012, de 27,1% no Brasil e de 53,7% na Índia. Há que se pontuar aqui que o PIB *per capita* indiano (US\$ 4.860 PPP em 2012) é bem mais baixo que o brasileiro (US\$ 15.070 PPP em 2012).

Segundo Tilak (2016), na Índia, os gastos públicos com ES cresceram 8,5% ao ano de 2000-1 a 2010-11 em valores reais. Mas, assim como no Brasil, os especialistas apontam uma necessidade de haver ampliação de recursos (AGARWAL, 2016).

Tabela 2. Gasto do governo com educação e educação superior no Brasil e na Índia (1998 – 2012)

Países	Série	1998	2000	2001	2006	2008	2010	2012
Brasil	Gasto do governo com educação como % do PIB (%)	4,7	3,9	3,8	4,9	5,3	5,6	5,9
	Gasto com educação terciária como % dos gastos do governo com educação (%)	21,4	22,1	21,6	16,7	15,9	16,4	16,4
	Gasto com educação terciária como % do gasto do governo (%)	2,5	2,5	2,3	2,1	2,2	2,4	2,5
	Gasto do governo com educação terciária como percentual do PIB (%)	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0
	Gasto do governo por estudante terciário (PPP\$ constante)	9082,2	6457,8	5554,4	..	3878,9	4178,4	4178,9
	Gasto do governo por estudante terciário (US\$ constante)	6763,2	4808,9	4136,2	..	2888,5	3111,5	3111,9
	Gasto do governo por estudante terciário (US\$)	3996,9	2054,1	1485,4	..	2385,9	3122,5	3225,4
	Gasto do governo por estudante terciário (PPP\$)	6710,3	4954,5	4358,6	..	3606,8	3962,6	4117,5
	Gasto do governo por estudante terciário como % do PIB <i>per capita</i> (%)	78,6	54,9	47,4	..	27,4	28,1	27,1
	Índia	Gasto do governo com educação como % do PIB (%)	3,5	4,3	..	3,1	..	3,3
Gasto com educação terciária como % dos gastos do governo com educação (%)		..	20,3	..	20,3	..	36,1	32,2
Gasto com educação terciária como % do gasto do governo (%)		..	3,6	..	2,4	..	4,2	4,5
Gasto do governo com educação terciária como percentual do PIB (%)		..	0,9	..	0,6	..	1,2	1,2
Gasto do governo por estudante terciário (PPP\$ constante)		..	2388,3	..	1825,7	..	2922,1	2563,1
Gasto do governo por estudante terciário (US\$ constante)		..	699,7	..	534,8	..	856,1	750,9
Gasto do governo por estudante terciário (US\$)		..	428,2	..	406,9	..	788,4	790,8
Gasto do governo por estudante terciário (PPP\$)		..	1818,3	..	1596,9	..	2778,5	2517,9
Gasto do governo por estudante terciário como % do PIB <i>per capita</i> (%)		..	94,9	..	55,8	..	70,1	53,7

Fonte: Data World Bank - Education Statistics (WORLD BANK, 2023).

Sobre a estrutura da ES na Índia, a ES formal data do século 6 a.C., com a Takshashila University (localizada hoje em território paquistanês). Por sua vez, a ES moderna teve início na Índia com os ingleses e o primeiro college foi fundado em 1818, em Serampone, próximo a Calcutta

(DURASAMY, 2016). Em 1857, as primeiras universidades foram fundadas, em Calcutta, Bombay e Madras.

Um pouco antes da independência indiana, havia pouca capacidade de pesquisa nas universidades daquele país (ALTBACH, 2009), pois isto não interessava aos britânicos. As universidades funcionavam como corpos examinadores. A educação também ocorria em inglês, o que excluía 90% da população indiana. Por outro lado, as universidades tiveram papel importante na independência da Índia, com muitos estudantes envolvidos nos movimentos de independência.

Com a independência em 1947, após longos anos de resistência, uma enorme rede de *colleges* privados se tornou pública (LEVY, 2007, p.15). Houve um intenso crescimento das matrículas: de 13% a 14% ao ano durante as décadas de 1950 e 1960 (AGARWAL, 2009). De acordo com Thorat (2016), de 1947 a 1968, os planos quinquenais da Índia focaram na expansão. De 1950 a 2000, o crescimento anual das matrículas foi em torno de 10% e a estrutura básica do sistema permaneceu bastante similar à da época da colônia.

A expansão da ES indiana até meados dos anos 1980 foi basicamente pública. Durante aquela década, o crescimento da demanda por ES pressionou os recursos públicos e, assim, teve início o movimento para que as IES gerassem recursos por meio de cursos auto-financiados (pagos) e, do mesmo modo, foi incentivada a participação do setor privado na educação como forma de “reduzir o fardo” do setor público (CARPENTIER, CHATTOPADHYAY, PATHAK, 2011; AGARWAL, 2007a). Esse aumento ocorreu basicamente em *private unaided institutions* com enfoque “ocupacional” (em engenharia e *business*), enquanto o número de IES públicas cresceu só marginalmente a partir dos anos 80. O governo também passou a enxergar a Educação a distância (EaD) como uma forma de expandir as matrículas. Na atualidade, recursos obtidos com esses *self-financing courses* e com a EaD são a maior fonte de recursos para muitas IES públicas na Índia, o que torna a ES cara e cria uma barreira econômica para os estudantes. Além disso, estudantes de famílias de renda baixa ou em situação vulnerável não estão preparados para os exames competitivos de entrada nas universidades, que têm um viés que favorece a elite urbana e os estudantes ricos. Assim, mensalidades de custo baixo em algumas das IES públicas de maior qualidade criam, segundo Agarwal (2009), para o caso da Índia, um “subsídio perverso” para os ricos.

Aqui vale esclarecer que, na Índia, se o governo promove e instala uma instituição, ela é chamada de pública. Porém, algumas instituições privadas recebem apoio do governo e são altamente reguladas, sendo chamadas de *private aided*. Portanto, chamaremos, como o faz a literatura especializada da área na Índia: de privadas somente as IES que foram instaladas por entes privados e que não recebem recursos do Estado ou, simplesmente, *private unaided* (AGARWAL, 2007b).

Morche (2013) argumenta que o crescimento do setor privado foi uma estratégia defendida pelo governo. Neste contexto, leis que surgem entre 1995 e 2003, bem como várias decisões da Suprema Corte indiana, atuam em favor das IES privadas na Índia. *Private unaided colleges* e universidades são o setor que mais cresce na ES indiana, seja com ou sem fins lucrativos. Também, a expansão do setor privado foi facilitada pelo complexo sistema de regulamentação da ES na Índia.

Em termos institucionais, a responsabilidade por coordenar a ES é dividida entre diversas agências do governo central, Estados, o setor privado e ocasionalmente cortes de justiça. Uma instituição importante é a *University Grants Commission* (UGC), subordinada ao *Ministry of Human Resource Development* (MHRD), que coordena, determina e mantém *standards* na ES. A UGC também distribui bolsas e recursos em nome do governo central. Nos últimos anos, esforços para reformar a ES deixaram de lado as universidades tradicionais e, na verdade, adicionaram novas instituições a seu lado (ALTBACH, 2009), em um mecanismo que será explicado a seguir.

Na Índia, as *colleges* não fornecem diplomas, somente universidades podem emitir este documento. Por sua vez, o status de universidade e o poder de fornecer diplomas é algo definido pelo Parlamento nacional e por legislaturas estaduais, mas o governo central, por meio do MHRD, também pode conceder o status de *deemed universities* a IES selecionadas, sejam estas públicas ou privadas. Em geral, as *deemed universities* são especializadas em certas áreas, enquanto as universidades atuam em um escopo mais amplo das áreas do conhecimento e possuem maior autonomia. Agarwal (2007b:16) chama a atenção para o fato de que, antes, o título de *deemed university* era dado muito raramente e basicamente para IES públicas ou *private aided*, mas o número de *deemed universities* cresceu de 29 em 1990/91 e 38 em 1998 para 110 em 2007. Também, segundo o autor, muitas das *deemed universities* após 1998 são privadas.

As IES públicas podem ser universidades centrais ou universidades estaduais (controladas pelos governos estaduais, que tem relativa autonomia, já que a Índia é uma república federativa). Muito importantes também são as chamadas Instituições de Importância Nacional, grandes institutos de pesquisa especializados que recebem do Parlamento indiano o título, caso formem trabalhadores altamente especializados. Com o reconhecimento vêm também recursos do governo indiano. As áreas das Instituições de Importância Nacional variam entre medicina, tecnologia da informação, engenharia, ciências, farmácia, arquitetura e administração.

Ainda sobre a presença do setor privado, a participação das *private unaided* IES tem crescido no setor, como pode ser visto pela Tabela 3 e pela Tabela 4. Somente nos anos 2000, a participação das *private unaided* IES passou de 24,7% do total para 58,2%.

Tabela 3. IES por tipo de instituição (%), Índia, anos selecionados

Instituição	Ano			
	2000-01	2005-06	2010-11	2012-13
Pública (%)	33,2	25,0	26,8	26,9
Private aided (%)	42,1	32,0	14,2	14,9
Private unaided (%)	24,7	43,0	59,0	58,2
Número total	13.072	17.973	16.499	24.120

Fonte: Adaptado de Duraisamy (2016).

Tabela 4. Número de IES, Índia (2016)

Universidades	Número total
Universidades estaduais	350
Deemed Universities	123
Universidades centrais	47
Universidades privadas	239
Total	759

Fonte: UGC (2016).

Nota: Contagem realizada em 05/07/2016.

De forma semelhante, a Tabela 5 e o Gráfico 2 mostram o rápido aumento das matrículas nos anos 2000, levado pelo crescimento das *private unaided* IES.

Tabela 5. Matrículas na ES por tipo de instituição, Índia, anos selecionados

	Matrícula (em milhões)	Universidades Centrais	Universidades Estaduais Públicas	Universidades Estaduais privadas	Deemed universities públicas	Deemed universities privadas	Instituições de Importância Nacional	Total
1950-51	0,24	3	24	-	-	-	-	27
1960-61	1,1	4	41	-	2	-	2	49
1970-71	2,0	5	79	-	9	-	9	102
1980-81	2,9	7	105	-	11	-	9	132
1990-91	4,9	10	137	-	29	-	9	185
1995-96	6,4	-	-	-	-	-	-	-

2000-01	9,6	-	-	-	-	-	-	-
2005-06	14,3	20	216	-	-	-	13	350
2010-11	27,5	42	294	87	43	91	64	621
2012-13	29,6	43	303	122	52	79	66	665

Fonte: Adaptado de Duraisamy (2016).

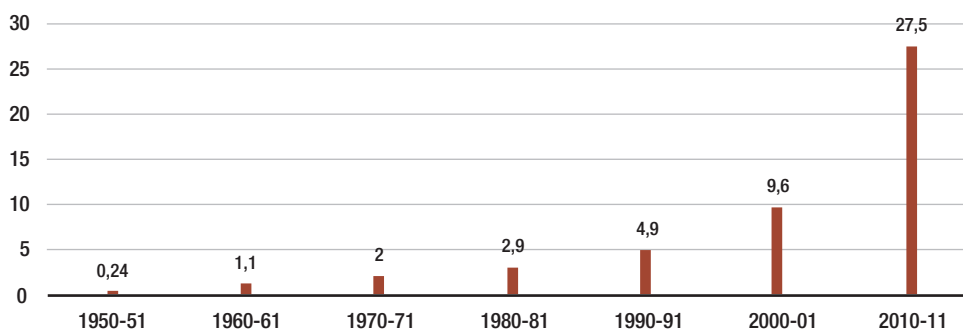


Gráfico 2. Matrículas na ES em milhões, Índia, anos selecionados

Fonte: Adaptado de Duraisamy (2016).

Condizente com esse quadro é o dado de que, de 1995 a 2007, a porcentagem de estudantes tendo acesso à ES de forma gratuita caiu, devido ao crescimento da importância do setor privado: no total, o percentual foi de 13,48% para 5,78% dos estudantes (Tabela 6). Também, de acordo com o MHRD (ÍNDIA, 2016), 45,4% dos estudantes em 2014-15 estavam matriculados em *private unaided* IES, 21,6% em *private aided* IES e 33% em IES públicas na Índia.

Tabela 6. Percentual de estudantes com acesso grátis à ES por diferentes categorias, %, Índia (1995 e 2007)

	1995	2007
Rural	17,57	6,81
Urbano	11,36	4,99
Homens	11,66	4,78
Mulheres	16,43	7,15
ST	30,64	14,3
SC	28,17	11,93

OBC	4,99	4,02
Outros	11,06	4,43
Outros + OBC	13,48	5,78
Quartil 0-20	11,14	11,89
Quartil 20-40	20,49	8,69
Quartil 40-60	15,92	5,93
Quartil 60-80	15,56	6,22
Quartil 80-100	11,33	4,25
Total	13,48	5,78

Fonte: Adaptado de Khan (2015).

Por fim, o crescimento das matrículas na ES está associado à expansão da EaD (Tabela 7): em 2012-13, as matrículas em cursos EaD representavam 11,9% do total das matrículas na ES na Índia, apesar de terem chegado a alcançar mais de 20% no início dos anos 2000.

Tabela 7. Matrícula em cursos presenciais e EaD, Índia (1967-68 - 2012-13)

	Presencial	EaD	Participação dos cursos EaD no total (%)
1967-68	1.370.261	8.577	0,6
1980-81	2.752.437	166.428	6,0
1990-91	4.990.000	560.000	11,2
1999-2000	7.730.000	1.518.000	20,4
2002-03	9.200.000	2.000.000	22,0
2006-07	13.163.054	2.800.000	21,3
2010-11	24.185.295	3.314.454	12,1
2011-12	25.003.134	3.559.559	12,5
2012-13	26.096.292	3.532.730	11,9

Fonte: Duraisamy (2016).

Este breve panorama da ES no país asiático mostra que, apesar da estrutura diferente em relação à brasileira, assim como no Brasil, na Índia, o setor privado é de grande importância no acesso à ES e que, naquela nação, a participação do setor privado tem crescido em grande velocidade, levando à redução do percentual de estudantes que recebem educação gratuita ao longo dos anos. A seguir, são discutidos os efeitos que esse fenômeno pode ter nas desigualdades indianas.

4. Desigualdades no acesso à educação superior na Índia

Na Índia, as diferenças em escolaridade estão muito relacionadas às desigualdades mencionadas anteriormente (de casta, religião, regionais, rural/urbano, gênero e religião), conforme também abalizam Lall e Rao (2011), Thorat (2016) e Sharma (2016). Lall e Rao (2011) argumentam que a maioria dos SC e dos ST matriculados em graduação na ES estão em *liberal arts faculties*, definidas em termos amplos como IES que formam profissionais com conhecimento mais amplo, ao invés de cursos mais focados e mais voltados para o mercado, com conhecimentos técnicos e tecnológicos. Ainda no país asiático, os cursos voltados para a tecnologia são mais valorizados social e economicamente. Lall e Rao (2011) apontam que são baixas as matrículas de SC e ST em áreas onde os empregos são mais abundantes e com melhores condições de trabalho, como *business* e administração, tecnologia da informação e biotecnologia. Essa diferenciação das matrículas pode ser explicada pela concentração de IES destas áreas mais valorizadas em setores urbanos e cobrando altas mensalidades: em geral, instituições privadas oferecem tais cursos mais valorizados.

Khan (2015) também traz indicadores para as desigualdades na ES indiana em termos de áreas rural e urbana, gênero, região, renda, religião, casta e outras circunstâncias. Ao trazer dados de Taxa Bruta de Matrícula (TBM) para vários grupos, o autor evidencia que o crescimento absoluto da ES na Índia privilegiou estudantes das áreas urbanas, homens e das famílias mais abastadas. As Tabelas 8 e 9 foram adaptadas do trabalho de Khan (2015), com adição de uma ou mais linhas para comparar a evolução das diferenças entre TBM em diversos grupos ao longo do tempo.

Tabela 8. TBM em áreas urbanas e rurais, Índia (1983, 1993, 2004, 2011)

	1983	1993	2004	2011
Rural	4,4	7,06	9,65	22,83
Urbano	19,91	25,36	31,13	48,21
Total	8,58	11,92	15,61	31,13
Diferença TBM Urbano e Rural	15,51	18,3	21,48	25,38

Fonte: Adaptado de Khan (2015).

Como visto pela Tabela 8, a TBM é mais alta, em todos os períodos, na área urbana que na rural e essa diferença se acentuou ao longo do tempo, indo de uma diferença de 15,51 pontos para 25,38 entre ambos os setores.

Tabela 9. TBM por gênero, Índia (1983, 1993, 2004, 2011)

	1983	1993	2004	2011
Homens	12,13	15,69	18,15	34,82
Mulheres	5,03	7,83	12,88	27,01
Total	8,58	11,92	15,61	31,13
Diferença TBM Homens e Mulheres	7,1	7,86	5,27	7,81

Fonte: Adaptado de Khan (2015).

A Tabela 9, por sua vez, apresenta as diferenças no acesso à ES em termos de gênero e que, apesar das flutuações, a diferença de TBM entre gêneros tem aumentado no país, indo de 7,1 em 1983 para 7,8 em 2011. Além disso, a inserção feminina na ES na Índia está concentrada em áreas com baixo reconhecimento social e com baixo retorno econômico no mercado de trabalho. Chanana (2016) argumenta que, agora que as chamadas ciências puras estão sendo desvalorizadas (ao contrário de *business* e engenharia), mais mulheres estão entrando nestas áreas: i.e., a inserção de mulheres em um campo e sua desvalorização econômica e social estariam relacionadas (ver Tabela 10). Também, de acordo com Chanana (2016), o nível de matrículas de mulheres em cursos de graduação e pós-graduação aumentaram, mas nas áreas de gerência e de docência nas IES ainda há pequena participação feminina e, quanto mais altas as posições, menos mulheres há. Percebe-se que as diversas barreiras enfrentadas pelas mulheres indianas também se manifestam de diversas formas no acesso à ES naquele país.

Tabela 10. Matrículas por disciplina e gênero dos estudantes, Índia (2011-12)

Área/ Disciplina	Matrícula total	% das matrículas no total	Mulheres matriculadas	% de mulheres matriculadas no total
Artes*	7.839.495	37,09	3.634.876	41,91
Ciências	3.789.967	18,64	1.662.128	19,17
Comércio/Administração	3.571.083	17,57	1.414.804	16,31
Educação	732.627	3,6	428.660	4,94
Engenharia/Tecnologia	3.261.590	16,05	959.105	11,06
Medicina	715.706	3,52	350.301	4,04
Agricultura	97.313	0,48	24.808	0,29
Ciências Veterinárias	28.504	0,14	6.979	0,08
Direito	373.246	1,84	107.825	1,24
Outros	217.947	1,07	82.945	0,96
Total	20.327.478	100	8.672.431	100

Fonte: Sharma (2016).

*Nota: O campo "Artes" se relaciona às liberal arts faculties, definidas em termos amplos como IES que formam profissionais com conhecimento mais amplo, ao invés de cursos mais focados e mais voltados para o mercado, com conhecimentos técnicos e tecnológicos.

A Tabela 11 mostra que grupos com renda mais alta também apresentam TBM mais alta: a desigualdade no acesso à ES está relacionada também à renda. Essa relação pode levar à perpetuação das desigualdades ao longo do tempo, entre as gerações. Importa, assim, analisar se as desigualdades de acesso ao longo do tempo quanto à renda foram reduzidas em termos de TBM ou não. Assim, a Tabela 11 evidencia que, nos últimos anos, aumentaram as desigualdades no acesso à ES quanto à renda. As desigualdades entre os estudantes pertencentes ao quintil³ mais baixo e o mais alto foram de 23,38 pontos para 60,29 pontos, ampliando significativamente o *gap* entre os grupos.

Tabela 11. TBM por quintis de consumo, Índia, (1983, 1993, 2004, 2011)

Faixa etária	Ano			
	1983	1993	2004	2011
0-20	1,98	3,35	2,48	10,14
20-40	4,21	5,47	5,00	18,13
40-60	6,19	8,75	8,91	26,18
60-80	10,64	15,21	16,86	39,22
80-100	25,36	31,47	48,45	70,43
Diferença de TBM entre quintis extremos	23,38	28,12	45,97	60,29

Fonte: Adaptado de Khan (2015).

Na Tabela 12, os dados revelam que, quanto à casta, ST e SC apresentam TBM menores. Novamente, quando comparamos a evolução das diferenças de TBM dos ST com SC e os OBC + outros, as desigualdades no acesso à ES aumentaram.

Tabela 12. TBM por castas, Índia (1983, 1993, 2004, 2011)

	1983	1993	2004	2011
ST	2,7	4,8	9	17,29
SC	4,41	6,58	9,97	21,5
OBC + Outros	10,13	13,95	17,99	35,37
Total	8,58	11,89	15,61	31,14
Diferença de TBM entre OBC + Outros e ST	7,43	9,15	8,99	18,08
Diferença de TBM entre OBC + Outros e SC	5,72	7,37	8,02	13,87

Fonte: Adaptado de Khan (2015).

3 Quando um conjunto de dados é dividido em cinco partes iguais, cada um dos pontos de corte é designado quintil.

Finalmente, a Tabela 13 mostra que a desigualdade em termos de religião tem um impacto no acesso à ES, com os muçulmanos sendo o grupo mais prejudicado. A diferença de TBM de muçulmanos para hindus, cristãos e outros cresceu de 1983 a 2011; enquanto a diferença entre cristãos e outros caiu; e entre cristãos e hindus foi ambígua, mas com tendência a queda. Portanto, também as diferenças de acesso quanto à religião se acentuaram no país, em desfavor dos muçulmanos.

Tabela 13. TBM por religião, Índia (1983, 1993, 2004, 2011)

Religião	1983	1993	2004	2011
Hindu	8,52	12,33	16,31	33,16
Muçulmana	4,49	6,56	9,14	17,47
Cristã	23,08	21,71	26,93	45,24
Outros	12,06	12,36	18,76	39,98
Diferença de TBM entre Cristãos e Hindus	14,56	9,38	10,62	12,08
Diferença de TBM entre Cristãos e Muçulmanos	18,59	15,15	17,79	27,77
Diferença de TBM entre Cristãos e Outros	11,02	9,35	8,17	5,26
Diferença de TBM entre Outros e Muçulmanos	7,57	5,8	9,62	22,51
Diferença de TBM entre Hindus e Muçulmanos	4,03	5,77	7,17	15,69

Fonte: Adaptado de Khan (2015).

Como Khan (2015) mostra (ver Tabela 8), a TBM na Índia na ES, no total, aumentou de 8,58 em 1983 para 31,14 em 2011. O crescimento absoluto das matrículas e o crescimento da TBM é visível para quase todos os grupos sociais analisados por Khan (2015). Porém, as diferenças de TBM aumentaram também em todos os grupos analisados: entre homens e mulheres, urbano e rural, grupos de renda, entre as castas e considerando as religiões. Assim, os dados mostram que a expansão da ES na Índia ampliou as desigualdades. Ou como Khan (2015) argumenta:

[...] change in access over time suggests that increase in HE is concentrated to urban areas, male gender, economically better off sections. This increase in GER among STs, SCs and muslims is lowest. The economically better off groups even among them have been highly benefited from increase in GER (KHAN, 2015, p.116).

Quanto às desigualdades regionais, Khan (2015) argumenta também que os Estados no sul da Índia apresentam performance consistentemente melhor em termos de TBM que outras regiões da Índia para todos os grupos aqui analisados. Estes Estados, como explicado anteriormente, também apresentam IDH melhor e maior PIB *per capita*. Os Estados pobres da Índia e os do leste do país têm piores indicadores em termos de acesso e desigualdade.

Portanto, as desigualdades no acesso à ES na Índia aumentaram. É importante, no entanto, assinalar que essa questão depende também dos níveis de conclusão da educação básica por cada um dos grupos analisados, i.e., se um grupo tem menor probabilidade de completar a educação básica, também haverá menos jovens daquele grupo demandando a entrada na ES, o que afeta também o crescimento das TBM no nível da ES por grupos. Por exemplo, Desai e Kulkarni (2008) mostram que, para 1999-2000, entre homens de 24 a 29 anos, 37% dos *dalits* (SC) e 44% dos *adivasis* (ST) nunca estiveram matriculados em instituições formais de educação, comparados a 17% entre os hindus de castas altas. Muçulmanos também ficam para trás, com 32% nunca tendo sido matriculados em instituições formais de ensino, como mostram os mesmos autores. Uma comparação também entre jovens homens e mulheres também mostra que, entre as mulheres, um percentual maior nunca esteve matriculado em instituições formais de ensino. Ou seja, as desigualdades na educação também são anteriores ao nível de escolaridade analisado.

Sobre as causas do aumento da desigualdade no acesso à ES, questões importantes a serem destacadas na literatura indiana dizem respeito à relevância do setor privado, ao seu crescimento e seu papel em ampliar as desigualdades, com baixa regulação e baixa presença de políticas que busquem tornar este setor também uma ferramenta de inclusão social. Na Índia, como já assinalado anteriormente, o crescimento das IES ocorreu mais concentrado, nos últimos anos, nas instituições privadas, com a queda da participação de IES públicas e *private aided*, bem como uma queda do percentual dos estudantes com acesso gratuito à ES. De acordo com Duraisamy e Duraisamy (2016), o aumento do setor privado na ES na Índia é resultado do crescimento da demanda, em especial por parte de famílias de renda média, e da inabilidade dos governos estaduais em aumentar os recursos públicos para ES: assim, assinalam os autores, o peso de financiar a ES passou do Estado para as famílias.

Mensalidades altas cobradas pelas IES também são impeditivas para famílias de renda mais baixa. Khan (2015) mostra que o percentual de matrículas em IES *private unaided* é mais alto entre grupos de renda mais alta que entre grupos de renda mais baixa, enquanto uma maior porcentagem de estudantes de renda mais baixa se matricula em IES públicas. Assim, estudantes mais pobres tendem a ser excluídos. Neste contexto, bolsas e empréstimos se tornam cada vez mais importantes (CHATTOPADHYAY, 2016).

Nesse sentido, o crescimento nas chamadas “áreas profissionais” (*professional areas*) como *business* e engenharia se concentrou nas IES *private unaided*. Graduados de tais áreas, como explicado anteriormente, usualmente apresentam melhores salários e condições de trabalho que graduados de artes/humanidades e ciências (chamadas de *non-professional areas*).

Em outras palavras, a expansão da ES deu à Índia destaque internacional, porém, isto ocorreu de maneira mais desigual. Especialistas argumentam que este fato está bastante relacionado ao crescimento do setor privado: *"privatization itself will also not improve the access of weaker section. In fact, it may wipe out the minuscule percentage of socially and economically deprived student in higher education"* (KHAN, 2015, p.257).

Muitos autores estão de acordo com esta argumentação, de que a privatização da ES na Índia com altas mensalidades agravou as desigualdades de acesso à ES:

Thus, the access of the poor and social groups like SC/ST to the private unaided institutions, particularly in professional courses was lower due to high cost. This implies that private higher education system creates unequal access and excludes the poorer groups, and thereby generates unequal human resource capabilities. Instead of serving as an instrument of equal opportunities, education, in fact, has become a source of inequality. Education in Europe has played a positive role by providing equal opportunities through public education system to poor and non-poor and helped to develop human resources capabilities for all. In India, however, it is exactly the opposite (THORAT, 2016, p.33).

Privatization of education and commercialization of professional higher education in particular, has the strong potential to accentuate disparities in access in terms of gender, regional and social categories (CHATTOPADHYAY, 2014, p.54-55).

While there are fears of low quality and inequitable access, the main concern is that the private institutions sometimes use deception in their pursuit of profit. There are tendencies in the private providers to be exploitative, and thus regulation becomes the central policy issue for the private higher education (AGARWAL, 2009, p.113).

It has now been more than two decades that the privatization of education process began under the garb of globalization – liberalization. However, HE in India is being de facto privatized on a massive scale. (...). This rapid expansion of higher education is leading to create severe imbalances across regions, caste, gender and religion. Thus, privatization of higher education

is adding to existing deprivation in the society in absence of supportive measures provided by the government including reservation of seats (WANKHEDE, 2016, p.107).

If India strives for more access to HE by associating the private sector, it is feared that issue of equity and quality are likely to be undermined (GUPTA, 2016, p.370).

There is a conflict between globalisation and massification in the true sense at the basic level. (...) In India, as we observed earlier, rampant privatisation of education with little regulation and associated concern about quality make the government's claim to achieve inclusive expansion in HE a mere rethoric (CARPENTIER, CHATTOPADHYAY, PATHAK, 2011, p.149).

Assim, ampliar o papel do setor privado *per se* é um fator, apontam os autores, que pode ampliar as desigualdades de acesso a esse direito, que é o que ocorreu na Índia segundo os dados apresentados.

Aqui faz-se interessante comparar o caso indiano ao brasileiro: tanto a Índia quanto o Brasil possuem um setor privado expressivo e crescente, apesar de o crescimento do setor privado na ES indiana ter sido mais acentuado. No Brasil, no entanto, mesmo com grande presença do setor privado, diversas políticas públicas foram aplicadas - e desfinanciadas a partir de 2015, conforme Oliveira (2019a) -, em especial a partir dos anos 2000, para garantir que as vagas no setor privado fossem também acessíveis para estudantes de grupos socialmente desvalorizados. Ou seja, políticas públicas com enfoque na inclusão foram também aplicadas no setor privado, tais como o Programa Universidade Para Todos (Prouni) e o próprio Fundo de Financiamento Estudantil (Fies). Além de tais políticas, o papel das IES públicas brasileiras também foi importante para a inclusão no sistema como um todo, tendo muito impactos positivos nos números. Na Índia, entretanto, esse aumento da privatização ocorreu com altas mensalidades, colocando um peso no orçamento das famílias com o qual só aquelas já de renda mais alta puderam arcar.

Entrando então na questão das políticas públicas, Feres Jr. e Daflon (2015) discutem como a Índia foi o primeiro país do mundo a adotar ações afirmativas (cotas) para castas, na década de 1950:

Após conquistar a independência, a Índia criminalizou o casteísmo e consagrou em sua constituição o princípio das "políticas de reserva", medidas voltadas para a proteção e promoção de membros de grupos historicamente discriminados. Entre as medidas,

incluem-se cotas de representação política nas legislaturas estaduais e nacionais, cotas de contratação no serviço público e cotas nas instituições públicas de ensino superior (FERES JR.; DAFLON, 2015, p.96-97).

Hoje, tanto no Brasil quanto na Índia, há políticas de ações afirmativas para ampliar o acesso para grupos vulneráveis, tanto na ES quanto, por exemplo, para posições no serviço público. No caso indiano, ST têm reservas de 7,5% das vagas nas IES públicas e *private aided*, enquanto os SC têm reserva de 15% e os OBC, de 27% (WANKHEDE, 2016; LALL; RAO, 2011). Isto fez com que 49,5% das vagas de tais instituições fosse reservada.

Agarwal (2009, p.64) afirma que a ES é um instrumento importante para reduzir as desigualdades na sociedade, mas que é quase impossível isolar os efeitos do *background* familiar na reprodução das desigualdades. Ainda assim, as ações afirmativas na Índia são "*stridently opposed by those who stand to lose and seen to be compromising on excellence*" (AGARWAL, 2009, p.65): assim como no Brasil, alguns dos privilegiados sentem estar perdendo espaços, gerando muitas controvérsias (ALTBACH, 2009, p.48). De fato, assim como no Brasil, a política é muito controversa, mas eficaz no sentido de ampliar a inclusão na ES pública. Feres Jr. e Daflon (2015) afirmam que há uma grande semelhança na maneira como os argumentos de oposição à ação afirmativa figuram no debate público em ambos os países:

Um *survey* realizado em 2006 mostrou, por exemplo, que a maioria dos brasileiros é favorável a essas medidas – 65% a favor das cotas raciais e 87% das cotas sociais (UOL, 2006). No entanto, a cobertura dessas políticas pela mídia dá a falsa impressão de que posições contrárias superam as favoráveis, uma vez que os detratores das ações afirmativas ocupam mais espaço do que os seus defensores (CAMPOS, FERES JR., DAFLON, 2011). O mesmo pode ser dito a respeito da cobertura midiática das políticas de reserva na Índia: apesar de um grande apoio popular a essas medidas (WEISSKOPF, 2004; BAINS, 1994), a cobertura da mídia apresenta um viés negativo muito forte (RAJALAKSHMI; TRIPATHI, 2008) (FERES JR.; DAFLON, 2015, p.98-99).

Feres Jr. e Daflon (2015) elencam os principais argumentos de acadêmicos contrários às cotas no Brasil e na Índia e percebe-se que os argumentos são bastante semelhantes:

Algumas interpretações a respeito dos processos de construção nacional da Índia e do Brasil guardam semelhanças entre si. Alguns acadêmicos indianos sugerem que a divisão hierárquica da sociedade indiana foi um aspecto positivo da invasão ariana-brãmãne em 1500 a.C. Segundo eles, a divisão da sociedade em castas permitiu que os conquistadores assimilassem as populações autóctones em ocupações subalternas, poupando-as assim da aniquilação física (NANDA, 2007). De forma similar, alguns historiadores e cientistas sociais brasileiros alegam

que o processo de construção da sociedade foi caracterizado pela plasticidade e tolerância dos colonizadores portugueses, os quais, apesar de terem escravizado os africanos e os povos indígenas, teriam construído uma sociedade harmônica e multicultural, na qual as “três raças” foram integradas e se misturaram nos planos biológico e cultural (PINTO DE GÓES, 2007) (FERES JR. E DAFLON, 2015, p.103-104).

Os argumentos foram elencados na Tabela 14.

Tabela 14. Argumentos contrários às ações afirmativas no Brasil e na Índia

Brasil	Índia
1. Raça/Casta e identidade nacional	
Racialização/Reificação das raças	Anti-secularismo / Reificação das castas
Criação ou acirramento do conflito racial	Acirramento do conflito comunal
Importação do modelo norte-americano	Legado do colonialismo britânico
Crise da identidade nacional brasileira	Crise da identidade nacional indiana
Imposição de uma identidade binária	Imposição de identidades rígidas
2. Cidadania e Estado	
Violação da igualdade legal	Violação da igualdade legal
Prejudicial ao mérito	Prejudicial ao mérito
Ruptura com a tradição republicana brasileira	
Intervenção do Estado nas relações sociais	
3. Procedimentos e resultados	
Ineficaz no combate às desigualdades	Ineficaz no combate às desigualdades
Questão da vigência	Questão da vigência
Benefício da classe média negra e exclusão dos brancos pobres	Criação de uma <i>creamy layer</i> e exclusão dos pobres
Estigmatização e vitimização dos beneficiários	Estigmatização e vitimização dos beneficiários
Dificuldade de definição dos beneficiários	Dificuldade de definição dos beneficiários
Exclusão de indígenas e pardos	Exclusão de outros grupos discriminados, como muçulmanos
Classe e não raça é a variável que explica a desigualdade no Brasil	

Fonte: Feres Jr. e Daflon, 2015.

Apesar das oposições, as ações afirmativas foram adotadas no Brasil e na Índia, nas IES públicas. Porém, o papel da educação privada na Índia tem crescido mais e mais, o que faz com que o esforço em incluir somente nas IES públicas e *private aided* seja insuficiente para garantir

uma maior inclusão no sistema como um todo. No que diz respeito ao Brasil, políticas que combinaram a inclusão nas IES públicas (ações afirmativas); mais a ampliação das vagas das instituições federais de educação superior (IFES), por meio do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni); além do Prouni e da ampliação do Fies no setor privado; entre outras, formaram uma cenário para mudar o perfil de acesso à ES, tornando-o diversificado.

Por fim, um ponto importante na institucionalidade indiana quanto à ES é o Décimo Primeiro Plano Quinquenal (*Eleventh Plan*), válido de 2007 a 2012. Thorat (2016), que participou das negociações para a elaboração do plano, assinala que, à época, uma série de estudos empíricos foram feitos pela UGC sobre diferentes aspectos da ES indiana. Tais estudos mostraram baixos níveis de matrícula, diferenças regionais significantes, disparidades entre grupos, baixa qualidade do ensino e dos resultados, velhas práticas acadêmicas, de exames, enfim, conclamando a uma grande e ampla reforma (THORAT, 2016, p. 29). Com base nessas análises, o *Chairman* do UGC (o próprio Sukhadeo Thorat, o autor) fez uma apresentação ao primeiro ministro da Índia à época e, assim, políticas públicas foram anunciadas no mesmo dia: o *eleventh plan* teria um enfoque especial na inclusão e na reforma na ES. Por exemplo, foram previstas as aberturas de 30 novas universidades centrais, de 374 *colleges* modelo nos locais onde as TBM eram mais baixas que a média nacional, bolsas para cobrir 2% dos estudantes de graduação e pós, além de aumento do salário dos professores das universidades e dos *colleges*. De acordo com Thorat (2016), o financiamento para a ES aumentou 11 vezes em relação aos valores estabelecidos pelo *tenth plan*, o plano anterior. Isto levou a uma ampliação no número de IES e a aumentar a inclusão, com enfoque em regiões com índices mais problemáticos. Todo este conjunto de medidas fez com que o *eleventh plan* fosse apelidado de *education plan*.

Embora o plano tenha sido em grande parte executado, as mudanças estão sendo vistas mais lentamente, mas espera-se que os impactos do aumento do investimento público na ES indiana tenham uma influência positiva na redução das desigualdades, em especial devido às ações afirmativas vigentes nas IES públicas e *private aided*: se as vagas em tais IES crescem, espera-se que cresça junto a inclusão. Porém, esse processo foi parcialmente interrompido com a mudança de governo, do anterior primeiro ministro Manmohan Singh (2004 – 2014), do *Indian National Congress Party*, para o primeiro ministro Narendra Modi (2014 - atual), do *Bharatiya Janata Party* (BJP). Assim como no Brasil, a continuidade das políticas é uma questão: com a mudança de governo, passou-se a falar em aumentar o financiamento privado com uma *Higher Education Financing Agency*. Mudanças nesse sentido aumentam o crescimento do setor privado em detrimento da igualdade, ao contrário do que havia sido proposto no *eleventh plan*.

5. Considerações finais

O acesso à ES indiana se tornou mais desigual ao longo dos anos, enquanto no Brasil ele se tornou mais inclusivo (pelo menos até 2015, segundo Oliveira, 2019a). Ou seja: a expansão no sistema de educação não é sempre inclusiva. Mas, o que explica a diferença nas duas trajetórias?

Em primeiro lugar está o modelo de crescimento indiano (MISHRA, 2015; CHATTOPADHYAY, MUKHOPADHYAY, 2013; AGARWAL, 2009). Apesar de maior em porcentagem e escala, o crescimento indiano nos últimos anos não foi inclusivo, tal como ocorreu no início do século 21 no Brasil e pelo menos até o ano de 2014: na Índia, a incidência de pobreza ainda é muito alta e o crescimento da economia ocorreu com o aumento das desigualdades na distribuição de renda. O crescimento brasileiro foi menor, mas, até 2014, privilegiou a inclusão social, com melhoria do acesso aos direitos sociais e aumento dos salários (FAGNANI, 2015). Além disso, a maneira como a desigualdade foi reduzida no Brasil dos anos 2000 (OLIVEIRA, 2019b) influencia as formas de acesso à ES, i.e., de alguma forma, a redução na desigualdade de acesso à ES é um reflexo de um movimento mais amplo da sociedade, de redução das desigualdades, pois com a melhoria das condições de vida e do mercado de trabalho, mais famílias antes excluídas do acesso à ES passam a aspirar a mandar seus membros para a ES e passam a ter melhores condições financeiras também de fazê-lo. Apesar disso, as desigualdades em ambos países continuam enormes.

Em segundo lugar, a adoção de políticas específicas voltadas para a inclusão na ES teve pouca intensidade e pouca continuidade na Índia, como mostra o exemplo do *eleventh plan*. Políticas de assistência estudantil no Brasil também foram muito importantes. Mas há de se pontuar que 2015 foi um divisor de águas na política social no Brasil, com o corte de orçamento e posterior interrupção de muitas políticas.

Em terceiro lugar, o papel do setor privado no acesso à ES teve diferenças: no Brasil, a expansão da ES privada foi influenciada por políticas de garantia de inclusão social, tais como o Proni e o Fies, fazendo com que mesmo o setor privado realizasse uma maior inclusão e fosse mais acessível. Na Índia, o crescimento do setor privado ocorreu com a cobrança de mensalidades impeditivas, com a redução do percentual de estudantes com acesso gratuito à ES.

Em quarto lugar, nas IES públicas (Federais e Estaduais, em grande medida, para o caso do Brasil e IES públicas e *private aided* no caso da Índia), tanto a Índia quanto o Brasil possuem ações afirmativas. Porém, no caso indiano, o setor privado cresceu em velocidade muito maior nos últimos anos que o setor público, fazendo com que o efeito da inclusão no setor público seja menos representativo no todo. Por fim, em ambos os países há uma dificuldade em regular o setor privado e a continuidade das políticas públicas parece estar ameaçada pelas mudanças políticas.

Apesar de formalmente estar na agenda de qualquer governo, o “crescimento inclusivo” não necessariamente se faz realidade e depende de políticas públicas condizentes: não obrigatoriamente o crescimento econômico leva a um acesso mais igual aos direitos sociais. É o que mostra a experiência do Brasil durante o “milagre” econômico na ditadura e é o que mostra a experiência atual indiana.

Referências

- AGARWAL, P. Higher Education in Índia: Growth, concerns and change agenda. *In: Higher Education Quarterly*, 0951-5224, v. 61, n. 2, April 2007a, p. 197 – 207. DOI:10.1111/J.1468-2273.2007.00346.X
- AGARWAL, P. Private deemed universities. *International Higher Education*, n. 49, fall 2007b. Disponível em: <https://ejournals.bc.edu/index.php/ihe/article/view/7988/7139>
- AGARWAL, P. **Indian higher education: Envisioning the future**. SAGE Publications. 2009. <https://doi.org/10.4135/9788132104094>
- AGARWAL, P. Higher education policy: many contradictions. *Economic and Political Weekly*, v. 41, n. 45, 11 nov. 2006. Disponível em: <https://www.epw.in/journal/2006/45/commentary/higher-education-policy.html#>
- ALTBACH, P.G. The giants awake: higher education systems in China and India. *Economic & Political Weekly*, v. 44, n. 23, jun. 6, 2009. Disponível em: <https://www.epw.in/journal/2009/23/special-articles/giants-awake-higher-educationsystems-china-and-india.html#>
- AMBEDKAR, B.R. **Annihilation of caste**. 1936. Disponível em: <http://www.ambedkar.org/ambcd/02.Annihilation%20of%20Caste.htm>
- BAINS, R.S. **Reservation policy and anti-reservationists**. New Delhi: B.R. Publishing Corporation, 1994.
- BARTELT, D.D.; HARNEIT-SIEVERS, A. (org.) **The new middle class in India and Brazil: green perspectives?** Academic Foundation Dec.2017. 279 p. DOI: 9789332704145
- CAMPOS, L.A.; FERES JR., J.; DAFLON, V.T. **A ação afirmativa no ensino superior brasileiro**. Levantamento das Políticas de ação afirmativa gemaa, 2011. 22p. Disponível em: http://gemaa.iesp.uerj.br/wpcontent/uploads/2013/11/files_Levantamento_2011C.pdf

CARPENTIER, V.; CHATTOPADHYAY, S.; PATHAK, B.K. Globalisation, Funding and Access to Higher Education: perspectives from India and the UK. *In*: LALL, M.; NAMBISSAN, G.B. **Education & social justice in the era of globalisation: perspectives from India and the UK**. India, New Delhi: Routledge, 2011. p. 128-160. DOI:10.4324/9781003157199-6

CHANANA, K. Gender representation in Higher Education. *In*: VARGHESE, N. V.; MALIK, G. (ed.) **India Higher Education Report 2015**. Routledge: 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315651163>

CHATTOPADHYAY, S. New modes of financing higher education: cost recovery, private financing and student loans. *In*: VARGHESE, N.V.; MALIK, G. (ed.) **India Higher Education Report 2015**. Routledge: 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315651163>

CHATTOPADHYAY, S. Education for development: an exploration of the linkages in the Indian context. **Trade and Development Review**, v. 7, n. 2, 2014, p. 51-71. Disponível em: https://www.academia.edu/16896904/Education_and_Development_An_Exploration_of_the_linkages

CHATTOPADHYAY, S.; MUKHOPADHYAY, R.N. Embracing the global knowledge economy: Challenges facing indian higher education. *In*: BANERJEE, S.; CHAKRABARTI, A. (eds.) **Development and Sustainability**, p. 537-59, India: Springer. 2013. DOI: 10.1007/978-81-322-1124-2_23

DESAI, S.; KULKARNI, V. Changing educational inequalities in India in the context of affirmative action. **Demography**, v. 45, n. 2, May 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/VeenaKulkarni/publication/5238250_ChangingEducational_Inequalities_in_India_in_the_Context_of_Affirmative_Action/links/02e7e53666837adb7a000000/ChangingEducationalInequalities-in-India-in-the-Context-of-Affirmative-Action.pdf

DESHPANDE, A. **The Grammar of Caste: economic discrimination in contemporary India**. New Delhi, India: Oxford University Press, 2011. DOI:10.1093/acprof:oso/9780198072034.001.0001

DURASAMY, P. Quantitative expansion of higher education in India. *In*: VARGHESE, N.V.; MALIK, G. (ed.) **India Higher Education Report 2015**. Routledge: 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315651163>

DURASAMY, P.; DURASAMY, M. Contemporary issues in Indian higher education: Privatisation, public and household expenditures and student loan. **Higher Education for the Future**, v. 3, n. 2, p. 144-163, 2016. <https://doi.org/10.1177/2347631116648437>

FAGNANI, E. Crescimento e inclusão social. **Le Monde Diplomatique Brasil**, n. 90, 2015. Disponível em: <https://goo.gl/YHZt9D> Acesso em: 31/10/2016

FERES JR, J.; DAFLON, V.T. Ação afirmativa na Índia e no Brasil: um estudo sobre a retórica acadêmica. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 17, n. 40, set/dez 2015, p. 92-123. Disponível em: <https://goo.gl/NM3uME> Acesso em: 20 jul.2023.

GUPTA, A. Emerging trends in private higher education in India. In: VARGHESE, N.V.; MALIK, G. (ed.) **India Higher Education Report 2015**. Routledge: 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315651163>

INDIA. Ministry of Home Affairs. **Census of India 2011**, National population register & socio economic and caste census. Disponível em: <https://censusindia.gov.in/nada/index.php/catalog/42619> Acesso em: 20 jul. 2023

INDIA. Ministry of Human Resource Development. **All India survey on higher education**. New Delhi: 2016. 273 p. Disponível em: <https://goo.gl/GdRvpg> Acesso em: 28 oct. 2016.

KHAN, K. **Access to higher education in public and private education institutions and its determinants: 1983-84 to 2009-10**. Thesis (Doctor of Philosophy) - Centre for the study of regional development, School of Social Sciences, New Delhi: Jawaharlal Nehru University, 2015.

LALL, M.; RAO, S.S. Revisiting the equality debate in India and the UK: Caste, race and class intersections in education. In: LALL, M.; NAMBISSAN, G.B. **Education & social justice in the era of globalisation: perspectives from India and the UK**. Índia, New Delhi: Routledge. 2011. <https://doi.org/10.4324/9781003157199>

LEVY, D. Public money for private higher education. **International Higher Education**, n. 49, fall 2007. Disponível em: <https://ejournals.bc.edu/index.php/ihe/article/view/7987/7138>

MISHRA, S. Why worry about inequality in India? **Mint on Sunday**. 15 nov. 2015. Disponível em: <https://goo.gl/rYtkxu> Acesso em: 20 jul. 2016.

MORCHE, B. **A expansão do sistema de educação superior no Brasil, na China e na Índia: uma análise comparada**. 126 f. Dissertação (Mestrado em sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/79438/000900545.pdf;sequenc=1>

NANDA, B.R. **Gandhi and his critics**. New Delhi: Oxford University Press, 2007.

OLIVEIRA, A.L.M. **Educação Superior brasileira no início do século XXI: inclusão interrompida?** Tese de Doutorado. Instituto de Economia, Unicamp. 2019a. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=491030>

OLIVEIRA, A.L.M. Desigualdade no início do século XXI: o Brasil na contramão mundial? **Argumentum** (Vitória), v. 11, n. 3, p. 171-168, 2019b. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/argumentum/article/download/24810/20202/83321>

OMVEDT, Gail. **The U.N., racism and caste** - II. *The Hindu*, Tuesday, April 10, 2001. Disponível em: <https://goo.gl/qxgclR> Acesso em: 23 oct. 2016.

PINTO DE GOÉS, J.R. Histórias mal contadas. *In: FRY, P. et al. (orgs). Divisões perigosas: Políticas raciais no Brasil contemporâneo*. Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira, p. 57-62, 2007.

RAJALAKSHMI, T.K.; TRIPATHI, P.S. For and against, with reservations. **Frontline**, v. 25, n. 9, 2008.

SHARIFF, A. Socio-economic and demographic differentials between Hindus and Muslims in India. **Economic and Political Weekly**, v. 30, n. 46, nov. 18, 1995, p. 2947-2953. Disponível em: <https://goo.gl/zwZvcB> Acesso em: 20 jul. 2023.

SHARMA, G.D. Diversification of higher education in India. *In: VARGHESE, N.V.; MALIK, G. (ed.) India Higher Education Report 2015*. Routledge: 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315651163>

THORAT, S. Higher education policy in India: emerging issues and approaches. *In: VARGHESE, N.V.; MALIK, G. (ed.) India Higher Education Report 2015*. Routledge: 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315651163>

TILAK, J.B.G. A decade of ups and downs in public expenditure on higher education in India. *In: VARGHESE, N.V.; MALIK, G. (ed.) India Higher Education Report 2015*. Routledge: 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315651163>

UNESCO Institute for statistics - UIS. **Welcome to UIS Stats**. Disponível em: <http://data.uis.unesco.org/> Acesso em: 20/07/2023

UNIVERSITY GRANTS COMMISSION – UGC. **Total No. of universities in the country as on 05.07.2016**. Disponível em: <https://goo.gl/PVjUpm> Acesso em: 23 jul. 2023

UOL. **Brasileiros apoiam cotas raciais em universidades.** Disponível em: <http://noticias.uol.com.br/ultnot/brasil/2006/07/23/ult1928u2262.jhtm>. 2006. Acesso em 23/07/2006.

WANKHEDE, G. Perspectives on social group disparities in higher education. *In*: VARGHESE, N. V.; MALIK, G. (ed.) **India Higher Education Report 2015**. London: Routledge. 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315651163>

WEISSKOPF, T.E. **Affirmative Action in the United States and India**. Londres: Routledge, 2004. 308p. <https://doi.org/10.4324/9780203799970>

WORLD BANK. **World bank open data.** Disponível em: <https://data.worldbank.org/> Acesso em: 20/07/2023

SEÇÃO 6

SOBERANIA TECNOLÓGICA

Abordagem metodológica para a análise de soberania tecnológica

Abordagem metodológica para a análise de soberania tecnológica

Alessandra de Moura Brandão¹, Cesar Augusto Costa², Eduardo Amadeu Dutra Moresi³, Fernando Teixeira Bueno⁴

Resumo

Os objetivos deste estudo são apresentar um panorama conceitual de soberania tecnológica e conduzir uma análise exploratória de documentos recuperados em bases de dados de pesquisas bibliográficas. O estudo seguiu as seguintes etapas: desenho da pesquisa; pesquisa bibliográfica na base Scopus para mapear a literatura científica; e obtenção e análise das redes de coocorrência de palavras-chave, de citações e de referências citadas. O artigo apresenta um espaço conceitual sobre soberania tecnológica, incluindo as soberanias digital e de dados. Este espaço revela que temas atuais – como privacidade, Lei Geral de Proteção de Dados, Internet das Coisas e espaço cibernético, entre outros – permitem

Abstract

This study presents a conceptual overview of technological sovereignty and guides an exploratory analysis of documents retrieved from bibliographic and patent research databases. Study steps: research design; bibliographical research in the Scopus database to map the scientific literature; patent search in Lens database for patent mapping; obtaining and analyzing the co-occurrence networks of keywords, co-occurrence of cited references and co-occurrence of patent classification codes. The study presents a conceptual space about technological sovereignty including digital and data sovereignty. This space reveals that current issues such as privacy, general data protection regulation, internet of things, cyberspace, among others,

-
- 1 Assessora técnica no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). ORCID 0000-0002-6878-7271
 - 2 Assessor técnico no CGEE. ORCID 0000-0003-4853-758X
 - 3 Assessor técnico no CGEE. ORCID 0000-0001-6058-3883
 - 4 Assessor técnico no CGEE. ORCID 0000-0003-2728-2776

explorar com maior abrangência a importância da soberania tecnológica.

allow for more comprehensive exploration of the importance of technological sovereignty.

Palavras-chave: Soberania tecnológica. Soberania digital. Soberania de dados. Bibliometria. Análise de redes.

Keywords: *Technology sovereignty. Digital sovereignty. Data sovereignty. Bibliometric. Network analysis.*

1. Introdução

O conceito de soberania tecnológica não é novo. Já em 1967, o Conselho de Ciência do Canadá defendeu uma estratégia de soberania tecnológica como um meio para desenvolver e controlar a capacidade tecnológica para apoiar a soberania nacional (GLOBERMAN, 1978, p. 43). A estratégia envolvia, entre outras coisas, incentivo à propriedade canadense para empresas de tecnologia e inovação local. O autor considerou, na época, que essa política estava muito mais relacionada ao nacionalismo do que ao aumento da eficácia econômica do país.

Outro artigo, publicado alguns anos depois – desta vez sobre o caso da Austrália –, definiu soberania tecnológica como a capacidade e a liberdade de selecionar, gerar ou adquirir e aplicar, desenvolver e explorar a tecnologia comercial necessária à inovação (GRANT, 1983, p. 239). Neste caso, liberdade refere-se à ausência de restrição contratual ou legal; e capacidade significa o conhecimento e a especialização tecnológica para se engajar em tal inovação industrial.

Edler *et al.* (2020) definiram soberania tecnológica como a capacidade de um estado ou federação de estados de fornecer as tecnologias consideradas críticas para o seu bem-estar, competitividade e capacidade de ação. O conceito envolve também a competência necessária para desenvolver estas tecnologias ou obtê-las de outras áreas econômicas, sem dependência estrutural unilateral. Essa definição, portanto, não implica em uma autossuficiência tecnológica, mas na necessidade de obter todas as tecnologias classificadas como críticas. Os autores descrevem as opções de preservação, desenvolvendo e mantendo os próprios recursos e evitando dependências unilaterais. Neste sentido, a soberania tecnológica é uma condição necessária – mas de forma alguma suficiente – para a criação e a difusão autodeterminada de inovações críticas (soberania da inovação) e para o comércio econômico autodeterminado (soberania econômica). Edler *et al.* (2020) concluem afirmando que é insuficiente focar apenas na soberania da tecnologia.

Alguns autores usaram o termo **soberania tecnológica** para descrever práticas de desenvolvimento de tecnologias e infraestruturas digitais, usando *software* livre, servidores e

tecnologias baseadas em criptografia, tanto em nível coletivo quanto individual (BELTRÁN, 2016; HACHÉ, 2017; NITOT, 2016). Entretanto, essa definição não será acatada neste trabalho. A noção de soberania em relação a termos como digital, dados e tecnologia tem sido cada vez mais usada por diversos atores para promover diferentes perspectivas. Esse interesse pela soberania digital e pelos termos relacionados pode, em parte, ser atribuído a fatores como a crescente importância da nuvem (HU, 2015) e as revelações de Snowden (POLATIN-REUBEN; WRIGHT, 2014), que destacou a vigilância em massa e a coleta de dados pelo governo e empresas dos Estados Unidos.

Para analisar até que ponto existe soberania tecnológica, Edler *et al.* (2020) propuseram uma combinação de métodos, incluindo indicadores quantitativos baseados em algoritmos de pesquisa específicos para auxiliar esse tipo de análise. Tais métodos devem ser apoiados por pesquisas sistemáticas de especialistas que forneçam o contexto e a validação, de modo que a especificidade de cada tecnologia individual possa ser considerada. Os métodos propostos abrangem:

- Análise bibliométrica de artigos científicos e de indicadores derivados;
- Análise de patentes e de indicadores derivados;
- Análise da contribuição individual de países para padrões globais ou líderes nacionais;
- Análise das estatísticas de produção de tecnologia, para a identificação das capacidades de produção e da disponibilidade regional de recursos relevantes; e
- Análise de participação na exportação de uma tecnologia específica.

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma abordagem metodológica para a análise da soberania tecnológica, explorando a análise bibliométrica de artigos científicos, o mapeamento tecnológico de patentes e a análise de competências individuais.

2. Soberania tecnológica

Estimulada em grande parte por mudanças geopolíticas, surgiu uma discussão em torno da soberania tecnológica no domínio político. Até agora, o debate tem sido reativo, com ênfase na dissociação econômica de rivais geopolíticos fora da Europa ou, mais comumente, do sistema econômico e de valores ocidental (HUOTARI; WEIDENFELD; WESSLING, 2020).

Schot e Steinmueller (2018) afirmaram que ainda não está claro como a soberania tecnológica relaciona-se às transições de sustentabilidade ou a quaisquer dos quadros de política de inovação mais estabelecidos visando a impulsionar a competitividade econômica. Couture e Toupin (2019) mostraram que, embora a palavra-chave **soberania tecnológica** seja usada pelo menos desde meados da década de 1970, houve um aumento, desde 2011, no interesse pela noção de soberania. As autoras identificaram uma série de semelhanças e diferenças que existem entre os usos e interpretações da noção em relação ao digital. Embora essa noção tenha sido (e ainda seja) usada principalmente para abordar o controle do Estado sobre a tecnologia, ela agora está sendo apropriada por organizações da sociedade civil, povos indígenas e até mesmo pelos indivíduos. Em certo sentido, tem ocorrido uma mudança do coletivo – o Estado como sua expressão típica – para o individual.

Edler *et al.* (2020) explicaram que a soberania da tecnologia pode ser politicamente justificada pela obtenção ou retenção do controle sobre as tecnologias que são fundamentais para alcançar as transformações sociotécnicas. Contudo, versões mal definidas do conceito de soberania tecnológica podem facilmente enviesar para políticas econômicas nacionalistas que inibem as transformações sociotécnicas globais. Os autores reforçaram que o conceito de soberania tecnológica é caracterizado por um grau de diferenciação que vai além da discussão política e alcança um contexto mais amplo, que inclui as soberanias econômica e de inovação. Eles distinguiram as várias funções que as tecnologias cumprem no governo, na sociedade e na economia. Com base nisto, propuseram critérios e métodos capazes de determinar a necessidade e o grau de soberania em termos de tecnologias-chave, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Tipologia das dimensões da necessidade de soberania tecnológica

		Soberania tecnológica		
		Tarefas soberanas originais	Atendimento às necessidades da sociedade	Competitividade econômica
Preservar e proteger (estático)	Posicionamento econômico e funções do Estado	Defesa, segurança pública, administração	Serviços públicos, infraestruturas críticas, saúde pública (abastecimento de água, ligações de transporte, sistema de saúde)	Criação de empregos e valor nas indústrias existentes (engenharia mecânica e automotiva)
	Ser à prova de crise contra	Conflitos militares Ataques terroristas	Pandemias, crises baseadas no clima, ataques terroristas	Crise econômica, quebras estruturais causadas pela transformação
Desenvolvimento dinâmico		Autodeterminação informacional, posicionamento geopolítico	Transformação do sistema (mobilidade/ logística sustentável, transição de energia)	Criação e renovação de caminhos, transformação e desenvolvimento de novos setores

Fonte: Edler *et al.* (2020).

Explorar uma versão funcional do discurso da soberania tecnológica – que respeite tanto a necessidade de alcançar a competitividade (por meio da troca de oportunidades e riscos associados à dependência de cadeias de valor globais e redes de inovação) quanto a necessidade de alcançar transformações sociotécnicas – parece ser o ponto de equilíbrio a ser alcançado.

Em geral, o conceito de soberania tecnológica parece relacionar-se com ideias de independência, controle e autonomia de duas maneiras amplas (COUTURE; TOUPIN, 2019):

- Capacidade das coletividades (Estados, comunidades, movimentos sociais, etc.) de inovar e/ou engajar-se no desenvolvimento tecnológico, estimulando a inovação nacional para formas econômicas de nacionalismo (no caso do Estado) ou desenvolvendo *software* livre ou infraestruturas autônomas (para organizações da sociedade civil); e
- Segurança e/ou privacidade de indivíduos ou coletividades em relação à propriedade e ao controle sobre dados relacionados a si mesmos, aos cidadãos ou a um Estado.

O uso de soberania também tem um viés retórico. Isso reforça a análise feita por Werner e Wilde (2001) de que o discurso da soberania aparece com mais força em situações em que a autoridade sobre uma entidade é mais fraca do que o estabelecido. Em muitos casos, a soberania tecnológica é enquadrada como uma oposição ao domínio dos Estados Unidos sobre a Internet e, em trabalhos mais contemporâneos, ao poder de suas maiores empresas privadas de tecnologia, como Google, Amazon, Facebook, Apple e Microsoft (grupo ao qual os autores referem-se como GAFAM).

A pandemia de Covid-19 aprofundou a discussão sobre soberania tecnológica, revelando lacunas de capacidades mundiais em uma variedade de domínios-chave, desde aparelhos de saúde e vacinas até setores digitais (CRESPI *et al.*, 2021; CERRA; CRESPI, 2021).

Neste sentido, ter soberania tecnológica em uma determinada área significa que um país (ou um grupo de países) detém e preserva a capacidade de dominar de forma autônoma o conhecimento nesse campo. Considerando a natureza globalizada e interligada das economias, o significado atual de soberania tecnológica transcendeu as fronteiras nacionais e representa o nível apropriado de capacidade tecnológica a ser mantido, a fim de evitar dependência estrutural de terceiros (CERRA; CRESPI, 2021). A soberania tecnológica é uma condição necessária para uma infinidade de outras formas de soberanias em questões de importância global (KELLY *et al.*, 2020), tais como:

- Soberania da inovação: capacidade de explorar localmente tecnologias para o desenvolvimento de atividades econômicas presentes e futuras;
- Soberania econômica: capacidade de gerar valor agregado e prosperidade por meio de atividades independentes; e
- Autonomia estratégica: capacidade de desempenhar um papel autônomo e estratégico no contexto geopolítico.

3. Análise bibliométrica

A análise bibliométrica compreende duas abordagens principais para explorar um campo de pesquisa: a análise de desempenho e o mapeamento científico (NOYONS; MOED; LUWEL, 1999; VAN RANN, 2004). A análise de desempenho inclui métricas relacionadas às publicações, às citações e a ambas. O mapeamento científico inclui as análises de citação, de cocitação, de acoplamento bibliográfico, de coocorrência de palavras e de coautoria.

A ideia de visualizar redes bibliométricas, muitas vezes referida como mapeamento científico, tem sido um recurso muito utilizado para apoiar a análise de pesquisas bibliográficas. A visualização revelou-se como uma abordagem poderosa para analisar uma grande variedade de redes bibliométricas, desde as relações de citação entre publicações ou periódicos até relações de coautoria entre pesquisadores ou coocorrência de palavras-chave.

Em relação aos pacotes de *software* de apoio à análise bibliométrica e cientométrica, podem ser utilizados o pacote R Bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2017, 2021), principalmente para as análises de desempenho; o VOSviewer (VAN ECK; WALTMAN, 2022), para os mapeamentos bibliográficos; o Gephi, para calcular as métricas de redes (BASTIAN; HEYMANN; JACOMY, 2009); e o yEd (YWORKS, 2022), para visualizar espaços conceituais (MORESI *et al.*, 2019).

Neste sentido, Moresi, Pinho e Costa (2022) propuseram uma abordagem que integra as análises quantitativa e qualitativa e desenvolve-se nas seguintes etapas: desenho da pesquisa; coleta e compilação dos dados para a análise bibliométrica; refinamento da expressão de busca; análise bibliométrica de desempenho e de mapeamento científico; análise qualitativa; e relato dos resultados da pesquisa. A Figura 1 apresenta uma adaptação da abordagem proposta pelos autores, adequando-a ao contexto da soberania tecnológica.

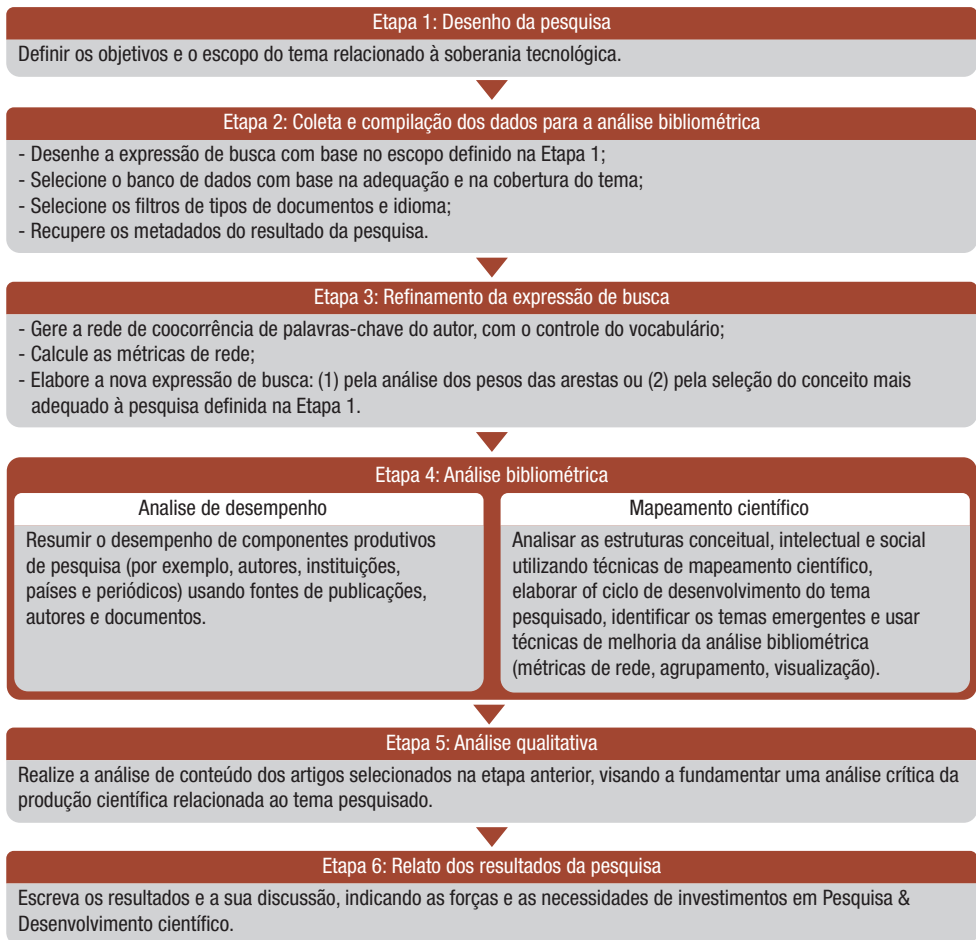


Figura 1. Abordagem para a análise bibliométrica

Fonte: Adaptado de Moresi, Pinho e Costa (2022).

A abordagem descrita na Figura 1 permite realizar uma ampla exploração de temas relacionados à soberania tecnológica, ao identificar os indicadores de desempenho em âmbitos internacional e nacional. O mapeamento científico permite aprofundar a análise da soberania tecnológica, por meio da interpretação da estrutura conceitual (mapas temáticos, evolução temática, tópicos de tendências e análise fatorial), da estrutura intelectual (análises de cocitação, de acoplamento bibliográfico e de citações) e da estrutura social (coautoria de pesquisadores, instituições e países). Outro ponto a destacar é a verificação do ciclo de desenvolvimento do tema para identificar a região da curva S, conforme definido por Phaal *et al.* (2011). O mapeamento científico também gera subsídios para a construção de expressões de busca para as análises de patentes e de competências.

4. Análise de patentes

As patentes são úteis para a análise competitiva e de tendências tecnológicas (ABRAHAM; MORITA, 2001) e foram empregadas na gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento para avaliar a posição competitiva da indústria. Tratam-se de uma fonte de informação valiosa para auxiliar a avaliação de tendências na pesquisa, uma vez que revelam as áreas de inovação nas quais os inventores estão focados.

A pesquisa de patentes pode ser realizada na base *Derwent Innovations Index* (DII), cujo acesso está disponível pelo Portal Capes, ou Lens (LENS, 2022), que é de acesso livre e indexa documentos científicos e patentes. A base DII fornece acesso a mais de 30 milhões de invenções, detalhadas em mais de 65 milhões de documentos de patentes e indexadas de 59 escritórios internacionais, inclui também os *links* para patentes citadas, artigos citados e indexados na base *Web of Science* e o texto integral das patentes (CLARIVATE, 2021).

Tabela 2. Substituição dos identificadores de Patentes para Artigos.

Identificadores das patentes	Identificadores dos artigos
Lens ID	Lens ID
Title	Title
Jurisdiction	Source Country
Piblication Date	Date Published
Publication Year	Publication Year
Application Number	ISSNs
Abstract	Abstract
Owners, Inventors ou Applicants	Author/s
URL	External URL
Document Type	Publication Type
Cited by Patents	Citing Patents
URL	External URL
Document Type	Publication Type
Cited by Patents	Citing Patents
Extended Family Size	Citing Works Count
CPC Classifications	Keywords
IPC Classifications	MeSH Terms
NPL Citations	References

Fonte: *Elaboração própria a partir de LENS, 2022.*

Para a análise dos resultados da pesquisa nestas bases, há a necessidade de alterar os identificadores dos metadados para um formato compatível com os softwares VOSviewer ou

Bibliomterix. A Tabela 2 apresenta um exemplo de alterações dos identificadores de patentes para os identificadores de artigos exportadas da base Lens (LENS, 2022).

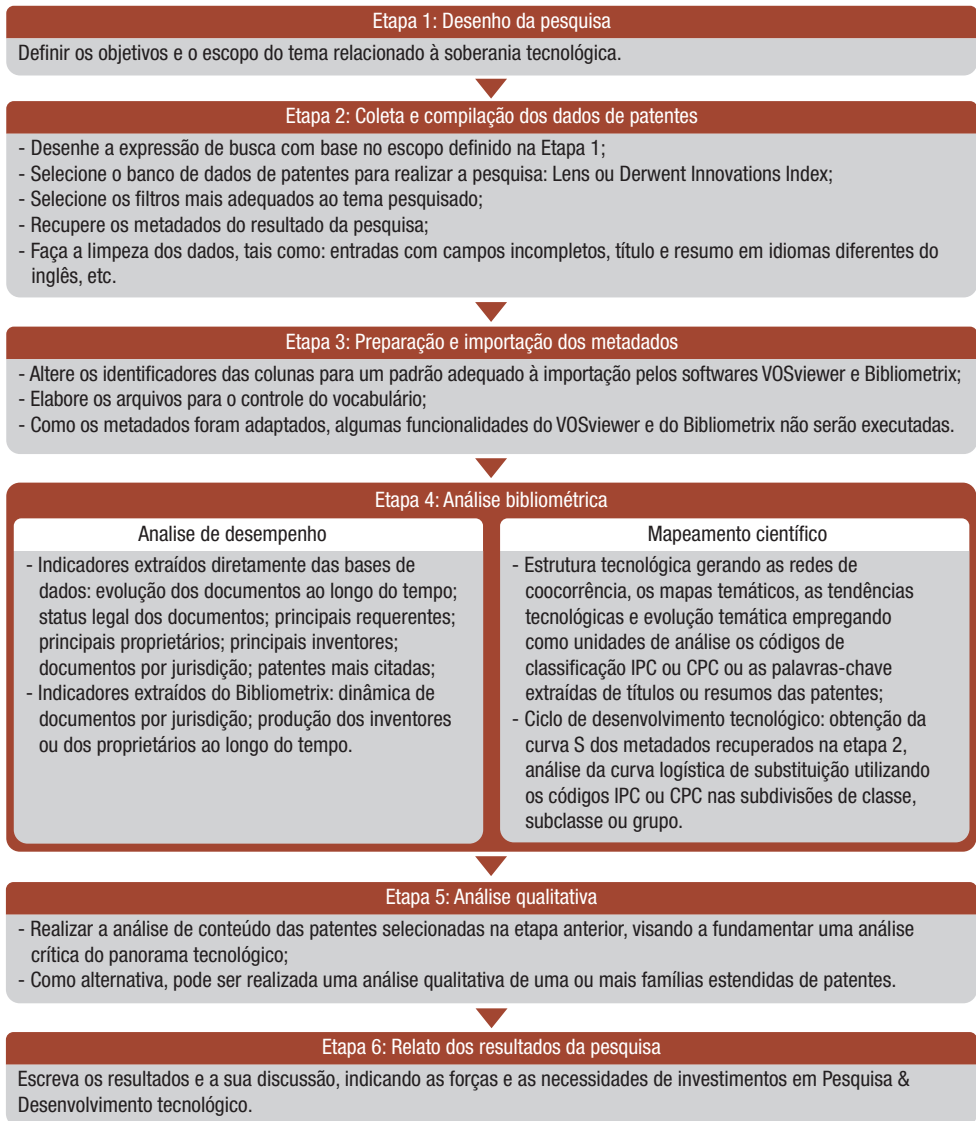


Figura 2. Abordagem para a pesquisa e a análise de panorama tecnológico

Fonte: Adaptado de Moresi, Pinho e Costa (2022).

A Figura 2 apresenta uma abordagem para explorar as patentes, incluindo as seguintes etapas: desenho da pesquisa; coleta e compilação dos dados de patentes; preparação e importação dos metadados; análise bibliométrica (incluindo a análise de desempenho e o mapeamento tecnológico); análise qualitativa; e relato dos resultados da pesquisa. Esta abordagem permite explorar os indicadores disponíveis nas bases Derwent Innovations Index (CLARIVATE, 2021) e Lens (LENS, 2022), além daqueles que podem ser obtidos pelo Bibliometrix, (ARIA; CUCCURULLO, 2021) tais como dinâmica de documentos por jurisdição e número de documentos por inventores ou proprietários em um período. O mapeamento tecnológico pode ser explorado mediante análise da estrutura tecnológica ou do ciclo de desenvolvimento tecnológico.

Para contextualizar a produção tecnológica relacionada à soberania de dados, à soberania digital e à soberania tecnológica, foi feita uma busca de patentes relacionadas a estes temas pela plataforma Lens (LENS, 2022) com o termo “*technolog* sovereignty*” OR “*data sovereignty*” OR “*digital sovereignty*”. Entre 2012 e 2021, foram submetidas 482 patentes. O Gráfico 1 mostra o número de patentes submetidas por ano. O comportamento quase monotonicamente crescente no número de patentes registradas mostra a tendência de maior relevância da área em um contexto do setor privado, principalmente em aplicações de Inteligência Artificial, comunicações e computação.

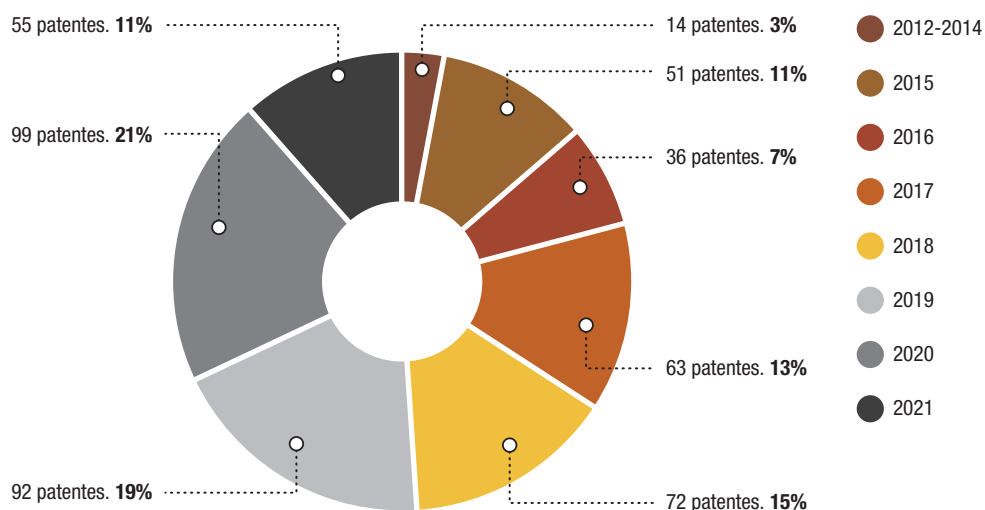


Gráfico 1. Percentual de patentes lançadas por ano entre 2012 e 2021

Fonte: Elaboração própria.

Entre os aplicantes, estão listadas 59 empresas diferentes. Há também 46 grupos de indivíduos que fizeram sua submissão sem o nome de nenhuma empresa ou afiliação comercial. A empresa americana de Inteligência Artificial Cognitive Scale Inc. retém 200 (41,9%) das 482 patentes registradas pela Lens. A segunda organização que possui o maior número de patentes é a Microsoft, com apenas 34 patentes (7,1%); seguida por EMC IP Holding, Amazon Tech e a OpenText. O Gráfico 2 apresenta o número de patentes submetidas pelas cinco empresas que mais submeteram patentes anualmente entre 2012 e 2021.

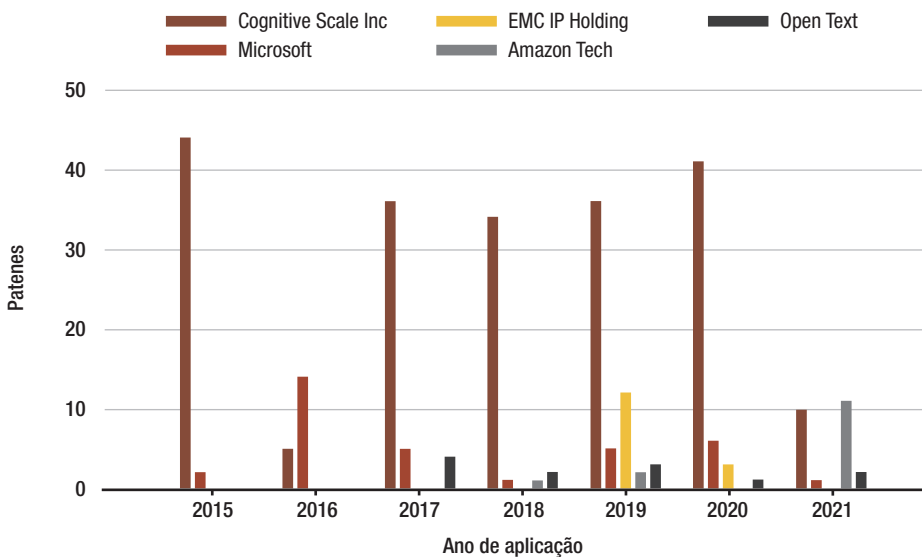


Gráfico 2. Patentes submetidas pelas cinco maiores empresas detentoras de patentes

Fonte: Elaboração própria.

Atualmente, os termos buscados (“*technolog* sovereignty*” OR “*data sovereignty*” OR “*digital sovereignty*”) estão naturalmente muito vinculados à área de computação em nuvem, computação de alto rendimento e métodos de processamento de dados nas mais diversas áreas. Para entendimento mais detalhado das aplicações específicas, analisou-se os códigos IPC dessas patentes. Elas são, em sua maioria, registradas com grupos de diferentes códigos IPC. Em uma análise preliminar, foi feita uma contagem frequentista de códigos individuais, não levando em consideração que uma mesma patente possui códigos diferentes. A Tabela 3 expõe a descrição, segundo a WIPO, dos códigos IPC mais frequentes.

Em cada subclasse, foram identificados os códigos numéricos e suas ocorrências. Na subclasse G06F, os códigos G06F3, G06F8, G06F9, G06F11, G06F12, G06F13, G06F16 e G06F21 são identificados. Destacam-se o código G06F16, com 176 registros; o G06F21, com 85; e o G06F09, com 58. A Tabela 4 mostra a descrição desses códigos segundo a WIPO.

Tabela 3. Descrição e número de ocorrência dos códigos IPC

Grande área e classe	Subclasse	Número de ocorrências	Descrição
G06 - Física (computar, calcular ou contagem)	G06F	284	Processamento digital de dados
	G06N	219	Sistemas computacionais baseados em modelos computacionais específicos
	G06Q	147	Métodos ou sistemas de processamento de dados, especialmente adaptados para fins administrativos, comerciais, financeiros, gerenciais e/ou de supervisão
H04 - Eletricidade (técnicas de comunicação baseadas em dispositivos elétricos)	H04L	172	Transmissão de informação digital
	H04M	6	Comunicação telefônica
	H04W	95	Rede sem fio de comunicação

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4. Descrição de códigos de subclasse de patentes

Código da subclasse	Descrição
G06F09	Ajustes para execuções de programas ou funções de processamento de dados
G06F16	Extração de informações, estruturas de banco de dados, estrutura de armazenamento de arquivos
G06F21	Procedimentos de segurança de computadores, componentes ou dados de acesso desautorizado

Fonte: Elaboração própria.

Duas patentes relacionam-se pela coocorrência de códigos identificadores de área e pelo conteúdo de suas descrições. A geração de redes de coocorrência de termos e de códigos fornece indícios de áreas de aplicação mais profícuas destas patentes e para onde o conhecimento técnico se direciona. Aliado a isso, informações como referências bibliográficas disponíveis nas patentes possibilitam conectá-las à produção acadêmica.

O código IPC mais frequente neste conjunto é o G06N5/04, que se refere a Sistemas computacionais baseados em modelos de conhecimento/Métodos de inferência e dispositivos. Entre as coocorrências mais frequentes, encontram-se G06N5/04 – G06N99/00, com 80 ocorrências; e G06N5/04 – G06N5/02, com 48. O código G06N99/00 refere-se a patentes que não se encaixam nas classificações subsequentes, evidenciando a novidade do tópico na área.

5. Conclusões

Este trabalho apresentou uma abordagem metodológica para a análise da soberania tecnológica, explorando a análise bibliométrica de artigos científicos, o mapeamento tecnológico de patentes e a análise de competências individuais. Apesar de não apresentar um exemplo prático de emprego da metodologia, o estudo aponta caminhos para analisar a soberania tecnológica a partir de artigos científicos, de patentes e de competências.

Como perspectiva futura, sugere-se incluir a análise de criticidade dos elementos que compõem a soberania tecnológica. A análise de criticidade é uma metodologia que pode ser empregada para determinar o grau de dependência de uma dada tecnologia ou elemento tecnológico. Inicialmente, deve ser feita uma análise que indique se o elemento tecnológico em questão é potencialmente crítico ou não. Para isso, sugere-se que seja analisada a relevância do elemento tecnológico para o projeto a ser desenvolvido e avaliado o seu grau de desenvolvimento tecnológico – ou, em outras palavras, o grau de maturidade tecnológica em que o elemento se encontra. Uma análise complementar examina a viabilidade de desenvolvimento desse elemento em termos de custo e prazo.

Caso seja considerado um elemento potencialmente crítico, ele seguirá para o segundo passo da metodologia, que é uma análise na qual diversas variáveis são consideradas, como disponibilidade e quantidade de fornecedores, tanto no Brasil quanto no exterior, entre outras. A partir da identificação dos elementos potencialmente críticos, será importante analisar as competências de pesquisadores existentes no Brasil. Para isso, poderão ser utilizadas informações das bases Lattes e Scopus. Aquelas competências inexistentes ou com poucos pesquisadores orientarão ações para estimular a capacitação e a retenção de pesquisadores brasileiros.

Referências

ABRAHAM, B.; MORITA, S. Innovation assessment through patent analysis. *Technovation*, v. 21, n. 4, p. 245-252, 2021. DOI:10.1016/S0166-4972(00)00040-7

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751157717300500>

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. **Package 'bibliometrix'**. 2021. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/bibliometrix/bibliometrix.pdf>. Acesso: 03 out. 2021.

BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: An open-source software for exploring and manipulating networks. In: INTERNATIONAL ICWSM CONFERENCE, 3rd, San Jose, Califórnia, May 17-20, 2009. **Proceedings...** p. 361-362, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mathieu-Jacomy/publication/221297890_Gephi_An_Open_Source_Software_for_Exploring_and_Manipulating_Networks/links/0c96053b41bc4075a2000000/Gephi-An-Open-Source-Software-for-Exploring-and-Manipulating-Networks.pdf

BELTRÁN, N.C. Technological sovereignty: what chances for alternative practices to emerge in daily IT use? *Revue Hybrid*, v. 3, p. 1-20, 2016. Disponível em: <https://hybrid.univ-paris8.fr/lodel/index.php?file=1&id=715>. Acesso em: 03 out. 2022.

CRESPI, F.; CARAVELLA, S.; MENGHINI, M.; SALVATORI, C. European Technological Sovereignty: an emerging framework for policy strategy. *Intereconomics*, v. 56, n. 6, p. 348-354, 2021. Disponível em: <https://www.intereconomics.eu/contents/year/2021/number/6/article/european-technological-sovereignty-an-emerging-framework-for-policy-strategy.html>

CERRA, R.; CRESPI, F. **Sovranità Tecnologica: Elementi per Una Strategia Italiana ed Europea**. Position Paper. Roma: Centro Economia Digitale (CED), 2021. Disponível em: <https://www.centroeconomia-digitale.com/wp-content/uploads/2021/03/CED-Sovranita-Tecnologica.pdf>. Acesso em: 03 out. 2022.

CLARIVATE. **Derwent Innovations Index**, 2021. Disponível em: <https://webofscience.help.clarivate.com/en-us/Content/derwent/derwent.htm>. Acesso em 03 out. 2022.

COUTURE, S.; TOUPIN, S. What does the notion of "sovereignty" mean when referring to the digital? *New Media and Society*, v. 21, n. 10, p. 2305-2322, 2019. <https://doi.org/10.1177/1461444819865984>

EDLER, J.; BLIND, K.; FRIETSCH, R.; KIMPELER, S.; KROLL, H.; LERCH, C.; REISS, T.; ROTH, F.; SCHUBERT, T.; SCHULER, J.; WALZ, R. **Technology sovereignty: from demand to concept**. Karlsruhe, Germany: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, 2020. Disponível em: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/publikationen/technology_sovereignty.pdf

GLOBERMAN, S. Canadian science policy and technological sovereignty. **Canadian Public Policy**, v. 4, n. 1, p. 34–45, 1978. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Steven-Globerman/publication/4836006_Canadian_Science_Policy_and_Technological_Sovereignty/links/00b7d52ab5742c4c49000000/Canadian-Science-Policy-and-Technological-Sovereignty.pdf

GRANT, P. Technological sovereignty: forgotten factor in the “Hi-Tech” Razzamatazz. **Prometheus**, v. 1, n. 2, p. 239–270, 1983.

HACHÉ, A. **Technological Sovereignty**, v. 2, Barcelona, 2017. Disponível em: <https://www.ritimo.org/IMG/pdf/sobtech2-en-with-covers-web-150dpi-2018-01-10.pdf>. Acesso em: 30 jun 2021.

HU, T. H. **A Prehistory of the Cloud**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2015. 240 p.

HUOTARI, M.; WEIDENFELD, J.; WESSLING, C. **Towards a “principles first approach” in Europe’s China Policy**. Drawing lessons from the Covid-19 crisis, 2020. Disponível em: https://merics.org/sites/default/files/2020-09/200910_MPOC_EU-China_final_o.pdf. Acesso em: 03 out. 2022.

KELLY, E.; ZUBASCU, F.; NAUJOKAITYTE, G.; MORAN, N.; PRINGLE, D.; WALLACE, N. **What Is ‘Tech Sovereignty’?** Bruxelas: Science Business Publishing, 2020. Disponível em: <https://sciencebusiness.net/system/files/reports/2020-TECH-1.pdf>. Acesso em: 03 out. 2022.

LENS. **Search, analyze and manage patent and scholarly data**, 2022. Disponível em: <https://www.lens.org>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MORESI, E.A.D.; PIEROZZI JÚNIOR, I.; OLIVEIRA, L.H.M.; BRANDÃO, A.M. Organização e representação de conhecimento de temas de pesquisa. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, v. 33, p. 63-77, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338088023_Organizacao_e_representacao_de_conhecimento_de_temas_de_pesquisa/fulltext/6408a2a50d98a97717ec92ce/Organizacao-e-representacao-de-conhecimento-de-temas-de-pesquisa.pdf

MORESI, E.A.D.; PINHO, I.; COSTA, A.P. How to operate literature review through qualitative and quantitative analysis integration? In: COSTA, A.P.; MOREIRA, A.; SÁNCHEZGÓMEZ, M.C.; WA-MBALEKA, S. (eds) **Computer Supported Qualitative Research**. WCQR 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, v. 466, p. 194-210, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04680-3_13

NITOT, T. **Numerique**: reprendre le contrôle. Paris: Framasoft. 2016. Disponível em: https://framabook.org/docs/NRC/Numerique_ReprendreLeControle_CC-BY_impress.pdf. Acesso em: 03 out 2022.

NOYONS, E.; MOED, H.; LUWEL, M. Combining mapping and citation analysis for evaluative bibliometric purposes: A bibliometric study. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 50, p. 115–131, 1999. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4571(1999)50:23.O.CO;2-J

PHAAL, R.; O’SULLIVAN, E.; ROUTLEY, M.; FORD, S.; PROBERT, D. A framework for mapping industrial emergence. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 78, n. 2, p. 217-230, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Simon-Ford-3/publication/248497671_A_framework_for_mapping_industrial_emergence_Technol_Forecast_Soc_Chang/links/5731940f08ae08415e6aee07/A-framework-for-mapping-industrial-emergence-Technol-Forecast-Soc-Chang.pdf

POLATIN-REUBEN, D.; WRIGHT, J. An Internet with BRICS characteristics: data sovereignty and the Balkanisation of the Internet. In: **USENIX WORKSHOP on Free and Open Communications on the Internet**, 4th. 2014. **Proceedings...** 2014. Disponível em: <https://www.usenix.org/system/files/conference/foci14/foci14-polatin-reuben.pdf>. Acesso em: 03 out. 2022.

SCHOT, J.; STEINMUELLER, W.E. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. **Research Policy**, v. 47, n. 9, p. 1554-1567, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733318301987>

VAN ECK, N.J.; WALTMAN, L. **VOSviewer manual**. Leiden: Universiteit Leiden, 2022. 54 p. Disponível em: https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.18.pdf

VAN RANN, A. Measuring science. Capita selecta of current main issues. In: MOED, H.; GLÄNZEL, W.; SCHMOCH, U. (eds) **Handbook of quantitative science and technology research**. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic, p. 19–50, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ton-Raan/publication/262556738_Chapter_1_MEASURING_SCIENCE_CAPITA_SELECTA_OF_CURRENT_MAIN_ISSUES/links/00b4953c90a0023d22000000/Chapter-1-MEASURING-SCIENCE-CAPITA-SELECTA-OF-CURRENT-MAIN-ISSUES.pdf

YWORKS. **yEd graph editor manual**. 2022. Disponível em: <https://yed.yworks.com/support/manual/index.html>. Acesso em: 03 out. 2022.

WERNER, W.G.; DE WILDE, J.H. The Endurance of sovereignty. **European Journal of International Relations**, v. 7, n. 3, p. 283–313, 2001. Disponível em: <https://typeset.io/pdf/the-endurance-of-sovereignty-4mbzzumnov.pdf>



O CGEE, consciente das questões ambientais e sociais, utiliza papéis com certificação (Forest Stewardship Council®) na impressão deste material. A certificação FSC® garante que a matéria-prima é proveniente de florestas manejadas de forma ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável, e outras fontes controladas.

Impresso na Gráfica Coronário - Certificada na Cadeia de Custódia - FSC



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação



ISSN 1413-9375