



# RELATÓRIO DE CIÊNCIAS DA UNESCO

A corrida contra  
o tempo por um  
desenvolvimento  
mais inteligente

RESUMO EXECUTIVO E  
CENÁRIO BRASILEIRO



# RELATÓRIO DE CIÊNCIAS DA UNESCO

A corrida contra o tempo  
por um desenvolvimento  
mais inteligente

**RESUMO EXECUTIVO  
E CENÁRIO BRASILEIRO**

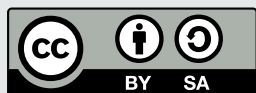


Com o apoio financeiro de



Publicado em 2021 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura  
7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, França

© UNESCO 2021



Esta publicação está disponível em acesso livre ao abrigo da licença Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>). Ao utilizar o conteúdo da presente publicação, os usuários aceitam a vinculação aos termos de uso do Repositório UNESCO de Acesso Livre (<https://en.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-port>). A presente licença se aplica exclusivamente aos textos da publicação. Para o uso de qualquer material não claramente identificado como pertencente à UNESCO, deve ser solicitada autorização prévia de: [publication.copyright@unesco.org](mailto:publication.copyright@unesco.org) ou UNESCO Publishing, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP France.

Referência sugerida: Schneegans, S.; Lewis, J.; T. Straza (Eds.). *Relatório de Ciências da UNESCO: A corrida contra o tempo por um desenvolvimento mais inteligente – Resumo executivo*. Paris: UNESCO Publishing, 2021.

As indicações de nomes e a apresentação do material ao longo desta publicação não implicam a manifestação de qualquer opinião por parte da UNESCO a respeito da condição jurídica de qualquer país, território, cidade, região ou de suas autoridades, tampouco da delimitação de suas fronteiras ou limites. As ideias e opiniões expressas nesta publicação são as dos autores e não refletem obrigatoriamente as da UNESCO, nem comprometem a Organização.

*Design* da capa: Eric Frogé, UNESCO

Foto da capa: Um profissional de saúde entrega uma caixa com amostras de testes de COVID-19, coletadas em hospitais rurais, para um operador de drones no centro de distribuição da Zipline, em Omenako, para ser entregue no Instituto Memorial Noguchi de Pesquisas Médicas em Acra, Gana, nesta imagem composta. © Zipline International Inc.

Editoração e visualização de dados por Baseline Arts Ltd.

SC-2021/WS/7







## VISÃO GERAL

Em Pointe-Noire, dezembro de 2020, jovens congolezes passam por treinamento sobre como projetar, instalar e manter painéis solares fotovoltaicos. Desde a sua criação em 2011, a *startup* Mac Services, liderada por Moïse Makaya Ndende, treinou 12 mil jovens em toda a República do Congo. © Moïse Ndende/Mac Services

- *As prioridades de desenvolvimento foram alinhadas nos últimos cinco anos, e agora países de todos os níveis de renda priorizam sua transição para economias digitais e “verdes”.*
- *Para acelerar essa transição, os governos estão criando ferramentas de políticas para facilitar a transferência de tecnologia para a indústria.*
- *Ainda assim, oito em cada dez países ainda destinam menos de 1% do seu PIB à pesquisa; em geral, eles continuam a receber tecnologias e conhecimentos científicos do exterior.*
- *Embora os países estejam investindo mais em tecnologias verdes, de acordo com um estudo da UNESCO, a ciência da sustentabilidade ainda não é popular no âmbito global.*
- *Todos os governos devem garantir que as políticas e os recursos destinados à sua dupla transição apontem para a mesma direção em diferentes setores econômicos, rumo ao mesmo objetivo estratégico de desenvolvimento sustentável.*
- *A pandemia da COVID-19 dinamizou os sistemas de produção de conhecimento.*
- *Entre os líderes em inovação, o cenário geopolítico em constante evolução e a pandemia produziram debates sobre as formas de garantir os interesses estratégicos no comércio e na tecnologia.*

# 1 · A corrida contra o tempo por um desenvolvimento mais inteligente

Susan Schneegans, Tiffany Straza e Jake Lewis

## INTRODUÇÃO

### **Países conciliam sua dupla transição, a verde e a digital**

O mundo está em uma corrida contra o tempo para repensar os modelos de desenvolvimento até 2030, prazo estabelecido para o alcance dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. O subtítulo do Relatório de Ciências da UNESCO, *“a corrida contra o tempo por um desenvolvimento mais inteligente”*, expressa essa urgência.

Desde 2015, a maioria dos países alinharam suas políticas nacionais com a *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*, bem como estão engajados em uma transição gradual para economias “verdes”. Os governos vêm intensificando o apoio às políticas direcionadas a sistemas mais inteligentes de produção e consumo. À medida que a relação custo-benefício da energia renovável aumenta, os projetos de energia “verde” se multiplicam.

Contudo, muitos governos ainda se preocupam em como conciliar a preservação de mercados e empregos com o seu compromisso com o *Acordo de Paris* (2015). Apesar do crescente impacto da mudança climática, o apoio por parte de governos e empresas ainda é insuficiente para a transição energética necessária: em 2018, mais de 80% da produção global de energia era baseada em carvão, petróleo e gás.

Paralelamente à transição verde, os governos estão digitalizando os serviços públicos e os sistemas de pagamento, a fim de melhorar o fornecimento, apoiar negócios e combater a corrupção e a sonegação de impostos. Políticas vêm estimulando o surgimento de uma economia digital, incluindo manufaturas inteligentes, finanças inteligentes (*fintech*), serviços de saúde inteligentes – como a telemedicina –, e a agricultura inteligente. O subtítulo do relatório também é uma alusão a essa forma de “desenvolvimento mais inteligente”, impulsionado por tecnologias digitais, como inteligência artificial (IA) e robótica, *big data*, internet das coisas e tecnologia *blockchain*, que estão se associando à nanotecnologia, à biotecnologia e às ciências cognitivas para formar o alicerce da Quarta Revolução Industrial – também conhecida como “Indústria 4.0”.

Países de todos os níveis de renda estão envolvidos nesta dupla transição, verde e digital. A ciência se tornou sinônimo de modernidade, de competitividade econômica, e até mesmo de prestígio. Para os países que sofrem o impacto da mudança climática, a ciência oferece esperança de maior resiliência a tempestades, incêndios, secas e outras calamidades.

No entanto, nem sempre as empresas apoiam esta agenda, seja por falta de motivação ou de capacidade; muitas continuam a importar pacotes de tecnologias, em vez de desenvolver as suas próprias. Elas frequentemente relutam em colaborar com instituições públicas de pesquisa. Governos de todo o mundo estão criando incentivos para enfrentar esse grande desafio político, como a montagem de laboratórios onde as empresas podem “testar antes de investir” em tecnologias digitais.

Para que a dupla transição seja bem-sucedida, os governos precisarão aumentar seu compromisso com a pesquisa e o desenvolvimento (P&D). O G20 ainda é responsável por 90% das despesas em pesquisa, pesquisadores, publicações e patentes (Figura 1.1). Embora os gastos com pesquisa tenham aumentado na maioria das regiões entre 2014 e 2018 (Figura 1.2), 80% dos países ainda investem menos de 1% do PIB em P&D. Em alguns casos, a quantidade de pesquisadores cresce mais rápido do que os gastos correspondentes (Figura 1.3), deixando menos financiamento disponível para cada pesquisador.

Para alcançar o sucesso em sua dupla transição, os países não deverão apenas gastar mais em P&D, mas também investir esses fundos de maneira estratégica. Isso implicará uma visão de longo prazo e o alinhamento de suas políticas econômica, digital, ambiental, industrial e agrícola, entre outras, assegurando assim o seu reforço mútuo. Para serem coerentes, reformas, políticas e recursos deverão apontar para o mesmo caminho, em direção ao mesmo objetivo estratégico de desenvolvimento sustentável.

Para os países em desenvolvimento, a dupla transição verde e digital está acelerando um processo de industrialização que, normalmente, levaria décadas. Para todos os países, essa transição exige uma abordagem integrada de planejamento de longo prazo e grande investimento em infraestrutura.

A rápida transformação social em curso oferece oportunidades estimulantes para a experimentação social e econômica, a qual pode tornar a vida muito mais confortável. Entretanto, também apresenta o risco de agravar as desigualdades sociais e, para os países que implementam projetos ambiciosos de infraestrutura, de vulnerabilidade à dívida. A pandemia da COVID-19 acentuou esses dois fatores de risco.

## A CIÊNCIA E A PANDEMIA DA COVID-19

### **Na pandemia, os países recorreram à ciência**

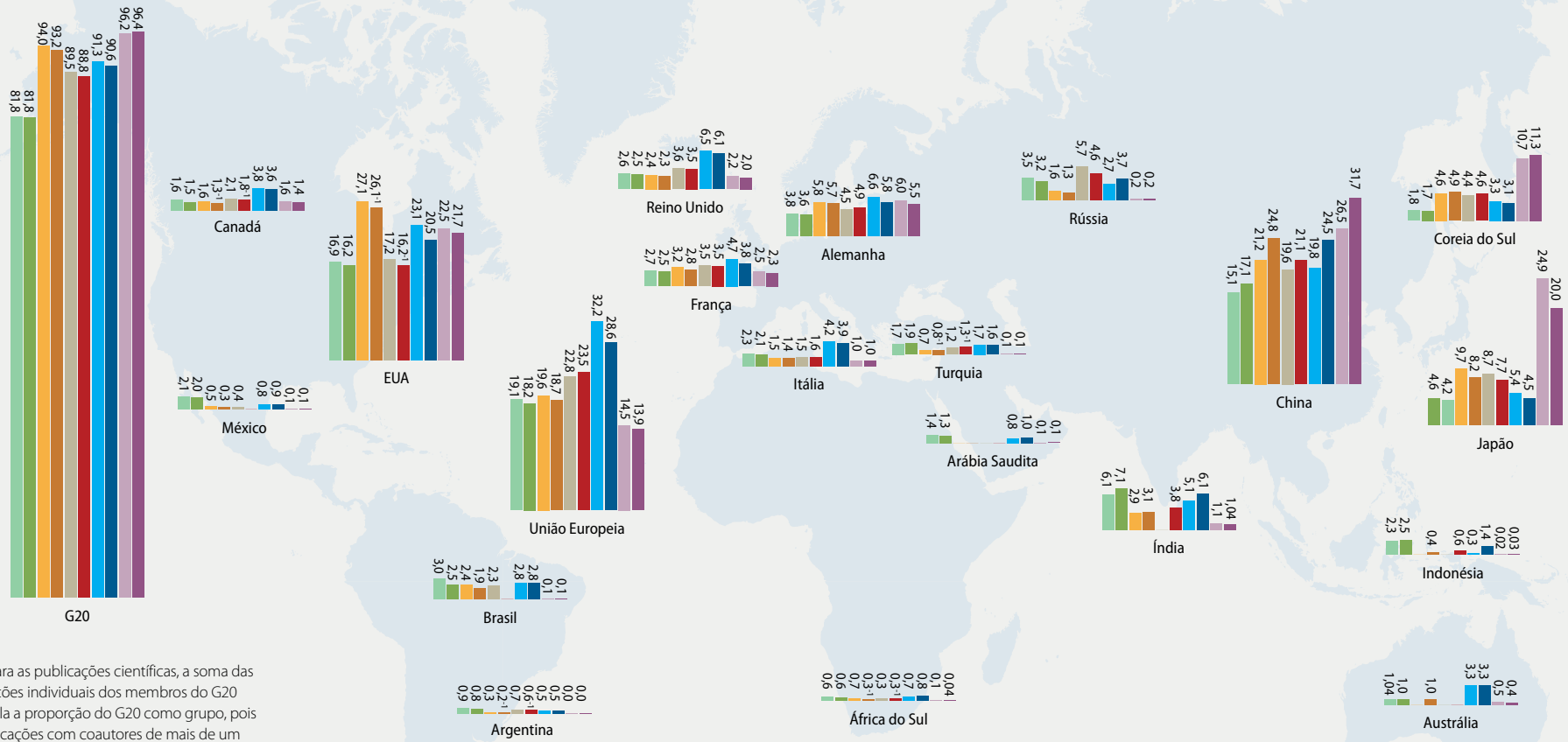
No final de 2019, uma nova cepa de coronavírus, denominada SARS-CoV-2 (que causa a COVID-19), foi detectada na China antes de se espalhar rapidamente pelo mundo. Desde o princípio, os cientistas compartilharam informações e dados entre si, a começar pelo genoma sequenciado do coronavírus, no início de janeiro de 2020. A pandemia demonstrou os benefícios dessa cultura de compartilhamento, tanto dentro como fora das fronteiras nacionais (ver o ensaio “The time for open science is now”). Desde 2015, tem ocorrido uma crescente colaboração científica internacional em várias partes do mundo (Figura 1.4).

Rapidamente, muitos governos estabeleceram comitês científicos *ad hoc* para administrar a crise. Isso permitiu que testemunhassem, em primeira mão, as vantagens de se ter especialistas locais para monitorar e controlar a progressão do vírus.

A gestão de crise é reativa por definição. Estruturas permanentes podem oferecer aos governos serviços de assessoramento científico em grande escala, para orientar o



Figura 1.1: Proporções globais do PIB, gastos em pesquisa, pesquisadores, publicações e patentes para o G20, em 2014 e 2018 ou anos mais próximos (%)



Nota: Para as publicações científicas, a soma das proporções individuais dos membros do G20 extrapola a proporção do G20 como grupo, pois as publicações com coautores de mais de um membro do G20 são contadas para cada país em questão, mas são contadas apenas uma vez no total do G20.

Fonte: Instituto de Estatísticas da UNESCO, agosto de 2020; para o PIB (PPC\$ constante de 2017): Indicadores de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial, agosto de 2020; para publicações: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais, tratamento de dados por Science-Metrix; para patentes IP5: Patstat, tratamento de dados por Science-Metrix.

- Proporção global do PIB, 2014
- Proporção global de gastos em pesquisa, 2014
- Proporção global de pesquisadores, 2014
- Proporção global de publicações, 2015
- Proporção global de publicações patentes IP5, 2015
- Proporção global do PIB, 2018
- Proporção global de gastos em pesquisa, 2018
- Proporção global de pesquisadores, 2018
- Proporção global de publicações, 2019
- Proporção global de publicações patentes IP5, 2019

planejamento estratégico de longo prazo (ver o ensaio “What the COVID-19 pandemic reveals about the evolving landscape of scientific advice”).

A pandemia demonstrou o valor das tecnologias digitais em uma emergência. O Brasil contou com 140 centros de e-saúde e telemedicina durante a pandemia, que disponibilizaram consultas virtuais e monitoramento remoto da saúde dos pacientes. Em 15 de abril de 2020, o governo aprovou uma lei que ampliou esses serviços para áreas rurais e cidades distantes (ver Capítulo 8 do Relatório completo)<sup>1</sup>.

Durante a pandemia, os países com universidades virtuais foram capazes de adaptar rapidamente seus sistemas educacionais à aprendizagem *online*. Por exemplo, graças à existência da primeira universidade virtual do Golfo, a *Saudi Electronic University* (criada em 2013), a Arábia Saudita lançou 22 canais educacionais em um prazo de oito horas após o primeiro confinamento.

Vários países implementaram robôs e drones para ajudar a conter a disseminação da COVID-19. Na Arábia Saudita, por exemplo, drones têm sido usados em mercados para identificar pessoas com temperatura corporal elevada. Ruanda e Gana vêm utilizando tecnologia de drones – fornecida pela empresa norte-americana Zipline – para entregar amostras de sangue provenientes de clínicas distantes dos institutos especializados, onde serão testadas (ver foto da capa).

### **A pandemia prejudica ganhos socioeconômicos e ambientais**

A pandemia da COVID-19 devastou a economia mundial. Os ganhos socioeconômicos e ambientais obtidos nos últimos anos correm o risco de ser corroídos ou mesmo anulados.

Madagascar conseguiu reduzir os níveis de pobreza entre 2016 e 2019 graças a um ambicioso programa de reforma econômica, juntamente com a transferência pacífica de poder ocorrida em 2019, que ajudou a restaurar a confiança dos investidores. Esses ganhos foram prejudicados pela pandemia da COVID-19. A título de ilustração, em maio de 2020, Madagascar havia perdido cerca de US\$ 500 milhões em receitas de turismo, que contribuem para os esforços nacionais de conservação. Um dos fundadores do Parque Nacional de Ranomafana previu que, sem os US\$ 4 milhões que normalmente fluem para a região vindos do turismo e da pesquisa, a comunidade “será forçada a voltar a cortar a floresta e praticar a agricultura” (ver Capítulo 20).

O governo indonésio justificou sua Lei sobre Criação de Empregos, que entrou em vigor em novembro de 2020, pela necessidade de se atrair investimento estrangeiro direto (IED) e estimular o crescimento econômico para compensar o impacto da pandemia da COVID-19. A lei alivia os encargos regulamentares e de licenciamento das empresas no que diz respeito à proteção do trabalhador, e estabelece a mudança de um processo de aprovação com base em licenças para outro em que os empresários declaram seu próprio *compliance* (conformidade). A lei despertou a preocupação de 35 investidores globais, entre outros, com relação ao custo ambiental e social da nova legislação (ver Capítulo 26).

### **A pandemia estimulou os sistemas de conhecimento**

A pandemia da COVID-19 causou um grande impacto humano e econômico, mas também dinamizou os sistemas de produção de conhecimento.

Durante a pandemia, os EUA testemunharam uma mobilização sem precedentes da indústria de biociências. Em meados de 2020, a estimativa era de que havia mais de

400 programas de medicamentos em desenvolvimento com o objetivo de erradicar a doença. Esses esforços tiveram origem na Operação *Warp Speed* da Casa Branca, uma parceria público-privada que alocou cerca de US\$ 9 bilhões para desenvolver e fabricar vacinas candidatas, inclusive por meio de acordos de compra antecipada (ver Capítulo 5).

Já em março de 2020, o Conselho Nacional Libanês para a Pesquisa Científica emitiu uma Chamada Rápida para Gerenciamento da COVID-19. Isso levou à seleção de 29 projetos de pesquisa que abordam tópicos como política de vacinação, desenvolvimento de testes rápidos e uso de IA para apoiar o diagnóstico precoce da doença e mensurar seu impacto na saúde mental dos trabalhadores da linha de frente (ver Capítulo 17).

Muitos países aceleraram seus processos de aprovação de propostas de projetos de pesquisa. No início de abril de 2020, por exemplo, os órgãos de inovação da Argentina, do Brasil e do Uruguai haviam lançado convocatórias para pesquisas com um processo de aprovação acelerado. As duas agências de inovação do Peru reduziram seu tempo de resposta para duas semanas (ver Capítulo 7).

Em outubro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS)<sup>2</sup> relatou que a África respondia por aproximadamente 13% de mil tecnologias – novas ou modificadas – existentes desenvolvidas mundialmente em resposta à pandemia, número próximo à sua parcela da população global (14%). Dessas tecnologias, 58% envolvem soluções baseadas em TIC, como *chatbots*, ferramentas de autodiagnóstico e aplicativos de rastreamento de contato. Outras 25% das soluções se baseiam em impressão tridimensional (3D), e 11% em robótica (ver Capítulo 20).

Em abril de 2020, o governo da África do Sul encarregou o Observatório de Radioastronomia do país de gerenciar o esforço nacional para projetar, produzir e adquirir 20 mil respiradores. O Observatório foi escolhido por sua experiência em projetar sistemas sofisticados para o radiotelescópio MeerKAT, no Cabo Setentrional. Até dezembro de 2020, 18 mil unidades haviam sido produzidas, e 7 mil, distribuídas (ver Capítulo 20).

A Índia concentrou sua resposta à pandemia na produção de soluções de baixo custo predominantemente em três áreas, inclusive para exportação: pesquisa e fabricação de vacinas; fabricação de versões genéricas de drogas “revolucionárias”; e engenharia simples de dispositivos médicos com alta demanda, como respiradores de baixo custo (ver Capítulo 22).

Produtos farmacêuticos não eram uma prioridade para a *Estratégia Nacional de Exportação 2018-2022* do Sri Lanka, até que a crise da COVID-19 estimulou sua demanda. Isso levou o governo e o setor privado a investirem US\$ 30 milhões em uma nova fábrica de produtos farmacêuticos em 2020, dentro da Zona de Processamento de Exportação de Koggala (ver Capítulo 21).

A crise da COVID-19 fez lembrar da necessidade de vínculos fortes entre os setores público e privado para a produção de equipamentos como respiradores, máscaras, medicamentos e vacinas.

No início de 2020, uma equipe de engenheiros biomédicos da Universidade de Antioquia, na Colômbia, projetou um respirador de baixo custo em colaboração com o Hospital San Vicente de Paul, por meio de um projeto apoiado pelo centro de desenvolvimento de negócios Ruta N Medellín. Esse respirador foi aprovado em meados de 2020 pelo instituto de licenciamento médico Invima e, a partir de então, é fabricado por empresas especializadas em eletrodomésticos e automóveis,

que reaproveitaram suas linhas de montagem. Uma vez que os desenvolvedores usaram técnicas de código aberto, outros fabricantes puderam baixar o mesmo design (ver Capítulo 7).

Muitos governos ofereceram incentivos a pequenas e médias empresas (PMEs) para enfrentar a pandemia. No Irã, a campanha Corona Plus ofereceu incentivos financeiros às *startups* no ano de 2020 para ajudá-las a produzir insumos médicos, como equipamentos de proteção e respiradores (ver Capítulo 15).

Em 2020, o Programa de Assistência à Pesquisa Industrial do Canadá forneceu apoio financeiro para ajudar as PMEs a aprimorarem seus produtos ou processos relacionado à COVID-19 e colocá-los no mercado; ao todo, o governo federal alocou C\$ 1 bilhão para uma estratégia nacional de pesquisa médica, como parte de sua rápida resposta à pandemia da COVID-19.

Até 2020, quando a COVID-19 transformou radicalmente o modo de vida dos canadenses, não havia ocorrido nenhuma crise que desencadeasse uma discussão nacional séria sobre a direção tomada pelo país com relação a ciência, tecnologia e inovação (CTI). A pandemia “pode, em última análise, redefinir os processos científicos, os resultados e a governança do Canadá, de maneiras que ainda não se pode prever. Ela também afetará a próxima geração de pesquisadores e os mecanismos pelos quais a própria ciência é financiada” (ver Capítulo 4).

A crise da COVID-19 levanta questões mais amplas e fundamentais do que as da Grande Recessão de 2008, como no que diz respeito ao papel do Estado na economia, o remanejamento das cadeias de fornecimento, a organização do trabalho ou o valor da proximidade (ver Capítulo 9).

## A DUPLA TRANSIÇÃO, VERDE E DIGITAL

### A pandemia enfatizou a dependência de cadeias de valor globais

A pandemia enfatizou a dependência dos países com relação a cadeias de valor globais para a obtenção de recursos estratégicos. A complexidade dos componentes de dispositivos modernos usados no dia a dia faz com que os fabricantes procurem subcontratados no exterior, especializados em uma área específica; estes, por sua vez, contam com outros fornecedores de materiais essenciais. A existência de tal sistema de suprimento em camadas, ou cadeia de valor, torna muito difícil trazer o processo de manufatura de volta ao país ou adaptar instalações de produção de forma repentina (ver Capítulo 5). Por exemplo, os respiradores fabricados nos EUA para pacientes com COVID-19 contêm componentes essenciais fornecidos pelo Canadá. Portanto, o fechamento da fronteira no início de 2020 diminuiu a produção de respiradores nos EUA (ver Capítulo 4).

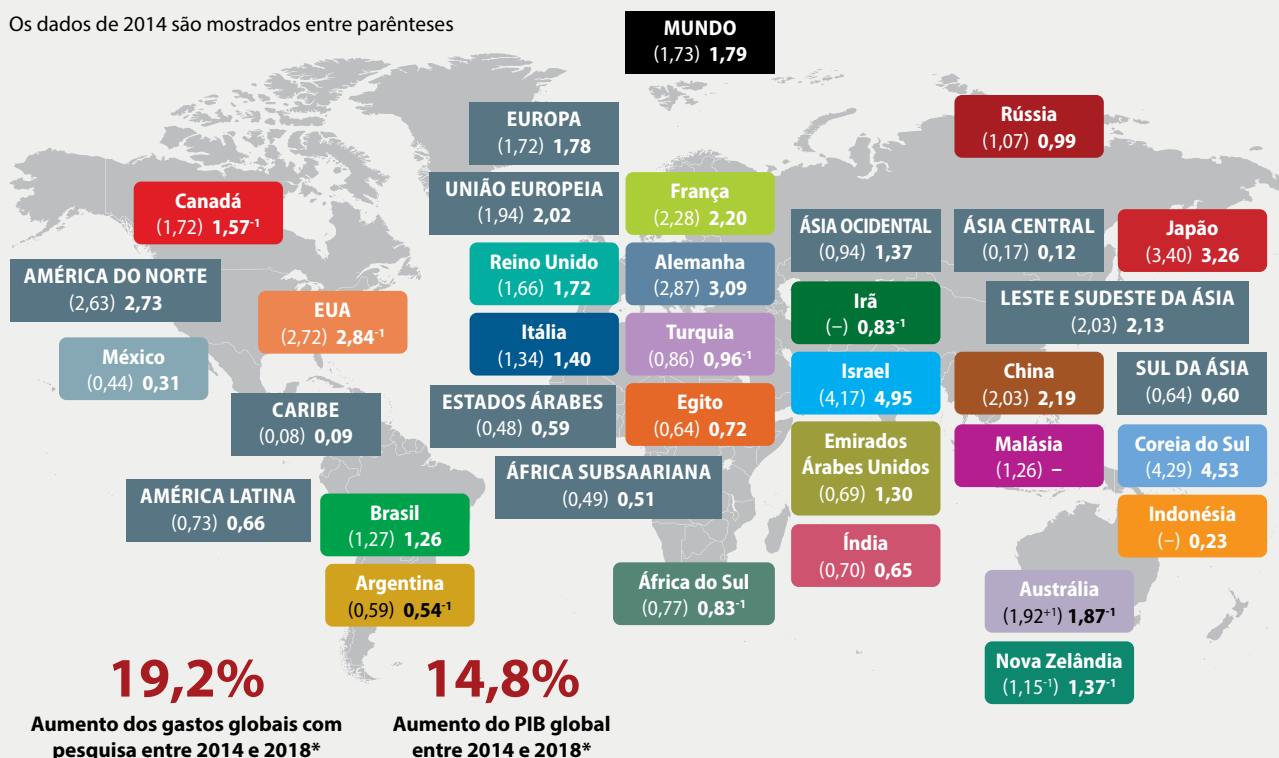
A União Europeia (UE) depende de produtos importados, como os microprocessadores e, para tecnologias-chave, de matérias-primas importadas, como os metais de terras raras. Para o “Relatório de perspectiva estratégica: traçar o caminho rumo a uma Europa mais resiliente” (2020), da Comissão Europeia, essa dependência representa potenciais ameaças à soberania econômica europeia (ver Capítulo 9).

Tendo realocado grande parte de sua produção em países em desenvolvimento na década de 1980, nos quais era abundante a mão de obra barata e não qualificada, os países



Figura 1.2: Investimento em pesquisa e desenvolvimento como proporção do PIB, por região e países selecionados, 2014 e 2018 (%)

Os dados de 2014 são mostrados entre parênteses



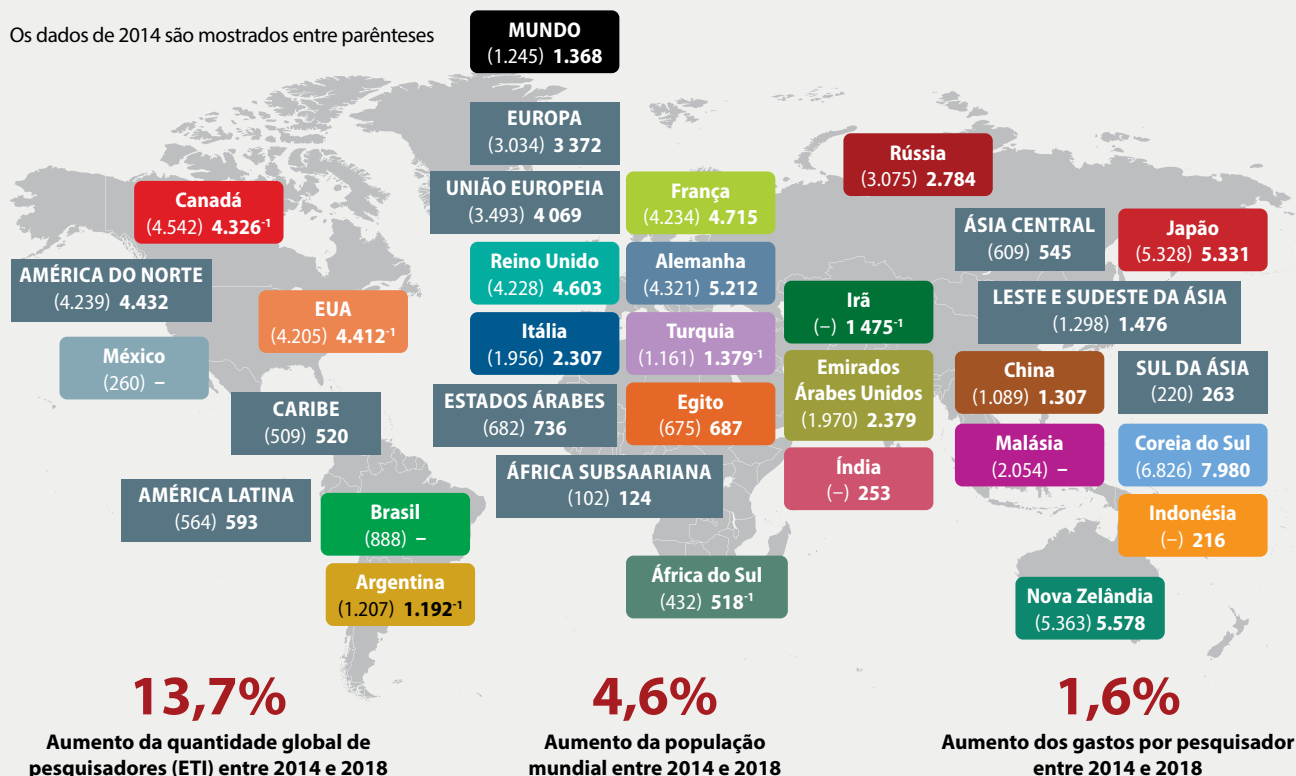
Fonte: Estimativas globais e regionais baseadas em dados nacionais do Instituto de Estatísticas da UNESCO, agosto de 2020, sem extrapolação.





**Figura 1.3: Pesquisadores (ETI) por milhão de habitantes, por região e países selecionados, 2014 e 2018**

Os dados de 2014 são mostrados entre parênteses



Fonte: Estimativas globais e regionais baseadas em dados nacionais do Instituto de Estatísticas da UNESCO, agosto de 2020, sem extrapolação.

industrializados se viram dependentes, nos primeiros dias da pandemia, da importação de equipamentos de proteção individual (EPIs) e medicamentos comuns, como o paracetamol.

Por outro lado, os países que têm um forte setor manufatureiro foram capazes de redirecionar rapidamente suas linhas de montagem quando a pandemia começou. Esse foi o caso das empresas colombianas especializadas em eletrodomésticos e automóveis descritas acima, por exemplo.

A China tem um setor manufatureiro cada vez mais sofisticado. No entanto, o país continua a depender da importação de certas tecnologias essenciais, como semicondutores. Essa vulnerabilidade tecnológica é ilustrada pelo destino da empresa chinesa ZTE, que foi forçada a encerrar a maior parte de suas operações semanas após deixar de ser atendida por fornecedores norte-americanos de componentes de *hardware* e serviços de Android (Google), em abril de 2018, após os EUA terem imposto sanções comerciais à empresa (ver Capítulo 23).<sup>3</sup>

Foi em parte pelo desejo de reduzir a dependência de fornecedores norte-americanos de alta tecnologia que o governo chinês lançou, em 2015, uma política governamental industrial de dez anos, chamada *Fabricado na China 2025*. Essa política incentiva empresas chinesas a expandirem sua participação no mercado global de carros elétricos, robótica avançada e IA, tecnologias agrícolas, engenharia aeroespacial, novos materiais sintéticos, biomedicina emergente, e infraestrutura ferroviária e engenharia marítima de ponta, entre outros (ver Capítulo 23).

As cadeias de valor globais também causam impactos em países com sistemas científicos imaturos, mas de outras formas. Em países em desenvolvimento, as subsidiárias de

corporações multinacionais integradas a cadeias de valor globais tendem a manter a política de utilizar o conhecimento existente em vez de se engajarem em pesquisas locais. Esse é o caso da América Latina, por exemplo. Essas subsidiárias limitam sua produção local à manufatura, o que requer pouco conhecimento novo e não promove vínculos com instituições científicas locais (ver Capítulo 7).

### Manufatura avançada busca revitalizar a indústria

Antes da pandemia, os países desenvolvidos já estavam investindo em tecnologias de manufatura avançada para revitalizar seu setor manufatureiro doméstico.

Existe uma visão consensual no governo de que os EUA precisam se adaptar a um ambiente internacional cada vez mais competitivo. Isso levou o governo federal a, desde 2016, priorizar as principais plataformas estratégicas de tecnologia digital em setores que incluem IA, computação quântica, tecnologia avançada de redes móveis e cibersegurança. As três metas do plano estratégico para a indústria, lançado em 2018, são a transição para novas tecnologias de manufatura, treinamento da força de trabalho do setor, e expansão das capacidades da cadeia de suprimentos da manufatura doméstica. Essas novas tecnologias incluem as já mencionadas, além de robótica industrial, impressão 3D, semicondutores e eletrônica híbrida, fônica, têxteis avançados, biofabricação, e tecnologia agroalimentar (ver Capítulo 5).

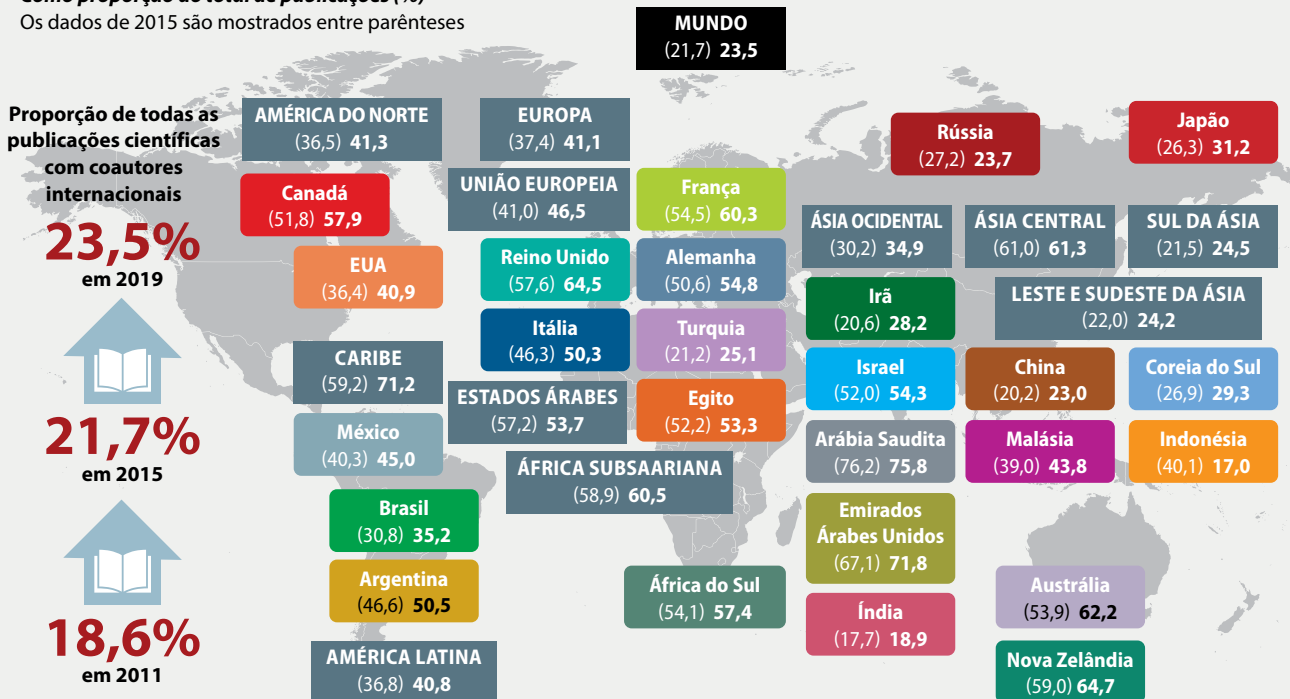
A política industrial renovada da UE (2021) apoia o desenvolvimento de tecnologias estrategicamente importantes para o futuro industrial da Europa. Tais tecnologias incluem robótica, microeletrônica, computação de alto desempenho,



Figura 1.4: Coautoria científica internacional, por região e países selecionados, 2015 e 2019

Como proporção do total de publicações (%)

Os dados de 2015 são mostrados entre parênteses



Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Metrix.

infraestrutura de dados em nuvem, *blockchain*, tecnologias quânticas, fotônica, biotecnologia industrial, biomedicina, nanotecnologias, produtos farmacêuticos e materiais avançados (ver Capítulo 9).

Para o presidente do Conselho Europeu, Charles Michel, a autonomia estratégica europeia se tornou o “objetivo número 1 da nossa geração”. Em 2020, o relatório da Comissão Europeia sobre “Uma nova estratégia industrial para a Europa” destacou a importância de salvaguardar a soberania tecnológica e os interesses estratégicos do continente no comércio e na tecnologia em áreas como IA e tecnologias e infraestruturas digitais relacionadas.

É possível que a iminente dissociação relativa à tecnologia entre EUA e China, enquanto os países competem pela superioridade tecnológica, obrigue outras partes do mundo a “escolherem entre dois domínios de tecnologia cada vez mais separados, como no que diz respeito a telecomunicações, digitalização, IA e internet. Como alternativa, o resto do mundo poderia decidir assegurar sua participação nos dois domínios, mas essa seria uma opção extremamente cara e ineficiente” (ver Capítulo 9).

### Indústria 4.0: uma agenda comum

As tecnologias digitais são consideradas vitais para a futura competitividade econômica. Entre as tecnologias transversais, os campos da IA e da robótica dominaram a produção científica em 2018-2019 em países de todos os níveis de renda (Figura 1.5). O aumento da quantidade de publicações sobre IA por países de baixa renda desde 2015 encolheu automaticamente a proporção do G20 na produção (Figura 1.6).

Muitos países estabeleceram mecanismos institucionais para promover a adoção de tecnologias da Indústria 4.0. Por exemplo,

em 2019, a África do Sul nomeou uma Comissão Presidencial para a Quarta Revolução Industrial, composta por cerca de 30 partes interessadas com experiência na academia, na indústria e no governo. A África do Sul também estabeleceu um Comitê Interministerial para a Indústria 4.0. A Coreia do Sul possui um Comitê Presidencial para a Quarta Revolução Industrial desde 2017. A Austrália conta com a Agência de Transformação Digital (criada em 2015) e com o Grupo de Trabalho para a Indústria 4.0 do Primeiro-Ministro (criado em 2016), o qual promove a colaboração com grupos da indústria na Alemanha e nos EUA.

Países de todos os níveis de renda estão adotando estratégias da Indústria 4.0. Na Coreia do Sul, a estratégia *I-Korea* (2017) vem enfocando novos mecanismos de crescimento que incluem IA, drones e carros autônomos, em linha com a política econômica governamental voltada para a inovação. Outro exemplo é o programa *Transformação Indonésia 4.0*, com foco na melhoria do desempenho industrial (ver Capítulo 26). Uganda adotou sua própria *Estratégia Nacional 4IR* em outubro de 2020, com ênfase em e-governança, gestão urbana (cidades inteligentes), assistência à saúde, educação, agricultura e economia digital; para apoiar as empresas locais, em 2020 o governo avaliava a promulgação de uma lei para as *startups* locais, que exigiria que todos os contabilistas esgotassem o mercado local antes de adquirir soluções digitais no exterior (ver Capítulo 19).

A economia digital é o foco do *Plano Estratégico Cameroun Digital 2020* (2017). Cameroun montou um centro de alta tecnologia especializado em robótica, manufatura digital e visão auxiliada por computador, bem como um centro de impressão 3D, único na África Subsaariana. A Escola Nacional

de Correios, Telecomunicações e Tecnologias da Informação e Comunicação foi inaugurada em 2016 em laundê, e um centro de treinamento para várias ferramentas de desenho e *design* assistidos por computador está operando desde 2017. O país conta com 28 centros tecnológicos ativos. Em 2019, Cameroun apresentou a maior densidade de publicações em IA e robótica no subcontinente (ver Capítulos 19 e 20).

De acordo com uma pesquisa do *Groupe Spécial Mobile* (GSMA), cerca de um quarto dos centros tecnológicos africanos são classificados como espaços de *coworking*, ou “*makerspaces*”, locais onde é comum o uso de impressoras 3D, drones e outras tecnologias da Indústria 4.0. Entre 2016 e 2020, o número de centros tecnológicos ativos em toda a África aumentou de 314 para 744 (ver Capítulo 20).

### Ajuda para as empresas se digitalizarem

Vários países estão tentando se tornar centros digitais regionais, incluindo Austrália, Djibuti e Marrocos.

No entanto, a maioria das empresas ainda não foi digitalizada. A Comissão Europeia estima que apenas cerca de uma em cada cinco empresas da UE atingiu esse ponto, bem como introduziu centros de inovação digital para permitir que empresas de todos os tamanhos “testem antes de investir” em tecnologias digitais.

A estratégia da Indústria 4.0 da Austrália, chamada *Tech Future* (2018), propõe o estabelecimento de “laboratórios de teste” em cinco universidades, a fim de ajudar na transição das empresas para fábricas “inteligentes” (*smart factories*) (ver Capítulo 26).

A Malásia está ajudando as empresas a digitalizar seus processos de negócios por meio do *Subsídio de Automação Inteligente*, lançado em julho de 2020 pela *Empresa de Economia Digital da Malásia* como parte da *Política Nacional para a Indústria 4.0*. Essa subvenção tem como objeto empresas do setor de serviços, que pagam pelo menos metade do custo total do seu projeto de digitalização. Com lançamento previsto para 2021, o *Centro de Experiência em Manufatura Inteligente* fornecerá às pequenas e médias empresas (PMEs) acesso a plataformas e tecnologias existentes, disponibilizando uma “bancada de testes” para que elas avaliem sua inovação (ver Capítulo 26).<sup>4</sup>

Enquanto isso, nas Filipinas, o programa Setup 4.0 oferece empréstimos a microempresas e PMEs de até ₱ 5 milhões

(pesos filipinos, cerca de US\$ 100 mil) para inovar em áreas relacionadas à Indústria 4.0; havia planos de apoiar 800 empresas em 2020, inclusive por meio do fornecimento de equipamentos e treinamento (ver Capítulo 26).

### A corrida da IA

Entre 2016 e 2020, mais de 30 países<sup>5</sup> adotaram estratégias direcionadas à IA. Enquanto o Canadá se esforça para assumir um papel de liderança no debate internacional sobre o potencial impacto social da IA (ver Capítulo 4), China, Rússia e EUA competem por obter uma vantagem nesse campo.

Em 2017, o presidente russo Vladimir Putin afirmou que “quem quer que se torne o líder nesta esfera governará o mundo” (Capítulo 17).

Em 2030, a China pretende ser “o principal centro mundial de inovação em IA”, de acordo com seu *Plano para o Desenvolvimento da Inteligência Artificial de Próxima Geração*. O país já é o maior proprietário mundial de patentes de IA, mas carece de talentos de primeira linha nesse campo; além disso, lançou megaprogramas em ciência e engenharia para 2030 que incluem computação quântica e ciência cerebral (ver Capítulo 23).

A proposta de orçamento de pesquisa do governo dos EUA de 2020 para 2021 incluiu grandes aumentos de verbas para ciência da informação quântica e IA como parte de sua meta de dobrar o investimento em pesquisa nessas duas áreas até 2022, em relação aos níveis de 2019 (ver Capítulo 5).

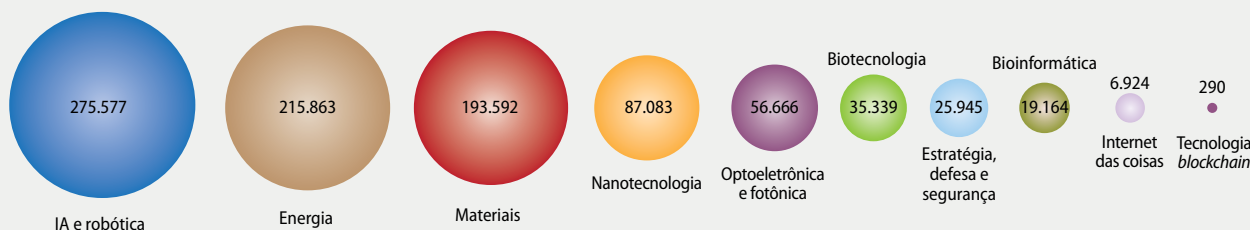
### Agendas digital e verde avançam paralelamente

A maioria dos países está convencida de que sua futura competitividade econômica dependerá do seu sucesso na transição para sociedades digitais.

Enquanto isso, a adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em 2015, mais o custo crescente do desenvolvimento insustentável e o impacto da mudança climática, transformaram a transição verde dos países em uma agenda prioritária. A convergência dos fenômenos de forte crescimento econômico, maior dependência tecnológica e aumento das temperaturas estão elevando as demandas energéticas. Na Ásia Central, por exemplo, duas décadas de rápido crescimento econômico aumentaram a demanda por eletricidade, fazendo crescer as emissões de carbono e consumindo as receitas de exportação: atualmente, 86% do gás natural usbeque é usado para consumo doméstico (ver Capítulo 14).



Figura 1.5: Publicações científicas por tecnologia transversal estratégica, 2018-2019

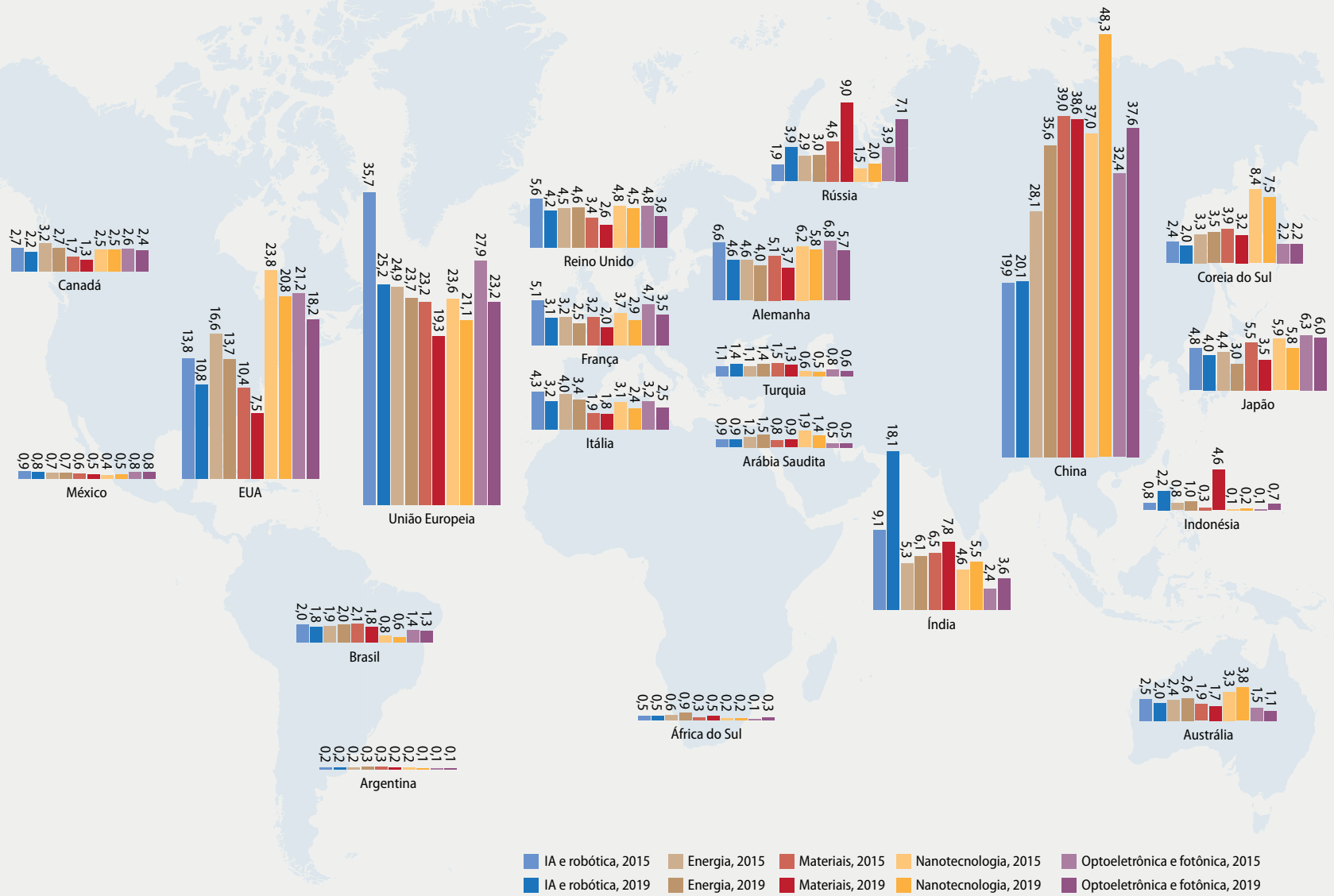


Nota: Os dados bibliométricos para as subáreas do amplo campo de tecnologias transversais estratégicas têm como base uma classificação por periódico; para mais detalhes, consultar o Anexo 5. Os primeiros periódicos específicos para a tecnologia *blockchain* surgiram em 2018.

Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.



Figura 1.6: Proporção de publicações globais sobre tecnologias transversais estratégicas selecionadas entre os países do G20, 2015 e 2019 (%)



Nota: IA significa *inteligência artificial*. Os valores percentuais refletem contribuições não exclusivas, uma vez que artigos com autores de diferentes países são contados para cada um desses países.

Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.

Os países estão perfeitamente cientes de que sua futura competitividade econômica dependerá da rapidez de sua transição simultânea para uma economia verde e digital. Essa dupla agenda se reflete, por exemplo, nas estratégias adotadas pela Comunidade do Caribe (Caricom) por meio de sua *Política Energética* regional (2013) e da *Agenda Digital Caricom 2025* (2019). Em 2018, os Estados-membros estabeleceram o Centro Caribenho para Energia Renovável e Eficiência Energética (ver Capítulo 6).

A política industrial da UE (2021) se assenta em três pilares: transição verde, transição digital e competitividade global. Entre 2021 e 2027, o bloco planeja gastar € 1,8 trilhão em fundos públicos, 30% dos quais serão investidos na dupla transição verde e digital dos países. Um foco da transição “verde” será a economia circular (ver Capítulo 9).

Em 2018, a Rússia aproveitou sua presidência rotativa na União Econômica da Eurásia (EAEU) para propor uma série de áreas onde seria necessário ocorrer “reajustes” na União, incluindo a formação de um espaço digital comum e um mercado energético para os Estados-membros, além de cooperação nas áreas de tecnologias verdes, fontes de energia renováveis, bioengenharia, nanotecnologia, ecologia, medicina e espaço. Os Estados-membros desejam criar um “território de inovação” que se beneficie dos seus diferentes pontos fortes (ver Capítulo 13). No mesmo ano, a EAEU lançou a sua *Agenda Digital* (ver Capítulo 14).

Como outros países em desenvolvimento, a Tunísia precisa diversificar sua economia para criar empregos e atrair mais IED. A Tunísia faz parte de um número crescente de países que estão escolhendo o caminho das indústrias intensivas em conhecimento. Os fluxos de IED para o país árabe cresceram 16% no período 2017-2018, à medida que empresas eletrônicas estrangeiras foram atraídas para lá pela força de trabalho altamente qualificada e com custo competitivo, especialmente nos subsetores automotivo e aeronáutico. Aproximadamente 41 empresas de eletrônicos, com vendas anuais acumuladas de cerca de US\$ 1,2 bilhão, lançaram seu próprio *cluster* Elentica, em maio de 2017 (ver Capítulo 17).

Em outubro de 2018, o *cluster* firmou uma parceria com o Ministério do Ensino Superior e Pesquisa Científica da Tunísia, com o objetivo de promover a colaboração científica e instalar centros de pesquisa em empresas participantes. Esses centros de pesquisa se concentrarão em áreas como internet das coisas, cidades inteligentes, energia renovável e tecnologias de rede inteligente, e-agricultura e carros elétricos. Outros setores de base tecnológica estão vivenciando um rápido crescimento: as exportações do setor aeronáutico aumentaram durante o período 2010-2018, e mais do que triplicaram no setor farmacêutico entre 2012 e 2018 (ver Capítulo 17).

A Tunísia exemplifica o desafio que os países de todos os níveis de renda enfrentam atualmente: como fazer a transição para uma economia que seja ao mesmo tempo digital e verde em um curto espaço de tempo sem deixar de investir em um ou outro aspecto, ou aumentar seu endividamento. Hoje, o mundo tem menos de dez anos para alcançar seus ODS para 2030.

A implementação dessas agendas paralelas exige um investimento consequencial e simultâneo no desenvolvimento de infraestrutura – centros de dados, instalações de computação de alto desempenho, parques solares e eólicos etc. –, combinado com uma reforma regulatória e uma revisão da educação e do treinamento técnico e vocacional para preparar os jovens para o mercado

de trabalho do futuro. Para aumentar o desafio, muitos países em desenvolvimento estão modernizando em paralelo suas redes de transporte, incluindo estradas, portos, oleodutos e ferrovias. Redes de transporte transnacionais modernas serão essenciais, por exemplo, para movimentar mercadorias na futura Zona de Livre Comércio Continental Africana.

Sem sombra de dúvidas, é o Japão que está abraçando essa agenda dupla verde e digital com o maior vigor. Confrontado com a baixa taxa de natalidade e com o envelhecimento de sua população, em 2017, o governo adotou a Sociedade 5.0 como estratégia de crescimento para a criação de um sistema socioeconômico sustentável e inclusivo, alimentado por tecnologias digitais. O objetivo é ir além da Indústria 4.0, para transformar o modo de vida japonês. As cidades serão alimentadas por energia fornecida de modos flexíveis e descentralizados para atender às necessidades específicas de seus habitantes, ao mesmo tempo em que conservam energia. Drones prestarão serviços postais em áreas despovoadas. Em setores onde há escassez de mão de obra, veículos autônomos vão arar os campos, e robôs serão usados em lares de idosos (ver Capítulo 24).

O governo aposta que a Sociedade 5.0 oferecerá ao Japão os meios para superar sua estagnação econômica crônica. As empresas japonesas reagiram ao encolhimento do mercado interno adquirindo empresas no exterior para “comprar tempo e trabalho”. Como resultado disso, os investimentos estão deixando o Japão, esvaziando a base industrial do país. Mesmo que até agora não tenha assumido a liderança nas indústrias digitais, o Japão pode ser capaz de aproveitar suas forças tradicionais em engenharia mecânica e de materiais para desenvolver sistemas ciberfísicos avançados. Ao introduzir ativamente a IA nos locais de trabalho, espera-se que o despovoamento e o envelhecimento deixem de representar desvantagens em uma economia baseada menos no trabalho intensivo (ver Capítulo 24).

### **Risco de maiores desigualdades sociais**

Digitalizar a economia pressupõe que os cidadãos tenham contas bancárias e cartões de crédito que lhes permitam realizar transações *online*. O estabelecimento de um sistema de pagamentos digitais nos países em desenvolvimento apoiará o surgimento do comércio eletrônico e combaterá a evasão fiscal e a corrupção, mas também aumentará a vulnerabilidade dos empregados na economia informal, onde os pagamentos em dinheiro vivo são a regra.

A Índia é uma economia baseada no dinheiro em espécie. Para reduzir o tamanho da economia informal, o governo tomou uma medida radical em 2016 ao desmonetizar duas cédulas que representavam aproximadamente 86% do papel-moeda em circulação na época. Entre 2014 e 2017, a proporção de cidadãos com conta bancária aumentou de 53% para 80%, e o mercado digital se expandiu. Os pagamentos *online* se tornaram uma opção particularmente atraente na Índia e ao redor do mundo durante a crise da COVID-19, como um meio de respeitar o distanciamento físico em transações financeiras.

Na África, a revolução digital está sendo impulsionada por um crescimento consistente na quantidade de telefones celulares e sistemas de pagamentos digitais com funcionalidades avançadas, que se baseiam na convergência entre dinheiro móvel e internet das coisas. O Quênia é um dos mercados de crédito digital mais maduros nas economias em desenvolvimento, onde, em 2015, o volume de empréstimos



digitais ultrapassou o dos empréstimos tradicionais. Em 2020, o Centro Nacional de Dados da Tanzânia lançou o N-Card, que permite pagamentos digitais; em 2019, 78% dos adultos nas áreas rurais da Tanzânia eram capazes de acessar os serviços financeiros formais em um raio de 5 km.

Em outubro de 2019, os ministros da Comunicação africanos adotaram a *Declaração de Sharm El Sheikh*, propondo uma *Estratégia de Transformação Digital* para o continente. Eles convidaram os Estados-membros a ratificar a *Convenção da União Africana sobre Segurança Cibernética e Proteção de Dados Pessoais* (a *Convenção de Malabo*, 2014), que convoca os países a criarem um sistema financeiro que não use dinheiro vivo a fim de estimular os mercados digitais e combater a corrupção, bem como desenvolver regulamentos para proteger os dados domésticos.<sup>6</sup> Os ministros também exortaram os Estados-membros a adotarem uma posição única sobre IA e a criarem um grupo de especialistas nessa área para avaliar e recomendar projetos colaborativos alinhados com a *Agenda 2063* da União Africana e com os ODS (ver Capítulo 18).

Esta seria uma agenda digital ambiciosa para qualquer região, mas a África ainda se encontra no estágio de ampliar o acesso à internet para as massas. Entre 2015 e 2019, o acesso à internet avançou apenas 0,24%, atingindo 24,2% da população africana (ver Capítulo 19). Apesar da extensão da infraestrutura de comunicação, muitas empresas e cidadãos africanos não têm recursos para pagar o acesso à internet, que continua caro devido à falta de competição no mercado (ver Capítulo 20). Por exemplo, em outubro de 2020, Madagascar tinha o segundo serviço de internet de banda larga fixa mais rápido da África, depois de Gana, tendo se conectado ao Sistema de Cabo Submarino da África Oriental em 2010, mas poucos malgaxes tinham condições de pagar o acesso à internet.

A Índia é o melhor exemplo dos desafios enfrentados pelos países ao tentarem modernizar a economia e, paralelamente, avançar com a agenda digital, concentrando em poucos anos o que normalmente seria um processo mais gradual. Ao mesmo tempo em que o governo indiano expandia o acesso dos cidadãos a contas bancárias, um grupo de estudos do governo, a Instituição *Nacional para Transformar a Índia* (NITI Ayog), publicou em 2018 a *Estratégia Nacional de Inteligência Artificial* para alavancar melhorias em assistência médica, educação e rendimentos agrícolas. Tal estratégia também visa a promover cidades inteligentes, mobilidade inteligente e transporte inteligente. A tecnologia *blockchain* já está difundida no governo. A NITI Ayog está explorando oportunidades para a implementação da tecnologia *blockchain* nas indústrias de medicamentos e fertilizantes, de veículos elétricos e híbridos na indústria automotiva, e para expandir a energia renovável.

Em 2015, o governo indiano selecionou cerca de cem cidades com uma população total de 99,6 milhões para se tornarem as primeiras cidades inteligentes do país. Não existe uma definição universalmente aceita de “cidade inteligente”, apesar de sua multiplicação em todo o mundo. O conceito indiano combina tecnologias digitais e sustentáveis para fornecer água e saneamento, eletricidade, educação e assistência médica, moradia segura e acessível, e mobilidade urbana eficiente. Existe o risco de que essas cidades inteligentes exacerbem as desigualdades sociais, uma vez que, de acordo com o Ministério da Habitação e Assuntos Urbanos, 80% do financiamento para as cidades inteligentes indianas será gasto no desenvolvimento

com base em áreas que beneficiam apenas parte da população de uma cidade (ver Capítulo 22).

A preocupação quanto à possibilidade de aumento das desigualdades sociais devido à dupla transição, verde e digital, é particularmente forte quando se trata da perspectiva de empregos sendo deslocados em grande escala. No caso da transição digital, é a automação que causa preocupação; no caso da transição verde, é a perspectiva de se eliminar gradualmente as indústrias poluentes em grande escala, como as usinas a carvão, que são uma fonte de empregos em massa. Isso levou alguns governos a aprovarem novas usinas a carvão o com pleno conhecimento de que estas se revelariam antieconômicas.

A Comissão Europeia procura garantir que os empregos perdidos em uma indústria para a economia digital e verde possam ser recriados em outro local. O *Mecanismo para uma Transição Justa* busca limitar a turbulência que atinge os Estados-membros mais vulneráveis, por meio de recursos adaptados às necessidades de cada um. Esse mecanismo faz parte do *Plano de Investimento para uma Europa Sustentável* do Acordo Verde Europeu (*European Green Deal*), que mobiliza investimentos públicos e privados em um total acumulado de pelo menos € 1 trilhão, apresentado pela Comissão Europeia em janeiro de 2020 (ver Capítulo 9).

### **Ansiedade sobre a automação**

Até agora, a Indústria 4.0 não parece ter causado perdas generalizadas de empregos. Na América Latina, as *fintechs* e a automação crescente estão começando a direcionar os investimentos para produtos, processos e serviços que dependem da inovação, mas o impacto sobre o emprego ainda não foi sentido. Se tomarmos o México como exemplo, o país contava com 5,7 mil robôs industriais em 2018, ocupando a nona posição mundial em automação. Cerca de metade desses robôs estavam instalados no setor automotivo. Muitos robôs industriais foram importados pelo México dos EUA, da Europa e da Ásia por fabricantes de automóveis com montadoras locais (ver Capítulo 7).

Na Índia, da mesma forma, o setor manufatureiro também é responsável pela maior parte dos robôs importados.<sup>7</sup> Embora de 2000 a 2016 seu número tenha aumentado em média 64% ao ano, eles não respondem por mais de 10% do emprego total na indústria. Entretanto, devido ao rápido desenvolvimento de tecnologias associadas, muitas tarefas podem se tornar automatizadas em breve. Isso poderia alterar radicalmente o cenário de empregos na Índia, bem como em outros países (ver Capítulo 22).

O declínio da manufatura tradicional se tornou uma questão delicada nos EUA. A produção industrial em 2017 foi pelo menos 5% maior do que em 2000, mas o setor se tornou mais intensivo em capital e menos intensivo em mão de obra, devido à introdução generalizada da automação. No país, cerca de 5,5 milhões de empregos na indústria foram perdidos entre 2000 e 2017 (ver Capítulo 5).

Essa queda também pode ser atribuída a uma incompatibilidade de habilidades existente nos EUA para o setor de manufatura mais sofisticado da atualidade. Indivíduos com ensino médio ou menor grau de instrução que realizam tarefas padronizadas são quatro vezes mais propensos a conseguir empregos altamente automatizáveis do que aqueles que têm nível de bacharelado. Doze milhões desses trabalhadores de ascendência hispânica e afro-americana já foram substituídos pela automação.

Estima-se que, nas próximas décadas, aproximadamente 25% dos empregos norte-americanos (36 milhões, em 2016) enfrentarão alta exposição à automação (ver Capítulo 5).

Um fenômeno relativamente novo nos EUA é que a IA está ameaçando empregos mais bem remunerados em áreas de alta tecnologia e nas regiões metropolitanas. Essa tendência exigirá uma reestruturação considerável dos planos de carreira e programas de treinamento (ver Capítulo 5).

### **Energia no centro da dupla transição**

A energia renovável foi o único setor energético a crescer no auge da pandemia da COVID-19, e a demanda por ela deve crescer ainda mais. Os sistemas de energia renovável se tornaram mais econômicos do que as alternativas, graças em especial aos avanços nas tecnologias de energia eólica e solar (ver Capítulo 2).

A energia está no centro das transições verde e digital. De acordo com a Agência Internacional de Energia, atualmente apenas metade (48%) da população da África Subsaariana tem acesso à eletricidade. Os governos têm plena consciência de que não é possível haver industrialização nem economia digital sem acesso universal à energia. A estratégia da *Agenda 2063* da União Africana (UA) dá alta prioridade ao investimento em energias renováveis a fim de complementar a extensão da rede.

Em 2015, a Comunidade de Desenvolvimento da África Austral abriu um Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética na Namíbia para melhorar o acesso à eletricidade na sub-região. Entre 2015 e 2018, a participação geral das energias renováveis na capacidade energética da África Austral subiu de 24% para 39%. A maioria dos projetos envolve energia eólica, solar e hidrelétrica (ver Capítulo 20).

Na África Oriental, atualmente a energia geotérmica é canalizada para mais de 35% dos domicílios quenianos. Em novembro de 2019, o Quênia ultrapassou a Islândia e ocupou a oitavo posição no *ranking* mundial de capacidade de produção de energia geotérmica. O desenvolvimento da energia geotérmica se acelerou desde 2008, com o lançamento do programa *Kenya Vision 2030*, com ênfase nas energias renováveis.

Para as nações insulares do Caribe e do Pacífico Sul, a energia renovável é vista como um meio de reduzir as dispendiosas importações de combustíveis fósseis e garantir maior independência energética. Seis países insulares do Pacífico pretendem gerar 100% de sua eletricidade a partir de fontes renováveis dentro de uma década (ver Capítulo 26). Cinco países caribenhos fazem parte de um projeto para explorar suas vastas reservas geotérmicas com o apoio do Fundo Verde para o Clima (ver Capítulo 6).

Vários países estão abandonando projetos hidrelétricos como consequência de chuvas inconstantes (por exemplo, Sri Lanka e Zâmbia) ou por preocupações com a segurança. Em 2018, na sequência de um relatório da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, alertando que 45 barragens apresentavam alto risco de falhas, o governo anunciou o fim dos projetos de mega-hidrelétricas na Amazônia (ver Capítulo 8). Enquanto isso, está prevista a construção de uma mega usina hidrelétrica na República Democrática do Congo (ver Capítulo 20).

Projetos para o desenvolvimento de energia renovável são abundantes em todo o mundo. Em 2018, aproximadamente 16% da geração de eletricidade resultou da energia hidrelétrica e outros 10% da energia solar, eólica, de biocombustíveis e biomassa. No entanto, muitos países ainda estão no estágio de importação de pacotes de tecnologias, em vez de adaptá-las ou desenvolver as suas próprias.

Com frequência, a industrialização e o desenvolvimento da infraestrutura ocorrem em paralelo a P&D, quando esses caminhos deveriam se beneficiar mutuamente (ver Capítulo 21). Entretanto, mais países estão unindo os dois processos. A *Política de Requisitos de Conteúdo Local* do Irã (2016) introduziu uma cláusula exigindo que acordos internacionais e grandes projetos nacionais "incluam tecnologia e treinamento local". O programa *Visão 2030* da Arábia Saudita fixa a meta de fabricar localmente 50% do equipamento militar que o país importa até 2030. No Equador, os cientistas desenvolveram uma especialização em tecnologias de rede inteligente na esteira de uma série de apagões ocorridos em 2009, que levaram o governo a priorizar o investimento em infraestrutura energética e a transição para energias renováveis (ver Capítulos 2 e 7). O Butão planeja estabelecer dez *fab labs* em todo o país até 2023; o Fab4Fab, programa-piloto, está estudando como produzir localmente os componentes de um *fab lab* em substituição aos importados (ver Capítulo 21).

Garantir que a agenda de desenvolvimento sustentável dos países seja implementada em diferentes setores econômicos será um desafio político. Por exemplo, as indústrias verdes não figuram entre os setores prioritários da *Política Industrial Estatal* da Mongólia (2015), apesar do foco da *Política Estatal sobre Energia 2015-2030* (2015) no desenvolvimento de energia eólica e solar e da meta de que, até 2030, 30% do consumo de energia total será composto por energias renováveis, que se encontra na *Política de Desenvolvimento Verde* (ver Capítulo 14).

### **Energia nuclear sendo gradualmente adotada... e eliminada**

As usinas nucleares custam bilhões de dólares para serem construídas e têm vida útil de cerca de 40 anos. Até 2025, 25% da capacidade nuclear existente provavelmente precisará ser encerrada (ver Capítulo 2). Vários países em desenvolvimento estão planejando construir usinas nucleares, incluindo Egito e Emirados Árabes Unidos (ver Capítulo 17), Mongólia (ver Capítulo 14) e Zâmbia (ver Capítulo 20).

Enquanto isso, a Coreia do Sul está desenvolvendo energia de hidrogênio para compensar a eliminação gradual da energia nuclear, de acordo com seu *Terceiro Plano Diretor de Energia* para 2019-2040. Uma vez que o país é um fabricante líder de reatores nucleares, existe a preocupação de que a eliminação gradual da energia nuclear irá reduzir a competitividade global do país. Além disso, serão necessários investimentos consideráveis em infraestrutura para se atingir a meta de 20% de energias renováveis até 2020, uma vez que elas representaram cerca de 5% do fornecimento primário de energia em 2017; uma estratégia envolve ajudar os agricultores a converterem áreas degradadas em fazendas solares (ver Capítulo 25).

O desenvolvimento da tecnologia de célula de hidrogênio combustível também é um foco da *Perspectiva de Oferta e Demanda de Energia de Longo Prazo* do Japão (2015). Na esteira do Grande Terremoto do Leste (2011), entre 2013 e 2015 as usinas nucleares do país foram fechadas para inspeções e melhorias obrigatórias. Para compensar a perda de energia nuclear, o Japão aumentou sua dependência das importações de petróleo, gás e carvão. A instalação de sistemas solares foi retardada pelo alto preço da eletricidade, o que tem sido um fardo para o setor industrial. Em 2018, esta situação motivou uma redução do preço fixo que os consumidores pagam pela energia solar e eólica, bem como uma liberalização do mercado de varejo.

É simbólico que o Japão (ver Capítulo 24) e a Ucrânia (ver Capítulo 12) estejam estabelecendo usinas solares nos locais onde ocorreram os piores desastres nucleares da história, Fukushima (2011) e Chernobyl (1986).

### **A transição energética encontra resistência**

Os países em desenvolvimento estão cooperando com parceiros internacionais para ter acesso ao financiamento verde. Por exemplo, os pagamentos de energias renováveis (*feed-in tariffs* – FIT) e o esquema de leilão de energia solar do Cazaquistão foram desenvolvidos no escopo do *Marco de Renováveis do Cazaquistão*, projeto cofinanciado desde 2017 pelo Banco Europeu de Reconstrução e Desenvolvimento e pelo Fundo Verde para o Clima. Um desafio para os países em desenvolvimento será equilibrar as demandas concorrentes por inovação do setor de mineração que, muitas vezes, constitui a base de suas economias (ver Capítulo 14).

Um número crescente de países em desenvolvimento está usando as receitas da mineração e da exploração de petróleo e gás para financiar sua transição verde. Em 2019, a Guiana aproveitou a descoberta de reservas *offshore* de petróleo e gás para criar um *Fundo de Riqueza Soberana* que está usando as receitas petrolíferas para financiar sua transição para a energia renovável (ver Capítulo 6). O *Fundo Soberano para Investimentos Estratégicos* do Senegal (criado em 2012) utiliza a receita estatal de petróleo e gás para investir em fundos de capital voltados para PMEs em setores priorizados pelo *Plano Emergente do Senegal* (2014), como energia solar, agricultura e saúde (ver Capítulo 18). A *Política de Desenvolvimento Verde* da Mongólia (2014-2030) planeja equilibrar o desenvolvimento das indústrias de mineração e fundição, entre outras formas, com a criação de um fundo de riqueza soberana com as receitas do setor de mineração para apoiar o desenvolvimento sustentável de longo prazo (ver Capítulo 14).

Nas nações industrializadas, o processo de transição gradual para as energias renováveis encontrou certa resistência por parte dos defensores da energia tradicional. Por exemplo, nos quatro anos (2016-2019) após a implementação do *Acordo de Paris*, 35 bancos canadenses, chineses, europeus, japoneses e norte-americanos investiram, juntos, US\$ 2,7 trilhões em combustíveis fósseis (ver Capítulo 2).

No entanto, a mudança está no ar. Em 2017, a Irlanda se tornou o primeiro país do mundo a se comprometer a desinvestir totalmente as verbas públicas de combustíveis fósseis, e o parlamento do país aprovou uma legislação para que o *Fundo de Investimento Estratégico da Irlanda*, no valor de € 8 bilhões (cerca de US\$ 9,5 bilhões) interrompesse o investimento em carvão, petróleo e gás (ver Capítulo 2).

Em 2019, o Parlamento Norueguês aprovou uma lei que exige que o *Fundo Soberano de Riquezas da Noruega*, o maior do mundo, e que conta com mais de US\$ 1 trilhão, reduza os investimentos realizados em oito empresas de carvão e cerca de 150 produtores de petróleo, no valor de US\$ 13 bilhões (ver Capítulo 11).

### **Governos mais sintonizados com o desenvolvimento sensível ao clima**

Os governos têm se tornado mais atentos à necessidade de políticas de desenvolvimento que sejam sensíveis ao clima. Moçambique está investindo em infraestruturas resilientes ao clima, por exemplo, e a Zâmbia adotou um *Plano de Investimento em Agricultura Inteligente para o Clima* (ver Capítulo 20).

Em 2021, Djibuti planeja inaugurar seu *Observatório Regional sobre Mudança Global*. A Agência Internacional de Energia Atômica forneceu equipamentos científicos sofisticados para o centro, que estudará o impacto da mudança climática nos frágeis ecossistemas da África Oriental, bem como doenças emergentes, como a chikungunya e a COVID-19 (ver Capítulo 19).

Em 2017, o Camboja informou ter alcançado sua meta de destinar 1% dos gastos públicos para enfrentar a mudança climática, de acordo com o *Plano Estratégico de Mudança Climática do Camboja 2014-2023*. No entanto, o progresso está sendo prejudicado pela falta de dados e tecnologias, assim como pelo acesso limitado a financiamento para empresas que desejam realizar investimentos climáticos inteligentes (ver Capítulo 26).

No Caribe, uma sucessão de furacões devastadores direcionou a atenção para a reconstrução de uma infraestrutura mais resiliente. Isso exigirá maior investimento de capital, com o conseqüente aumento da carga fiscal sobre os membros do Caricom, que já têm uma das dívidas públicas mais altas do mundo em relação ao tamanho de suas economias. Em 2018, foi formada uma “coalizão de vontades” para estabelecer o Programa *Caribbean Climate-Smart Accelerator*, que tem o objetivo ambicioso de transformar o Caribe na primeira zona inteligente para o clima do mundo. Mais de 26 países e 40 parceiros dos setores público e privado aderiram ao Programa, incluindo a Organização dos Estados do Caribe Oriental, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Mundial (ver Capítulo 6).

A indústria de captura e armazenamento de carbono ainda está engatinhando, apesar de ser considerada vital para limitar o aquecimento global. Na Noruega, a empresa Equinor está desenvolvendo o que pode se tornar o primeiro projeto em escala industrial para captura e armazenamento de carbono na Europa (ver Capítulo 11).

Nos sistemas de governança federal, tende a haver disparidades entre as políticas federais e estaduais, as quais impedem uma estratégia nacional abrangente de mitigação e adaptação à mudança climáticas. É o que ocorre, por exemplo, no Canadá, nos EUA e na Austrália (ver Capítulos 4, 5 e 26).

### **Pesquisa em sustentabilidade ainda deve se tornar foco principal**

Com relação a todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável referentes a crescimento econômico, aqueles com foco em inovação, indústria e infraestrutura (ODS 9) e cidades sustentáveis (ODS 11) foram os que receberam a maior assistência oficial ao desenvolvimento entre 2000 e 2013, quando as contribuições chegaram a US\$ 130 bilhões e US\$ 147 bilhões, respectivamente (ver Capítulo 2).

Tópicos de pesquisa relacionados à sustentabilidade ambiental, alinhados aos ODS relativos a consumo responsável (ODS 12), ação climática (ODS 13), vida subaquática (ODS 14) e vida na terra (ODS 15) receberam menor atenção dos doadores entre 2000 e 2013, atraindo um total acumulado de menos de US\$ 25 bilhões em financiamento durante esse período (ver Capítulo 2).

Esse padrão de financiamento se reflete nos resultados. Em média, o progresso nacional em todo o mundo tem sido mais fraco para os ODS ambientais centrais relativos a: ação climática (ODS 13), oceanos (ODS 14) e vida na terra (ODS 15) (ver Capítulo 2).

Uma análise realizada pela UNESCO sobre 56 tópicos de pesquisa de alta relevância para os ODS chegou a uma conclusão semelhante (Figura 1.7; ver Capítulo 2). Descobriu-se que a pesquisa em sustentabilidade ainda não era a tendência dominante nas publicações acadêmicas em âmbito global. Por exemplo, a pesquisa sobre colheitas preparadas para o clima representou apenas 0,02% da produção científica mundial entre 2011 e 2019.

Tópicos relacionados a inovação, industrialização e infraestrutura (ODS 9) tiveram melhor desempenho. Entre 2011 e 2019, quase um terço (59) dos 193 países estudados pelo menos dobrou sua produção sobre o tema “maior eficiência de baterias”. Ocorreu um aumento semelhante para tecnologias de rede inteligente (55 países) e transporte sustentável, como veículos elétricos e híbridos (50) (ver Capítulo 2).

Vale mencionar que a China aumentou sua produção em mais de 20% com relação a publicações sobre maior eficiência de baterias (para 53% do total global), energia de hidrogênio (para 43%) e precificação do carbono (para 41%) (ver Capítulo 2). A China está prestes a se tornar o líder mundial no tópico “captura e armazenamento de carbono”, e sua produção aumentou mesmo com o declínio de outros seis países líderes nesse assunto, a saber: Alemanha, Canadá, EUA, França, Noruega e Países Baixos (ver Capítulo 2).

Apesar da prioridade atribuída à transição energética global, publicações sobre nove tópicos relacionados à energia sustentável (ODS 7), incluindo tecnologias de combustíveis fósseis mais limpas e energia eólica e solar, ainda representaram apenas 2,4% da produção científica global em 2016-2019, em comparação a 2,1%, em 2012-2015.

Os tópicos relacionados à sustentabilidade constituem parcelas muito maiores da produção nacional realizada por sistemas científicos pequenos e em desenvolvimento. Foram esses sistemas que apresentaram crescimento mais visível entre 2011 e 2019, como no Equador, na Indonésia e no Iraque (Figura 1.7). Esses países também tendem a estar na linha de frente da mudança climática e são dependentes da exportação de mercadorias. Desde 2011, a parcela de publicações científicas sobre energia fotovoltaica proveniente de países de mais baixa renda aumentou de 7,6% para 21,6%, e sobre biocombustíveis e biomassa, de 6,2% para 21,2%. No mesmo período, os países de baixa renda aumentaram sua participação global em publicações sobre energia fotovoltaica, de 0,2% para 1,4% (ver Capítulo 2).

## TENDÊNCIAS DE POLÍTICAS

### Mudança de foco em direção ao bem-estar

O código legal de 1729 do Butão afirma que “o objetivo do governo é proporcionar felicidade ao seu povo”. O Butão não encontrou dificuldades para adaptar suas políticas aos ODS, uma vez que sua filosofia de Felicidade Interna Bruta é construída sobre quatro pilares que refletem essa agenda: desenvolvimento socioeconômico sustentável e equitativo; preservação e promoção da cultura; conservação, utilização sustentável e gestão do meio ambiente; e promoção da boa governança. No *Décimo Segundo Plano Quinquenal do governo (2018-2023)*, esses quatro pilares foram traduzidos em 16 áreas-chave de resultados nacionais, que estão altamente correlacionadas com os ODS (ver Capítulo 21).<sup>8</sup>

A adoção dos ODS levou mais países a *ampliar* os indicadores de bem-estar para além do foco principal na renda e no PIB. O *Living Standards Framework* adotado em

2015 pelo Tesouro da Nova Zelândia oferece um novo meio de avaliar o bem-estar, com base no documento “*How’s Life*” (Como é a vida) da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Esse sistema neozelandês eleva o “bem-estar sustentável intergeracional” ao *status* de objetivo principal de formulação de políticas e gestão de recursos naturais (ver Capítulo 26).

O *Plano Nacional de Desenvolvimento do Equador 2017-2021: Toda una Vida* fornece um plano de ação para “humanizar os indicadores e mudar o aspecto dos grupos vulneráveis, como uma política de Estado”. Todos os oito objetivos estão alinhados com os ODS, mas 60% do investimento total é dedicado a “garantir uma vida decente com oportunidades iguais para todos” (ver Capítulo 7).

A Revisão Nacional Voluntária da Bolívia (2015), referente ao progresso do país em direção aos ODS, estabeleceu o conceito de *bien vivir* (bem viver), definido como “a alternativa civilizacional e cultural ao capitalismo, ligada a uma visão abrangente [...] em harmonia com a natureza [para uma] solução estrutural para a crise climática global”. Esse relatório fixou a meta de aumentar a participação de fontes energéticas alternativas na capacidade total de energia elétrica de 2%, em 2010, para 9%, até 2030 (ver Capítulo 7).

O *Plano Política e Ação da Islândia para 2017-2019* enfatiza o papel de P&D em garantir o “crescimento de qualidade” durante a Quarta Revolução Industrial, em oposição a somente o “crescimento econômico”, levando em consideração o potencial impacto negativo das tecnologias sobre os futuros usuários. Embora o *Plano Política e Ação* não se refira explicitamente à avaliação de tecnologias, essa é a filosofia por trás dele.

A *Plano Política e Ação da Islândia para 2017-2019* também exige que os cidadãos se envolvam mais estreitamente na concepção de políticas, inovação e pesquisa. Um relatório provisório sobre a situação da implementação de políticas, publicado no final de 2019, observou que a realização de consultas públicas aproximou as prioridades de pesquisa das necessidades dos habitantes do país. Tais consultas revelaram que a maior preocupação dos islandeses era o estado do meio ambiente.

### Especialização inteligente busca aumentar a autonomia regional

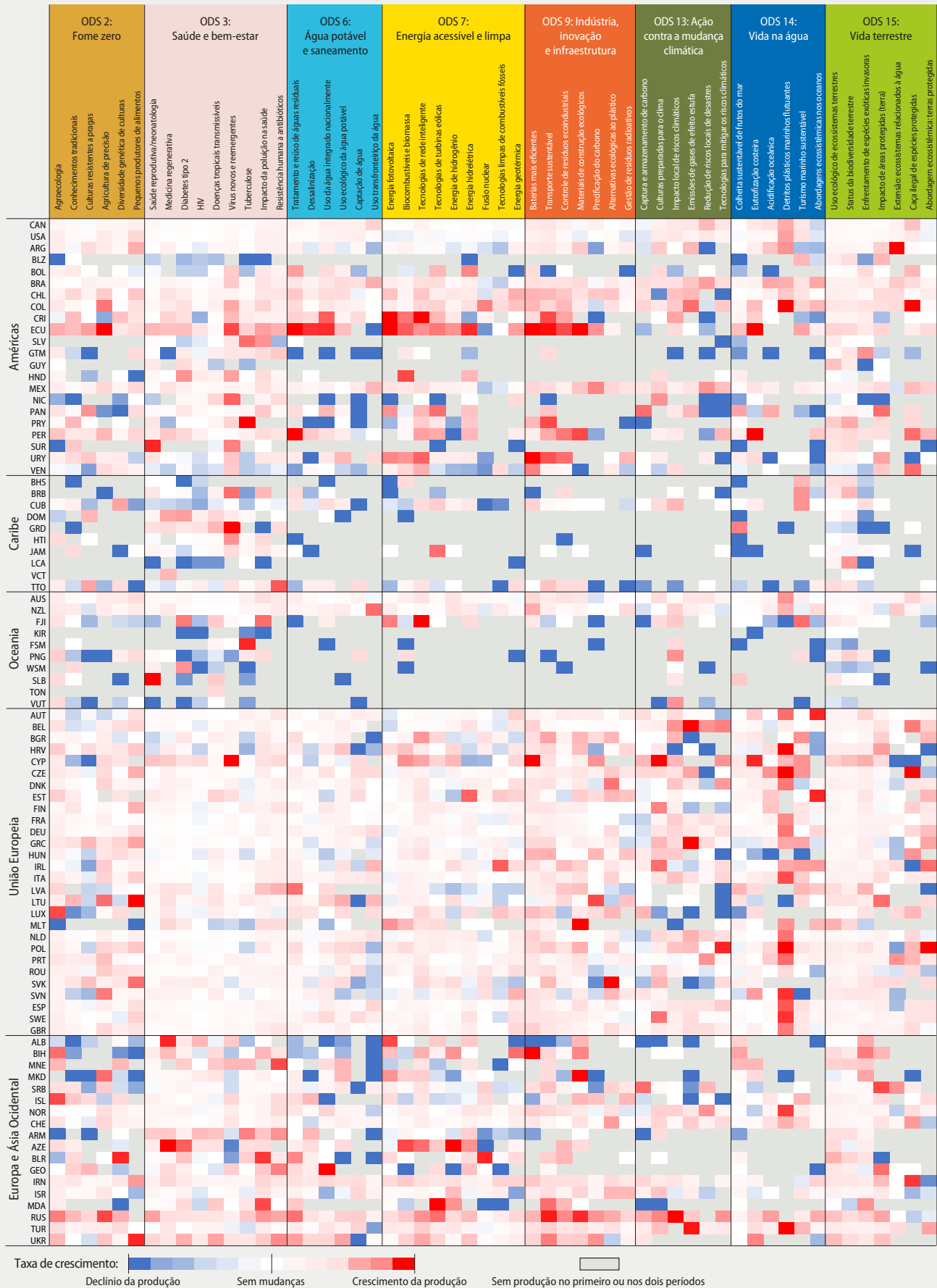
Um desafio para todos os países será garantir que o crescimento econômico nacional beneficie as regiões de modo geral. A pesquisa e a inovação frequentemente estão concentradas em conurbações. Existe interesse crescente na abordagem da inovação com base em especificidades de cada região, ou especialização inteligente, para torná-las mais autônomas.

Na UE, os recebimentos do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional durante o período de 2014-2020 estavam condicionados à criação de estratégias de especialização inteligente pelos Estados-membros para as suas regiões, cabendo aos empresários locais a escolha das tecnologias a serem usadas. Regiões com especialização semelhante têm cooperado em plataformas temáticas de modernização industrial, energia e agroalimentação. A grande maioria das regiões escolheu a energia sustentável como campo para sua estratégia de especialização inteligente.

Os países do sudeste europeu estão desenvolvendo suas próprias estratégias de especialização inteligente em colaboração com a Comissão Europeia, como pré-requisito

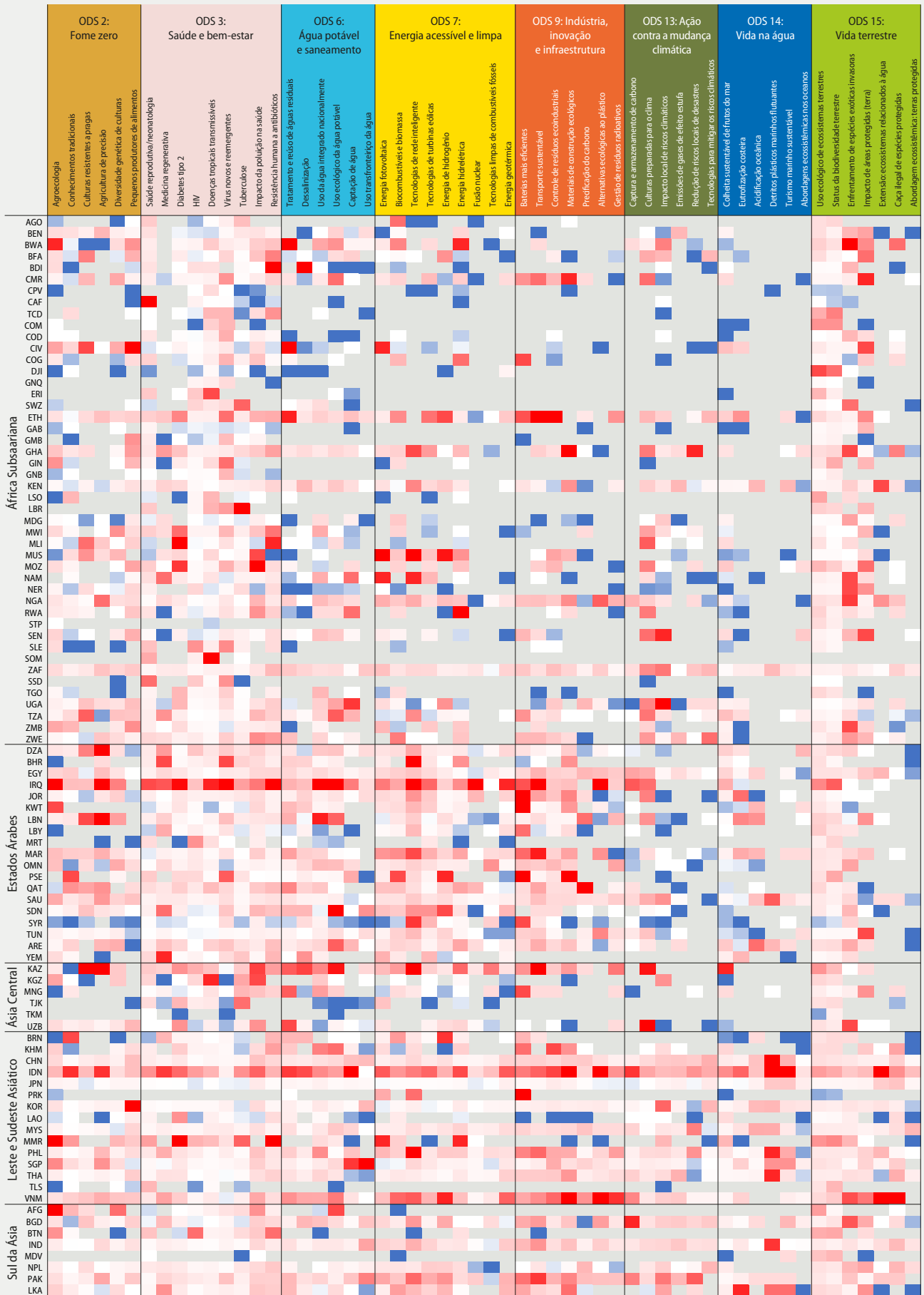


Figura 1.7: Mapa de calor que mostra mudanças nas publicações científicas em 56 temas relacionados aos ODS, 2012-2019



Nota: A taxa de crescimento é calculada como o número de publicações do período 2016-2019 dividido pelo número de publicações de 2012-2015. Para os códigos dos países, ver: <[www.iso.org/iso-3166-country-codes.html](http://www.iso.org/iso-3166-country-codes.html)>. Não são mostrados países com menos de 120 mil habitantes. O conjunto de dados completo está disponível gratuitamente no portal do UNESCO Science Report.





Fonte: Scopus (Elsevier), incluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Metrix.

para se tornarem membros da UE (ver Capítulo 10). A Comissão está também colaborando com as Nações Unidas na integração desse conceito à implementação dos ODS (ver Capítulo 9).

Promover uma maior autonomia regional é uma prioridade para a Coreia do Sul, país altamente centralizado. Em 2017, cada província foi convidada a criar *clusters* especializados em torno de suas próprias prioridades, no âmbito do *Quarto Plano Nacional para o Desenvolvimento Regional da Ciência e Tecnologia 2013-2017*. O desenvolvimento desses *clusters* foi apoiado pela transferência de instituições públicas para as províncias, incluindo empresas estatais e institutos de pesquisa apoiados pelo governo.

O Panamá também adotou uma abordagem de especialização inteligente para definir as agendas territoriais de inovação em seu *Plano Estratégico 2019-2024*. É importante ressaltar que o plano também propõe dobrar o Gasto Doméstico Bruto com P&D (GERD) para 0,33% do PIB até 2024.

A Rússia está descentralizando a pesquisa para regiões específicas, a fim de criar uma “nova geografia da ciência russa”. O objetivo é estabelecer centros de pesquisa e educação de nível mundial em regiões selecionadas, para desenvolver novas tecnologias e produtos competitivos e formar profissionais de acordo com o perfil de especialização inteligente de cada região. Esses centros serão organizados em consórcios que agruparão os principais institutos de pesquisa e universidades, em colaboração com empresas interessadas (ver Capítulo 13).

### **Políticas orientadas à missão, um novo foco para a Europa**

A América Latina foi pioneira em políticas orientadas à missão (*mission-oriented policies* – MOP). Há duas décadas, elas foram implementadas pela primeira vez pelo Brasil como fundos setoriais, então emulados por outros países da região, incluindo Argentina, Colômbia, México e Uruguai. Os fundos setoriais são uma fonte importante de financiamento governamental para a pesquisa em indústrias estratégicas, que podem incluir agricultura, energia, meio ambiente, desenvolvimento de *softwares* e saúde. A pesquisa realizada por essas indústrias-alvo é irrigada por meio de impostos governamentais cobrados de setores industriais ou serviços específicos, como empresas energéticas ou cassinos. Em 2020, o governo mexicano decidiu eliminar os fundos setoriais do país como parte da restrição à alocação de recursos para promover a inovação empresarial (ver Capítulo 7).

Em 2020, a UE adotou sua própria forma de políticas orientadas à missão. *Horizonte Europa*, o programa-marco de sete anos do bloco voltado para pesquisa e inovação até 2027, apresenta cinco missões concretas, e cada uma delas é acompanhada por metas específicas: adaptação à mudança climática, incluindo transformação social; câncer; cidades inteligentes e com impacto neutro no clima; oceanos, mares, águas costeiras e interiores saudáveis, e, por último, solo, saúde e alimentação. Uma das metas é obter 100 cidades neutras para o clima na UE até 2030, uma missão que exigirá inovação em todos os setores, como a combinação de novas soluções para transporte, gestão digital e veículos elétricos (ver Capítulo 9).

Enquanto isso, a Rússia apresentou a *Estratégia para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia* até 2035 (2016) como um novo modelo de política nacional. Ela estabelece sete prioridades orientadas à missão, a saber: manufatura digital; energia limpa; medicina personalizada; agricultura sustentável; segurança nacional; infraestrutura de transporte e telecomunicações; e prontidão para o futuro (ver Capítulo 13).

## TENDÊNCIAS EM DESPESAS COM PESQUISA

### **A ciência se tornou sinônimo de modernidade**

Nos últimos cinco anos, ciência, tecnologia e inovação se tornaram sinônimas de competitividade econômica e modernidade, à medida que os países em desenvolvimento buscam diversificar suas economias e torná-las mais intensivas em conhecimento.

Talvez o exemplo mais chamativo dessa tendência seja o programa espacial dos Emirados Árabes Unidos (EAU), que lançou a sonda Hope em direção a Marte em julho de 2020, apenas seis anos após a criação da agência espacial nacional. Como ainda não tem capacidade para o lançamento de foguetes, os Emirados Árabes estão se associando a líderes em tecnologia espacial para cumprir sua agenda, inclusive empresas sul-coreanas e japonesas. A sonda Hope foi projetada e fabricada por meio de uma parceria entre o Centro Espacial Mohammed bin Rashid e o Laboratório de Física Atmosférica e Espacial dos EUA (ver Capítulo 17).

Entre 2015 e 2018, os Emirados Árabes quase dobraram seus gastos com pesquisa, que atingiram 1,30% do PIB (Figura 1.2). Atualmente, o país é responsável por 0,42% dos gastos mundiais com pesquisa. No mesmo período, o número de pesquisadores equivalentes em tempo integral (ETI) aumentou 20%, para 2.379 por milhão de habitantes (Figura 1.3), bem acima da média global (1.368). A cientista-chefe do Projeto Hope é a dra. Sarah Al-Amiri, de 33 anos, e a idade média da equipe científica e técnica do Centro Espacial Mohammed bin Rashid é de 27 anos. A participação das publicações do país sobre física e astronomia com coautores internacionais cresceu de 76% para 80% entre 2015 e 2019, de forma alinhada à tendência global de maior colaboração científica internacional (Figura 1.4).

### **O investimento em pesquisa ultrapassou o crescimento econômico**

Os Emirados Árabes são um dos 32 países que impulsionaram o crescimento dos gastos globais com pesquisa entre 2014 e 2018. Nesse período, os gastos globais com pesquisa (GERD em paridade de poder de compra corrente [PPC] bilhões de dólares, a preços constantes de 2005) aumentaram 19,2%, ultrapassando o crescimento da economia global (+14,8%). Isso se traduziu em um aumento na intensidade da pesquisa, de 1,73% para 1,79% do PIB.

Quase metade (44%) desse aumento foi impulsionado apenas pela China (Figura 1.8). Sem a China, o crescimento global das despesas com pesquisa entre 2014 e 2018 (13,6%) ainda teria ultrapassado o crescimento econômico (12%), mas com uma margem muito menor.

A segunda maior contribuição para o crescimento das despesas globais com pesquisa veio dos EUA (19,4%), seguido pela UE (11,0%). A Coreia do Sul (4,7%) e a Índia (3,8%) também tiveram contribuições consideráveis. O Japão, por outro lado, contribuiu com apenas 0,3% do crescimento global em P&D.

Depois de Israel, a Coreia do Sul tem a segunda maior intensidade de pesquisa de todo o mundo (Figura 1.2). Estima-se que o investimento coreano em P&D tenha sido de cerca de 40% do PIB nacional no período de 2013-2017 (ver Capítulo 25).

Vários governos da Associação de Nações do Sudeste Asiático (Asean) estão investindo mais em P&D do que antes.

A Malásia está a caminho de atingir sua meta de destinar 2% do PIB ao GERD até 2020. Em 2019, o governo da Indonésia concedeu uma redução de 300% nos impostos empresariais relacionados a despesas com pesquisa (ver Capítulo 26).

Por sua vez, Singapura agora reserva um “financiamento em branco” flexível para setores emergentes ou necessidades e oportunidades imprevistas, de acordo com seu *Plano de Pesquisa e Inovação Empresarial 2020* (2016). Essa iniciativa foi inspirada pelo exemplo do setor de segurança cibernética, que surgiu durante o ciclo de financiamento governamental de 2011-2015. Esse tipo de financiamento de contingência para pesquisa industrial também poderia ser ativado por uma pandemia (ver Capítulo 26).

Na UE, os países líderes em inovação apresentam, em média, uma intensidade de pesquisa próxima ou superior a 3%; eles também são os mais avançados em termos de transição para economias verdes e digitais. A Dinamarca e a Alemanha se juntaram recentemente a este grupo. Outros 20 países da UE ficaram aquém de suas metas de intensidade de pesquisa para 2020 (ver Capítulo 9).

Olhando para o futuro, o peso da UE no investimento em pesquisa diminuirá nos próximos anos. Essa mudança será baseada não em políticas para a ciência, mas em uma remodelação geopolítica: a saída do Reino Unido (Brexit) reduzirá em 12% os gastos do bloco com pesquisa. Como o Reino Unido tem uma intensidade de pesquisa mais baixa (1,72%), sem o país a média do bloco aumentará automaticamente de 2,03% para 2,18% do PIB (ver Capítulo 9).

Em 2020, a maioria dos países verá uma inflação “artificial” em sua relação GERD/PIB, mesmo que mantenham os níveis atuais de despesas com pesquisa, devido ao declínio generalizado do PIB durante a fase inicial da pandemia da COVID-19.

### As despesas com pesquisa aumentam na maioria das regiões

Em 2018, 87% dos gastos com pesquisa estavam concentrados em três regiões: Leste e Sudeste Asiático (40%), com os pesos-pesados China, Japão e Coreia do Sul; América do Norte (27%); e UE (19%) (Figura 1.8). Em 2014, essas três regiões concentraram 85% dos gastos globais com pesquisa.

Embora às vezes os ganhos tenham sido modestos, os gastos com pesquisa aumentaram em todas as regiões entre 2014 e 2018, exceto na Ásia Central e na América Latina e Caribe (Figura 1.8).

Apesar do desejo declarado dos governos da Ásia Central de aumentarem seus esforços de pesquisa e investimentos em parques científicos e tecnológicos, em 2018 o GERD havia caído para menos de 0,15% do PIB em todos os países da região.

Na América Latina, o fim do *boom* das *commodities* deu início a um período de estagnação econômica, juntamente com uma queda na intensidade da pesquisa entre os pesos-pesados regionais, Argentina e México (Figura 1.2). Durante o período de *boom*, o investimento foi direcionado principalmente para a expansão econômica, em vez de reforçar a infraestrutura existente ou apoiar a inovação e a tomada de risco.

### Os ganhos podem ser frágeis

Os países de renda média-baixa aumentaram sua participação global em apenas 0,13% – que chegou a 4,3% –, e a dos países de baixa renda estagnou em 0,10%, apesar dos maiores gastos em pesquisa realizados pelos dois grupos entre 2014 e 2018.

Além disso, esses ganhos podem ser frágeis. Em 2017, Burkina Faso tinha uma das mais altas intensidades de pesquisa na África (0,61% do PIB), mas isso teria vida curta; após uma onda de ataques terroristas em 2019, o governo foi

## Quadro 1.1: A falta de dados impede o monitoramento dos ODS

Os dados disponíveis sobre despesas de pesquisa e o grupo de pesquisadores não podem ter um panorama completo, uma vez que uma minoria de países está publicando dados compatíveis internacionalmente.

Embora os países tenham concordado, em 2015, em monitorar seus avanços no aumento da intensidade em pesquisa (ODS 9.5.1) e a densidade de pesquisadores (ODS 9.5.2), como parte de seu compromisso de alcançar os ODS até 2030, esse empreendimento não estimulou um aumento na comunicação de dados.

Pelo contrário, em 2015, 99 países disponibilizaram dados sobre o investimento doméstico em pesquisa, mas, em 2018, esse número caiu para 69. De maneira similar, em 2018, 59 países registraram a quantidade de pesquisadores (em equivalentes de tempo integral) abaixo dos 90 países em 2015\*.

Entre 2015 e 2018, apenas 107 países disponibilizaram dados sobre pesquisadoras com relação a pelo menos um desses quatro anos. Além disso, dados comparáveis internacionalmente não estão disponíveis para países populosos como Bangladesh, Brasil, China, EUA, Índia e Nigéria.

Mesmo os países que criaram observatórios para melhorar a coleta e a análise de dados, em muitos casos ainda não estão realizando pesquisas sobre a inovação no setor privado, o que os deixa com um “ponto cego” quando se trata de avaliar os pontos fortes e as necessidades não atendidas do sistema de inovação nacional.

O panorama dos indicadores dos ODS relacionados ao meio ambiente não é melhor. O progresso de 68% desses indicadores não pode ser mensurado por falta de dados, de acordo com o documento *“Measuring Progress: towards*

*Achieving the Environmental Dimension of the SDGs*”, publicado em 2019 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Essa falta de dados deve ser motivo de preocupação, uma vez que a formulação e a revisão de políticas se baseiam em dados confiáveis e coletados regularmente. Não se pode monitorar o que não se pode mensurar.

Um desafio relacionado à formulação de políticas baseadas em evidências diz respeito à omissão, em muitos marcos políticos, de qualquer menção aos sucessos ou fracassos experimentados por estratégias anteriores. Esse lapso sugere que políticas podem não ser baseadas em lições aprendidas com experiências anteriores.

Fonte: compilado pelos autores

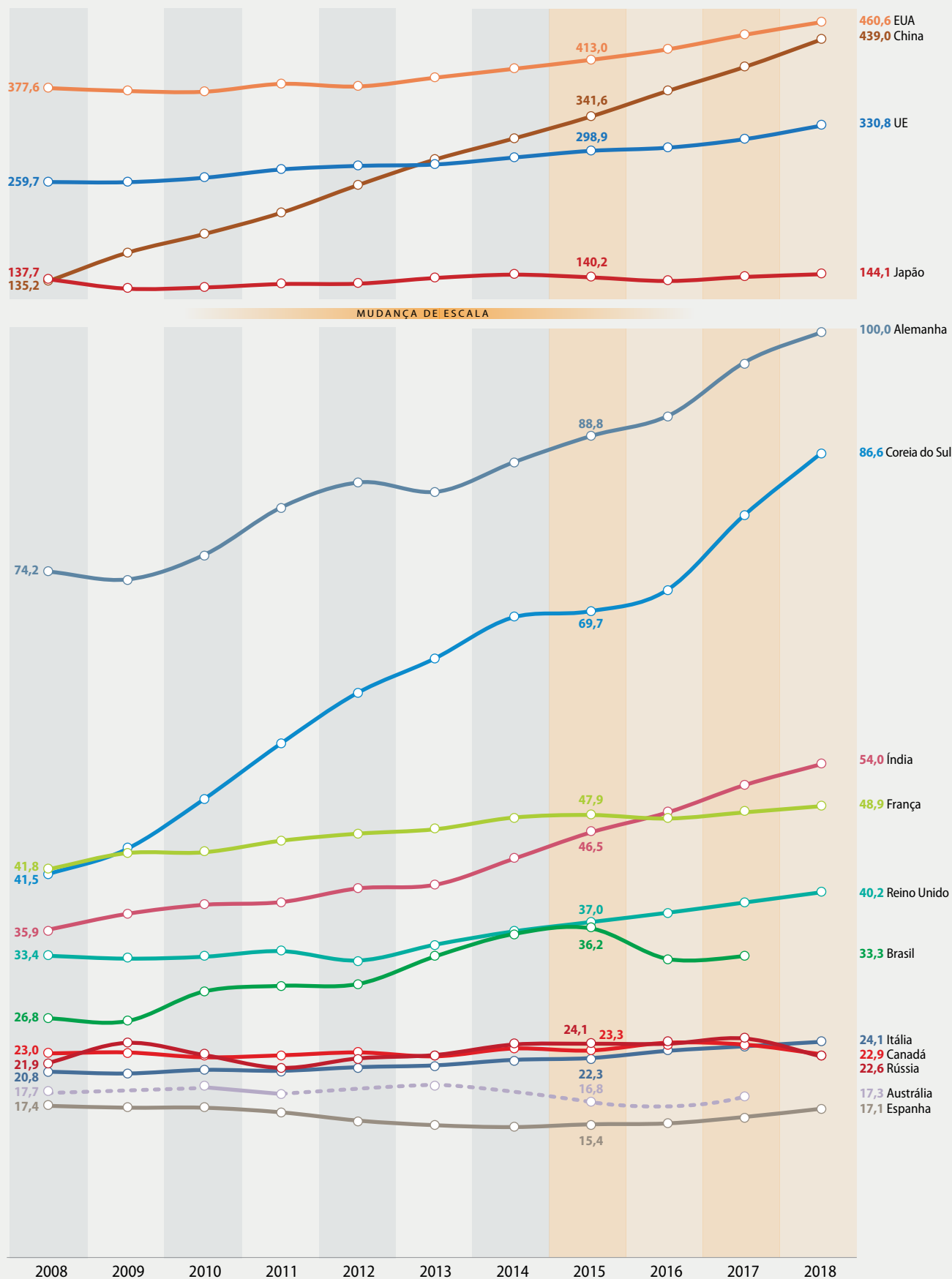
\* Em 2018, 50 países registraram o número de pesquisadores (contagem de cabeças), abaixo dos 97 países em 2015.



## Figura 1.8: Tendências em gastos com pesquisa

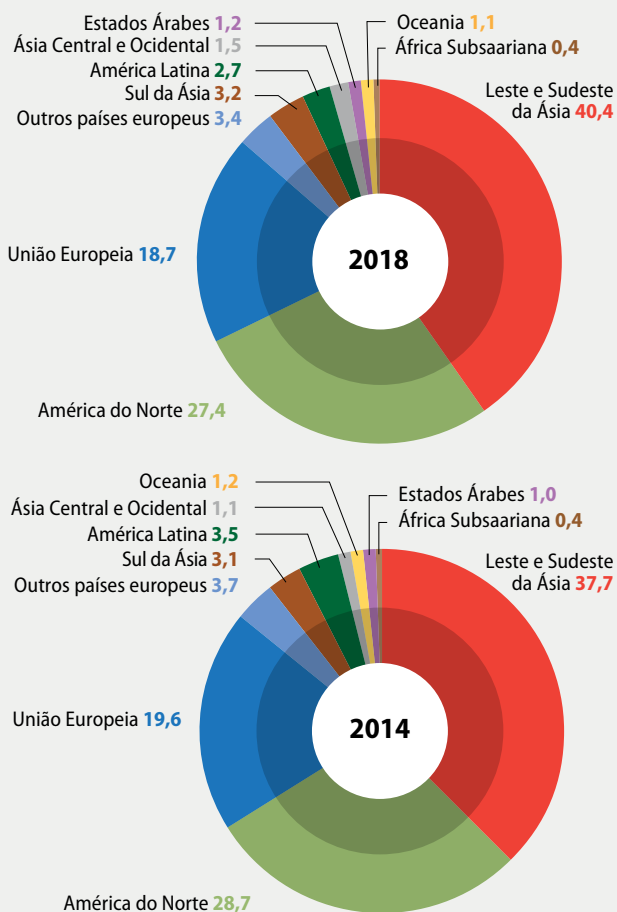
### 15 principais países para gastos internos brutos em P&D (GERD), 2008-2018

Em PPP\$ bilhões (preços constantes de 2005)



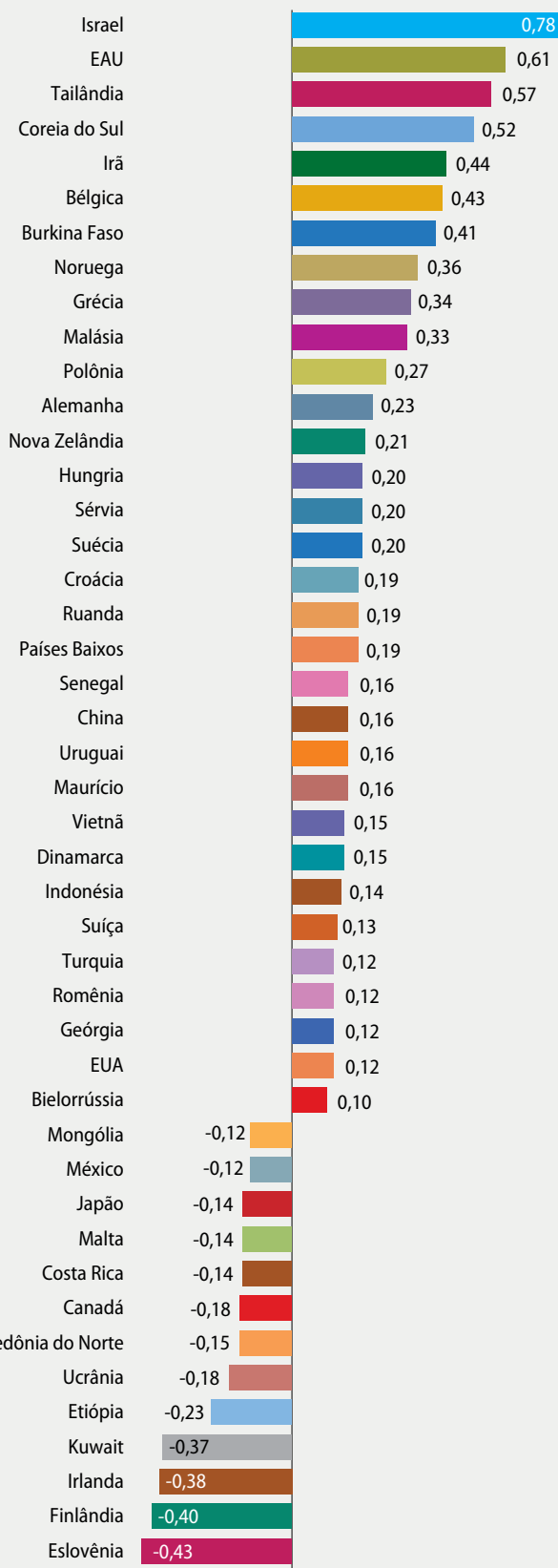
Nota: Alemanha, França, Itália, Espanha e Reino Unido também estão incluídos nos números da União Europeia (UE).

**Proporções globais de GERD por região, 2014 e 2018 (%)**



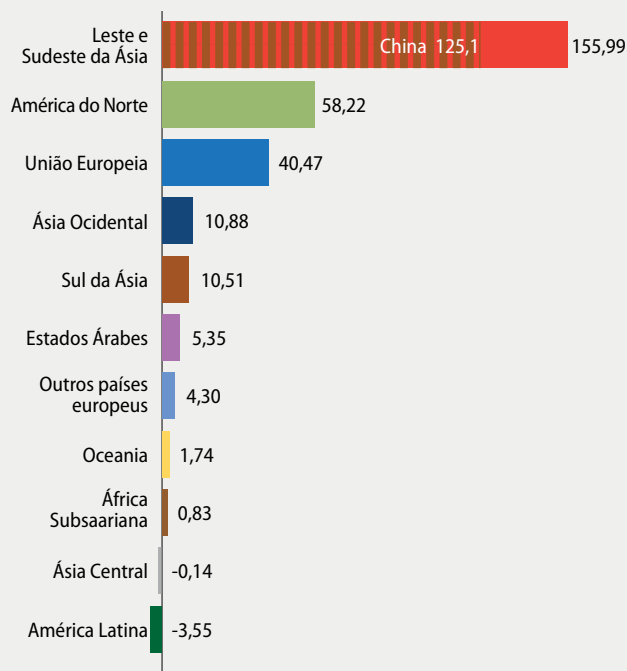
**Mudanças nos gastos com pesquisa como proporção do PIB, 2014 e 2018 (%)**

Entre países com diferença de pelo menos ± 0,10% do PIB



**Mudanças nos gastos com pesquisa por região, 2014-2018**

Em PPP\$ bilhões



Fonte: Estimativas globais e regionais com base em dados nacionais do Instituto de Estatísticas da UNESCO, agosto de 2020, sem extrapolação.



compelido a direcionar a maior parte desse financiamento para o fortalecimento da segurança nacional (ver Capítulo 18). Em 2017, o Irã dedicou 0,83% do PIB para P&D e, em 2019, os bancos e instituições de crédito iranianos aumentaram em 75% seus empréstimos para empresas baseadas em conhecimento. No entanto, a saída dos EUA do *Plano de Ação Conjunta Global*, ou acordo nuclear, em 2018, e o subsequente retorno das sanções por parte dos EUA criaram dificuldades econômicas que podem enfraquecer essa tendência (ver Capítulo 15). Os planos cubanos de aumentar os salários dos pesquisadores sofreram um revés quando as sanções dos Estados Unidos foram restauradas em 2017, três anos após terem sido suspensas (ver Capítulo 7).

### **A sustentabilidade financeira é um desafio para as startups africanas**

A sustentabilidade financeira é um desafio para muitos dos 744 centros de tecnologia da África, que dependem para sobreviver de doações de parceiros de desenvolvimento e apoiadores internacionais, devido à quase ausência de “investidores-anjo”<sup>9</sup> locais e capital inicial. Por exemplo, quase 80% do investimento nos 101 centros de tecnologia da Nigéria vem de fontes estrangeiras. Em 2019, o CcHub nigeriano adquiriu o iHub queniano, criando a primeira “megaincubadora” da África Ocidental. Desde seu início, em 2011, o CcHub incubou mais de 120 empreendimentos em estágio inicial. Considerando que o CcHub adotou um modelo comercial, cobrando pelo espaço de trabalho e criando seu próprio Fundo de Capital de Crescimento – o primeiro fundo da Nigéria voltado para a inovação social –, o modelo financiado por apoiadores do iHub acabou se mostrando insustentável (ver Capítulo 18).

A Lei de Startup da Tunísia (2018) é supostamente o primeiro marco legal do mundo a conceder aos aspirantes a empreendedores um ano de licença financiado pelo Estado para abrir uma nova empresa, uma oportunidade que está aberta a funcionários dos setores público e privado (ver Capítulo 17).

No âmbito do programa *Educação 5.0* do Zimbábue (2018), as universidades públicas estão sendo incentivadas a trabalhar com comunidades e startups para resolver problemas locais. O programa encarrega as universidades de estabelecer um fundo de inovação e industrialização que tenha como base as taxas de matrícula e seja administrado por funcionários não universitários (ver Capítulo 20).

### **Esforços para fortalecer os laços entre universidade e indústria**

As tendências mostram que as empresas estão pouco dispostas a colaborar com universidades e institutos de pesquisa públicos. Foi isso que concluiu uma pesquisa realizada em 2013 pelo Instituto de Estatística da UNESCO sobre empresas manufatureiras inovadoras em 53 países de todos os níveis de renda.<sup>10</sup> Poucas mudanças ocorreram desde então. A Nova Zelândia foi um dos países pesquisados à época. Um estudo de tendências realizado neste país em 2018 descobriu que apenas 1,5% das publicações científicas envolviam coautoria entre os setores acadêmico e empresarial (ver Capítulo 26). Outro estudo sobre o mesmo tópico (ver Capítulo 8) encontrou proporção semelhante para a China no período 2015-2017. A proporção de coautoria foi maior para UE e Brasil (2,4%), EUA (2,8%), Coreia do Sul (3,9%), Alemanha (4,4%), e França (4,5%).

No Canadá, a intensidade da pesquisa industrial caiu de 0,78% para 0,63%, entre 2014 e 2019. O governo canadense

está estimulando as empresas nacionais a firmarem parcerias colaborativas com instituições públicas de pesquisa, a fim de desenvolver estratégias de inovação “ousadas e ambiciosas”. Em 2017, o governo alocou C\$ 950 milhões para apoiar cinco “superaglomerados” inovadores durante os próximos cinco anos, esquema no qual o setor privado deve igualar o financiamento do governo. Esses superaglomerados são especializados em manufatura de próxima geração, economia oceânica, indústrias de proteínas, tecnologias digitais e IA. Os dois últimos superaglomerados investiram em otimização tecnológica, com a finalidade de encontrar soluções para a crise da COVID-19 (ver Capítulo 4).

Em 2018, a Armênia inovou ao lançar uma convocação no escopo de seu *Programa de Projetos Direcionados* (criado em 2010), restrito a projetos de pesquisa que envolvessem instituições públicas e parceiros industriais, em que estes eram obrigados a contribuir com pelo menos 15% do financiamento do projeto.

No âmbito do *Programa Colaborativo de Pesquisa e Desenvolvimento para Alavancar a Economia* das Filipinas (2016), uma instituição terciária ou de pesquisa que forma parceria de pesquisa colaborativa com pelo menos uma empresa recebe financiamento governamental máximo de até ₱ 5 milhões (cerca de US\$ 100 mil), e a empresa parceira deve contribuir com 20% dos recursos do projeto.

No Sul da Ásia, o impulso atual para o desenvolvimento de infraestrutura e industrialização está ocorrendo de forma paralela a P&D, quando as duas iniciativas poderiam ser mutuamente complementares. Vários países estão se esforçando para incentivar as instituições públicas de pesquisa a estabelecer laços com a indústria (ver Capítulo 21).

Por exemplo, o *Fundo de Apoio e Transferência de Tecnologia* do Paquistão (2019) concede subsídios para laboratórios universitários que são complementados pelo setor industrial (ver Capítulo 21).

A transferência de tecnologia é uma prioridade do *Marco de Política Nacional para o Desenvolvimento de PMEs* do Sri Lanka (2016), que é acompanhada por um fundo nacional de desenvolvimento de tecnologia cofinanciado pelo governo e pelo setor privado (ver Capítulo 21).

A própria *Política de PMEs* de Bangladesh (2019) reconhece a necessidade de fornecer às PMEs maior acesso a financiamento, mercados, tecnologias e inovação. Essa política será apoiada pelo novo Conselho de Pesquisa e Engenharia, para a comercialização de resultados de pesquisas e a adaptação de tecnologias importadas estabelecidas por lei em setembro de 2020, como resultado da *Política Nacional de Ciência e Tecnologia* (2011).

### **A indústria espacial gera parcerias público-privadas**

O setor espacial é um dos que têm crescente apetite por parcerias público-privadas. O ano de 2019 marcou o pico do investimento global na economia espacial, com as empresas sediadas nos EUA respondendo por 55% do total. Os EUA foram seguidos por Reino Unido (24%), França (7%), e China (5%) (ver Capítulo 5). Em 2014, o mercado espacial africano foi estimado em US\$ 10 bilhões (ver Capítulo 18).

A indústria espacial abrange áreas que incluem telecomunicações, monitoramento ambiental e monitoramento de detritos espaciais (ver Capítulo 24). Em 3 de janeiro de 2020, a corporação SpaceX se tornou a primeira empresa privada a levar humanos ao espaço, ao transportar astronautas para a Estação Espacial Internacional.<sup>11</sup> De modo

crescente, a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos EUA (NASA) vem encarregando parceiros comerciais de desenvolver a economia espacial, a fim de deixar a agência livre para concentrar seus próprios recursos na exploração do espaço profundo (ver Capítulo 5).

O Japão é um país relativamente recém-chegado ao “negócio espacial”. As empresas espaciais japonesas continuam dependentes de contratos governamentais para mais de 80% de suas receitas, mas isso está mudando de forma gradual. O *Novo Departamento de Promoção Empresarial*, criado em 2016 pela *Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA)*, concede às empresas privadas acesso à *expertise*, às propriedades intelectuais e às instalações da JAXA para o desenvolvimento de novos produtos. Por sua vez, os aplicativos comerciais desenvolvidos por seus parceiros industriais estão dando uma nova vida às patentes e a outras propriedades intelectuais da Agência.

A indústria aeroespacial também está ganhando força em alguns países em desenvolvimento. Entre 2010 e 2016, as exportações mexicanas de produtos aeroespaciais aumentaram 14% por ano. No mesmo período, o número de empresas aeroespaciais no México aumentou de 241 para 330. Desde 2019, o Aerocluster de Querétaro sedia a Famex, a maior feira aeroespacial da América Latina (ver Capítulo 7).<sup>12</sup>

A *Estratégia Espacial Africana* (2017) apresenta quatro componentes: observação da Terra, sistemas de navegação e localização, comunicações por satélite e ciência e tecnologia espaciais. O objetivo final é criar uma *Agência Espacial Africana*, a que terá sede no Egito. Em 2018, a UA assinou um acordo de cooperação com o programa Copernicus da UE, como um precursor para o lançamento do Programa Espacial Africano em 2019 (ver Capítulo 19).

A militarização do espaço está se tornando rapidamente uma séria preocupação geopolítica e de segurança, o que torna ainda mais complexas as relações internacionais. Anunciada em fevereiro de 2019, a *Space Force* (Força Espacial), um novo serviço das Forças Armadas dos EUA, será estruturada como uma corporação dentro da Força Aérea norte-americana. Vários outros países anunciaram forças espaciais semelhantes, incluindo China, França e Rússia (ver Capítulo 5).

### **Pesquisa básica: uma nova divisão de trabalho**

Dois líderes globais em inovação, a Suíça (ver Capítulo 11) e os EUA (ver Capítulo 5), passaram por uma mudança notável na divisão tradicional do trabalho, por meio da qual a pesquisa básica é conduzida e financiada pelo setor público, enquanto a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental permanecem no setor empresarial. Em 2017, as empresas suíças investiram 27% de seus gastos com pesquisa em pesquisa básica, o dobro da proporção de 2012. Nos EUA, o setor empresarial financiou 30% da pesquisa básica em 2017, em comparação com 23% em 2010; em dólares, os gastos das empresas com pesquisa básica no país dobraram desde 2007, embora os níveis federais tenham permanecido estáveis (desde 2011).

Essa tendência pode ser em parte consequência da avalanche de *big data* gerada por meio da pesquisa básica, a qual constitui um componente cada vez mais essencial de P&D aplicados. *Big data* está no centro das empresas de base tecnológica, abrangendo campos tão variados quanto mídias sociais, as indústrias automotiva e aeronáutica, e o

setor farmacêutico. A IA está sendo usada, por exemplo, para determinar a estrutura de átomos e moléculas para aplicações industriais em ciência de materiais e produtos farmacêuticos (*design* computacional de medicamentos).

*Big Data* é um recurso vital para o setor de saúde, que é um importante motor econômico para a Suíça e os EUA. Como o custo do sequenciamento do genoma caiu devido à sofisticação crescente das tecnologias associadas, os programas produziram uma enorme quantidade de dados sobre genomas humanos individuais, o que acabou gerando uma indústria farmacogenética em expansão. A medicina de precisão personaliza a medicina, adaptando-a ao genoma único do paciente. Em 2019, 25% das 48 novas substâncias moleculares aprovadas pelo Centro de Avaliação e Pesquisa de Medicamentos da *Food and Drug Administration (FDA)* dos EUA eram medicamentos personalizados, de acordo com a Coalizão de Medicamentos Personalizados. Para analisar esse volume crescente de dados, as empresas farmacêuticas se tornarão altamente dependentes da IA e da computação em nuvem, o que as obrigará a ter uma maior colaboração com gigantes de dados (ver Capítulo 5).

Essas tendências sugerem um potencial para instituições públicas e grandes empresas cofinanciarem projetos conjuntos de pesquisa em ciência básica. Essa mudança de política teria o potencial de fortalecer as empresas nacionais e atrair empresas estrangeiras. Também criaria mais uma camada de complexidade em áreas como proteção à propriedade intelectual e liberdade de pesquisa (ver Capítulo 11).

Já na China, a alteração, em 2015, da *Lei de Promoção da Transformação das Conquistas Científicas e Tecnológicas* (1993), também conhecida como Lei Bayh-Dole, que visa a ajudar universidades e institutos de pesquisa públicos a transferir tecnologia para a indústria, pode encorajar os governos central e local, bem como as empresas, a investirem mais em pesquisa básica, que atualmente atrai menos de 6% dos gastos domésticos com pesquisa (ver Capítulo 23).

## **TENDÊNCIAS RELATIVAS A PESQUISADORES**

### **Densidade de pesquisadores em alta**

Entre 2014 e 2018, o grupo de pesquisadores cresceu três vezes mais rápido (13,7%) do que a população global (4,6%). Isso se traduz em 8,854 milhões de pesquisadores equivalentes em tempo integral (ETI). Sem a China, o aumento no número de pesquisadores (11,5%) teria sido apenas o dobro da taxa de crescimento populacional (5,2%).

Em 2018, a China respondia por 21,1% dos pesquisadores mundiais, pouco menos que a própria participação da UE, de 23,5%. Os EUA contribuíam com 16,2% (2017).

As economias de baixa renda testemunharam crescimento mais rápido (+ 36%) na densidade de pesquisadores desde 2014, mas ainda representam apenas 0,2% dos pesquisadores do mundo.

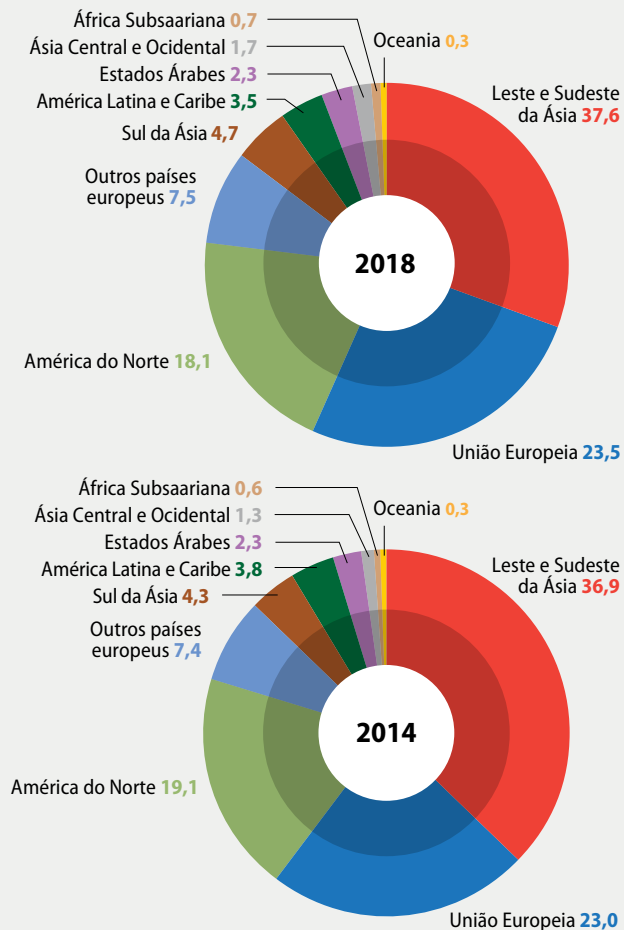
Algumas das maiores mudanças percentuais estão ocorrendo em países em desenvolvimento como Jordânia, Ilhas Maurício, Irã e Etiópia (Figura 1.9).

Em 2014, a América Latina ultrapassou o limiar simbólico de contar com um pesquisador por mil trabalhadores. Três anos depois, a média regional havia aumentado para 1,03. A Argentina teve a maior proporção de pesquisadores (2,91), seguida por Brasil, Chile, Costa Rica e Uruguai. A estagnação no crescimento da intensidade de pesquisa que ocorre em alguns países pode comprometer esses ganhos.



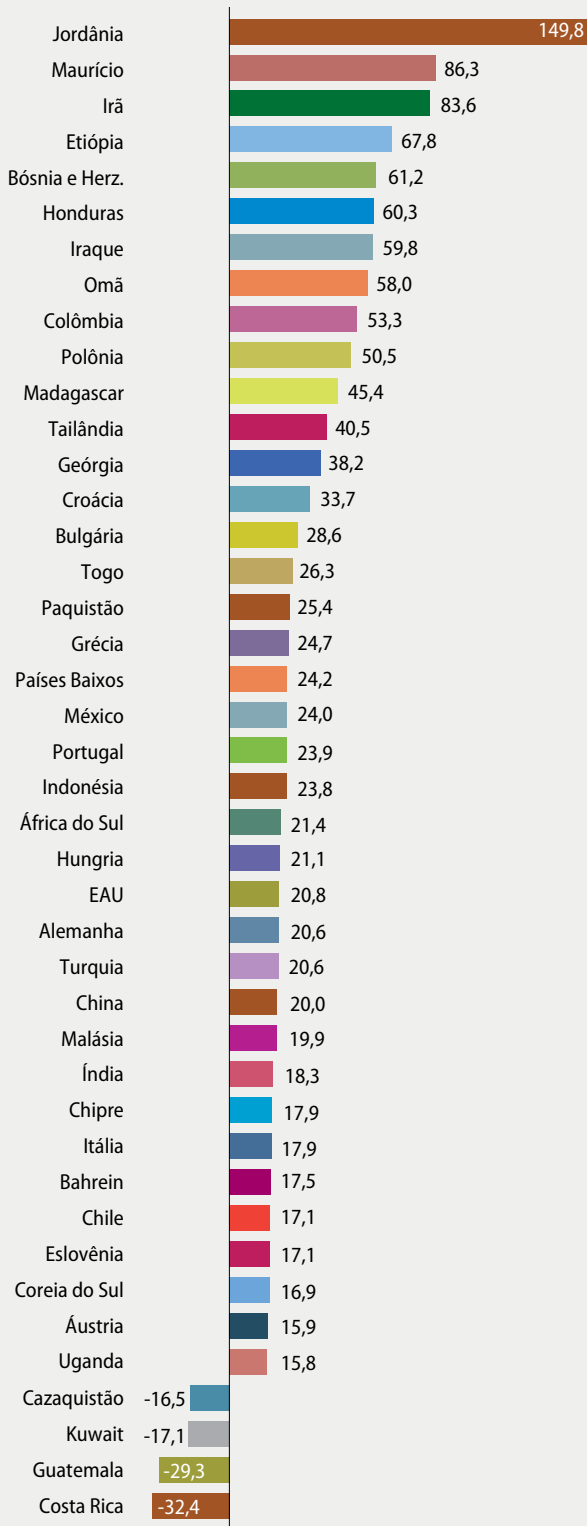
Figura 1.9: Tendências globais em pesquisadores (ETI)

**Proporções globais de pesquisadores por região, 2015 e 2018 (%)**



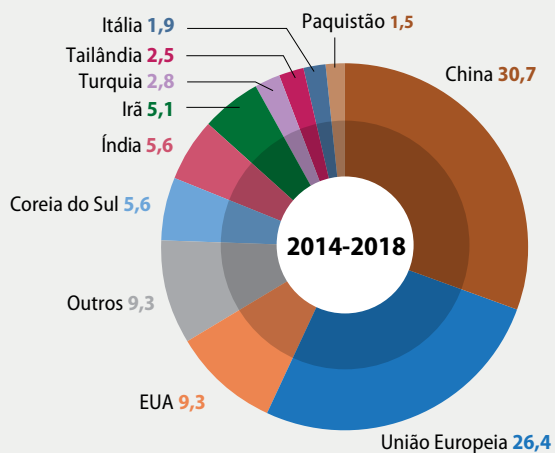
**Mudanças nas quantidades de pesquisadores (ETI) por milhões de habitantes, 2014-2018 (%)**

Entre países com uma mudança de pelo menos 15%



**Contribuição para o aumento do número de pesquisadores em todo o mundo, 2014-2018 (%)**

Dez países que mais contribuíram e o resto do mundo



Fonte: Estimativas globais e regionais baseadas em dados nacionais do Instituto de Estatísticas da UNESCO, agosto de 2020, sem extrapolação; para a população: Indicadores de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial, agosto de 2020.

### Medidas para melhorar a condição dos pesquisadores

A fuga de cérebros continua sendo um problema crônico para muitos países com gastos baixos, ou estagnados, em pesquisa. Na Ásia Central, os governos confrontados com a fuga de cérebros e com o envelhecimento da população de pesquisadores estão buscando melhorar a condição dos pesquisadores por meio de medidas como aumentos salariais, bolsas de pesquisa competitivas e maior interação com parceiros institucionais no exterior (ver Capítulo 14).

A fuga de cérebros é um problema grave no sudeste europeu, com os jovens sendo atraídos para os países mais prósperos da UE. Com as competências científicas e técnicas subutilizadas na economia, a partir de agora os governos prometem investir mais em pesquisa e inovação. A Sérvia está prestes a atingir sua meta de 1% para intensidade de pesquisa (ver Capítulo 10).

Entre 2014 e 2018, os gastos com pesquisa na Rússia caíram 6% a preços constantes e o grupo de pesquisadores (em ETI) encolheu 9,5%. Em 2018, a idade média dos pesquisadores russos era de 47 anos e quase um em cada quatro havia atingido a idade de aposentadoria. A introdução de políticas de aumento de salários e de vários programas de bolsas de pesquisa voltados para o grupo etário mais jovem está começando a inverter essa tendência (ver Capítulo 13).

### Mulheres são minoria nos campos da Indústria 4.0

Em 2018, as mulheres representavam um em cada três (33%) pesquisadores. Em muitos países, elas alcançaram a paridade (em números) nas ciências biológicas e, em alguns casos, até dominam esse campo. No entanto, elas representam apenas um quarto (28%) dos graduados do ensino superior em engenharia e 40% dos graduados em ciências da computação. Apenas 22% dos profissionais que atuam na área de IA são mulheres. A ironia é que esses campos não estão apenas impulsionando a Quarta Revolução Industrial; eles também são caracterizados por uma escassez de habilidades. As mulheres continuam sendo uma minoria em cargos técnicos e de liderança em empresas de tecnologia. Nos EUA, o principal motivo alegado pelas mulheres para deixarem seus empregos no mundo da tecnologia é a sensação de não serem valorizadas (ver Capítulo 3).

Menos de um em cada quatro pesquisadores no mundo dos negócios é mulher e, quando as mulheres começam seu próprio negócio, elas têm dificuldade para obter financiamento. Em 2019, apenas 2% do capital de risco foi direcionado para startups fundadas por mulheres. Os países têm introduzido medidas de apoio às mulheres empresárias. Por exemplo, em 2018, o Chile implementou o esquema de *Capital Humano para Inovação em Empresas Femininas*. O país oferece às startups de base tecnológica fundadas por mulheres cofinanciamento de até 30 milhões de pesos (cerca de US\$ 40 mil) para ajudá-las a contratar pessoal para um projeto determinado, cobrindo 80% dos custos de contratação para homens e 90% para mulheres (veja o Capítulo 3).

## TENDÊNCIAS RELATIVAS A PATENTEAMENTO

### A China abre seu mercado doméstico

Em 2019, a China recebeu o maior número de patentes dos cinco principais escritórios<sup>13</sup> de patentes: 29% (Figura 1.10). Os EUA (20%) e a UE (14%) mantiveram-se estáveis, enquanto a participação do Japão caiu de 23% para 18%, em 2015. A tendência deste último país pode estar ligada à decisão do Escritório Japonês de Patentes de aumentar as taxas, a fim de que inventores sejam mais seletivos em seus pedidos de patentes.

Existe a tendência de uma correlação próxima entre o grau da intensidade de pesquisa de um país e seu desempenho inovador. Na maioria dos países com alta intensidade de pesquisa, o setor empresarial contribui com mais da metade dos gastos com pesquisa. Em 2018, o Japão teve intensidade de pesquisa de 3,3%, e a Coreia do Sul, de 4,5%; o financiamento empresarial dos dois países correspondeu a 78% e 76%, respectivamente (ver Capítulos 24 e 25). Ambos os países têm uma das mais altas densidades de patentes de todo o mundo (Figura 1.11).

Com a Lei de Investimento Estrangeiro, que entrou em vigor em 1º de janeiro de 2020, o governo chinês aprovou uma legislação histórica para abrir o mercado interno do país e nivelar o campo de atuação de empresas estrangeiras que competem com empresas estatais e privadas.

A questão da proteção e da aplicação de leis relativas à propriedade intelectual complicou as negociações comerciais entre a China e os EUA por algum tempo, mas as indústrias estratégicas chinesas esperam ter melhor proteção governamental de sua propriedade intelectual. Conseqüentemente, a Lei de Combate à Concorrência Desleal foi alterada em abril de 2019, e a Lei de Patentes, em 2020. A criação dos primeiros tribunais especializados em propriedade intelectual em Beijing, Xangai e Guangzhou, no final de 2014, foi seguida por 20 tribunais especializados em várias províncias entre 2017 e 2019 e por um novo tribunal de apelação de âmbito nacional no Supremo Tribunal Popular, em 1º de janeiro de 2019 (ver Capítulo 23).

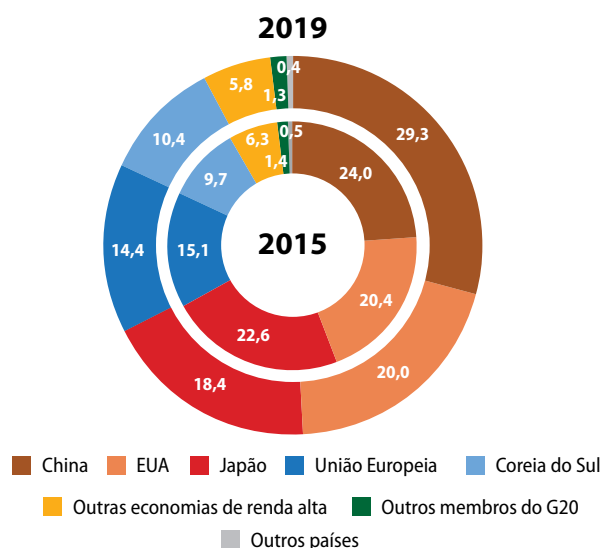
### Reformas para facilitar o patenteamento

Um interesse crescente em inovação está levando mais governos a promulgarem leis que tornem mais fácil para startups e outras empresas proteger sua propriedade intelectual (por exemplo, Libéria, Mianmar, Namíbia,



Figura 1.10: Proporção de patentes IP5 globais, 2015 e 2019 (%)

Quatro países principais e grupos selecionados



Nota: As contagens de patentes se baseiam no método de contagem total, conforme os países dos inventores e os anos em que as patentes foram concedidas pelos cinco escritórios de referência: o Escritório de Patentes e Marcas Comerciais dos EUA, o Escritório Europeu de Patentes, o Escritório Japonês de Patentes, o Escritório Coreano de Propriedade Intelectual e o Escritório Estatal de Propriedade Intelectual da China. A soma entre países e regiões é maior do que o total mundial devido às invenções compartilhadas.

Fonte: Patstat; tratamento de dados por Science-Metrix.

Uzbequistão e Vietnã). Por exemplo, em 2016, a *Lei de Propriedade Intelectual* da Libéria veio na esteira do Fundo de Inovação da Libéria para o Empreendedorismo, criado em 2015, financiado em conjunto com o governo do Japão. Entre 2015 e 2019, 23 patentes foram concedidas a inventores liberianos pelos cinco principais escritórios mundiais de patentes. Em 2018, os ministros da Comunidade de Desenvolvimento da África Austral adotaram um Marco de Propriedade Intelectual sub-regional para promover a cooperação mútua na reforma dos regimes nacionais de propriedade intelectual.

Em todo o mundo, os procedimentos para o depósito de pedidos de patentes podem ser complexos e custosos. Atualmente, as empresas europeias precisam solicitar proteção de patente em todos os 27 Estados-membros do bloco. Uma vez concluído o processo de ratificação do

acordo relativo a um Tribunal Unificado de Patentes (2013), as empresas só precisarão registrar a patente unitária no Escritório Europeu de Patentes. Consequentemente, as taxas processuais devem diminuir (ver Capítulo 9).

Entre 2015 e 2018, ocorreu um declínio no número de pedidos de patentes depositados por inventores nacionais no Serviço Federal para Propriedade Intelectual da Rússia (Rospatent). Em resposta à crise, o governo reduziu as taxas de patentes para os requerentes e ofereceu cortes de impostos para aliviar o custo de patenteamento, empréstimos e crédito garantidos por direitos de propriedade intelectual. Também estão disponíveis subsídios para aqueles que depositam pedidos de patentes no exterior (ver Capítulo 13).

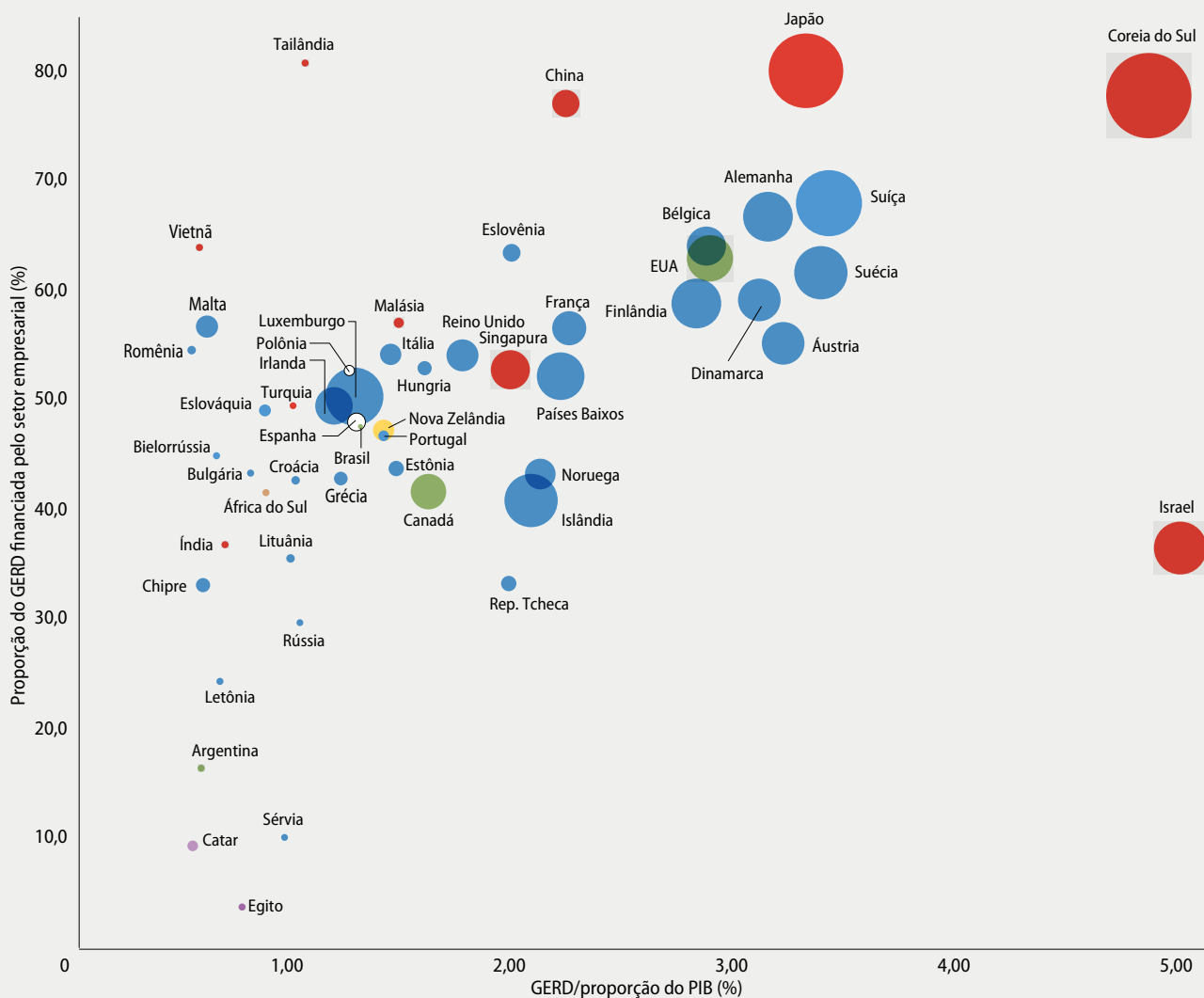
Na África, o alto custo de registro da propriedade intelectual e a inexistência de um sistema comum estão dificultando o



**Figura 1.11: Efeito de reforço mútuo sobre o patenteamento dos grandes investimentos em pesquisa por parte do governo e da indústria, 2018 ou ano mais próximo**



**Entre os países com pelo menos 100 patentes IP5 concedidas e uma intensidade de pesquisa de pelo menos 0,5% do PIB em 2018**  
O tamanho dos círculos é proporcional ao número de patentes IP5 por milhão de habitantes



Nota: Nos países que não realizam pesquisas abrangentes sobre o setor empresarial, a contribuição desse setor pode ser uma subestimativa.

Fonte: Instituto de Estatísticas da UNESCO; para patentes: Patstat, tratamento de dados por Science-Metrix.



patenteamento, apesar do aumento do número de centros de tecnologia. É improvável que esse problema seja resolvido em um futuro próximo, uma vez que a Organização Pan-Africana de Propriedade Intelectual está demorando mais do que o esperado para entrar em operação. Registrar e manter uma patente de 30 páginas durante os primeiros dez anos custa mais de US\$ 37 mil na Organização Regional da Propriedade Intelectual da África e US\$ 30 mil na Organização Africana de Propriedade Intelectual (OAPI). A título de comparação, o custo do mesmo tipo de patente é de US\$ 5.216 na África do Sul, US\$ 4.330 na Malásia e US\$ 2.500 no Reino Unido (ver Capítulo 19).

### **Startups perdidas para empresas multinacionais estrangeiras**

Menos da metade das patentes obtidas por inventores de Israel são propriedade de empresas israelenses. Isso significa que o conhecimento está sendo criado no país e, depois, é transferido para uma empresa estrangeira. De modo crescente, a propriedade intelectual israelense está sendo obtida por meio da aquisição de empresas e *startups* israelenses. Desde 2014, os mais atuantes compradores corporativos de empresas israelenses foram Google, Microsoft e Intel. Porém, produção e empregos podem migrar para o exterior em consequência dessa tendência crescente (ver Capítulo 16).

No Canadá, as empresas controladas por estrangeiros respondem por um terço de toda P&D interna. O setor industrial está cada vez mais terceirizando pesquisas no exterior: de acordo com o departamento *Statistics Canada*, os gastos de empresas com pesquisas terceirizadas no país aumentaram pelo terceiro ano consecutivo, chegando a C\$ 4,9 bilhões em 2017. Embora as condições macroeconômicas e o ambiente regulatório pareçam favoráveis à criação e ao desenvolvimento de negócios, frequentemente as *startups* promissoras do Canadá estão sendo adquiridas e desenvolvidas em outros países. As evidências de uma pesquisa realizada com empresas canadenses e interessados em tecnologia também sugerem que a falta de talento gerencial e experiência na expansão em escala de empresas tecnológicas nacionais é um impedimento crítico (ver Capítulo 4).

Os países em desenvolvimento com indústrias inovadoras também são afetados por esse fenômeno. A maioria das patentes na Índia tem relação com produtos farmacêuticos e tecnologia da informação. Aproximadamente 85% doscessionários de patentes emitidas pelo Escritório de Patentes da Índia e pelo Escritório de Patentes e Marcas Comerciais dos EUA são inventores estrangeiros, comumente representados por corporações multinacionais especializadas em tecnologias digitais (ver Capítulo 22).

### **Renúncia a direitos de patente para o bem comum**

Empresas líderes de tecnologia, como a IBM, estão doando algumas de suas patentes para iniciativas de código aberto, seguindo a tendência global de compartilhamento de conhecimento mais aberto (ver o Capítulo 20 e o ensaio “The time for open science is now”).

Em 29 de maio de 2020, a Costa Rica e a OMS lançaram a iniciativa voluntária *Acesso Conjunto à Tecnologia contra a COVID-19*, apelando à comunidade global para reunir conhecimentos, propriedades intelectuais e dados relacionados em um repositório *online* (ver Capítulo 7).

## TENDÊNCIAS RELATIVAS A PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

### **Crescimento mais forte em tecnologias transversais estratégicas**

A pesquisa em saúde continua a dominar a produção de pesquisa, respondendo por 33,9% das publicações em 2019. As ciências ambientais apresentaram crescimento mais rápido entre 2015 e 2019 (45,7%), embora de um ponto de partida baixo: 3,6% da produção global em 2015.

Houve uma tendência geral ao longo desse período no sentido de uma intensificação das publicações científicas, com a produção global em 2019 sendo maior 21% do que em 2015. As publicações sobre tecnologias transversais estratégicas aumentaram 33% (Figura 1.12).

Essas tendências se estendem a países de baixa e mais baixa renda, que registraram o crescimento mais rápido em ambas as categorias de publicação. A produção científica geral cresceu 71% entre os países de baixa renda, e aumentou 170% para tecnologias transversais (Figura 1.12).

Em 2019, as tecnologias transversais – lideradas por IA e robótica – representaram 18% da produção científica global (Figura 1.13).

Entre 2015 e 2019, a participação da China, da UE e dos EUA em IA e robótica diminuiu, à medida que os países em desenvolvimento aumentaram sua produção científica nesses campos (Figuras 1.6 e 1.13).

As tecnologias transversais que aparecem em segundo lugar em popularidade estão relacionadas a energia e ciência de materiais (Figuras 1.5, 1.14 e 1.15). Energia é a principal área para África do Sul, Arábia Saudita, China, Coreia do Sul e Egito, por exemplo. A ciência de materiais aparece em primeiro lugar tanto na Indonésia quanto na Rússia.

A quarta área de maior crescimento foi nanociência e nanotecnologia, em grande parte graças à China, que produziu pouco menos da metade de todas as publicações neste campo em 2019 (Figure 1.6).

Em 2019, foram produzidas apenas mais 18 mil publicações em biotecnologia do que em 2015. Isso se compara a 148 mil publicações adicionais em IA e robótica no mesmo período, para as quais contribuíram países de todos os grupos de renda.

### **Mudanças rápidas no cenário de publicações científicas**

Em 2019, UE (28,6%), China (24,5%) e EUA (20,5%) responderam, juntos, por três quartos da produção científica mundial. Outros 13 países foram responsáveis por 1% ou mais das publicações em 2019: Índia (6,1%), Japão (4,5%), Rússia (3,7%), Canadá (3,6%), Austrália (3,3%), Coreia do Sul (3,1%), Brasil (2,8%), Irã (2,3%), Turquia (1,6%), Suíça (1,5%), Indonésia (1,4%), Malásia (1,1%) e Arábia Saudita (1,0%).

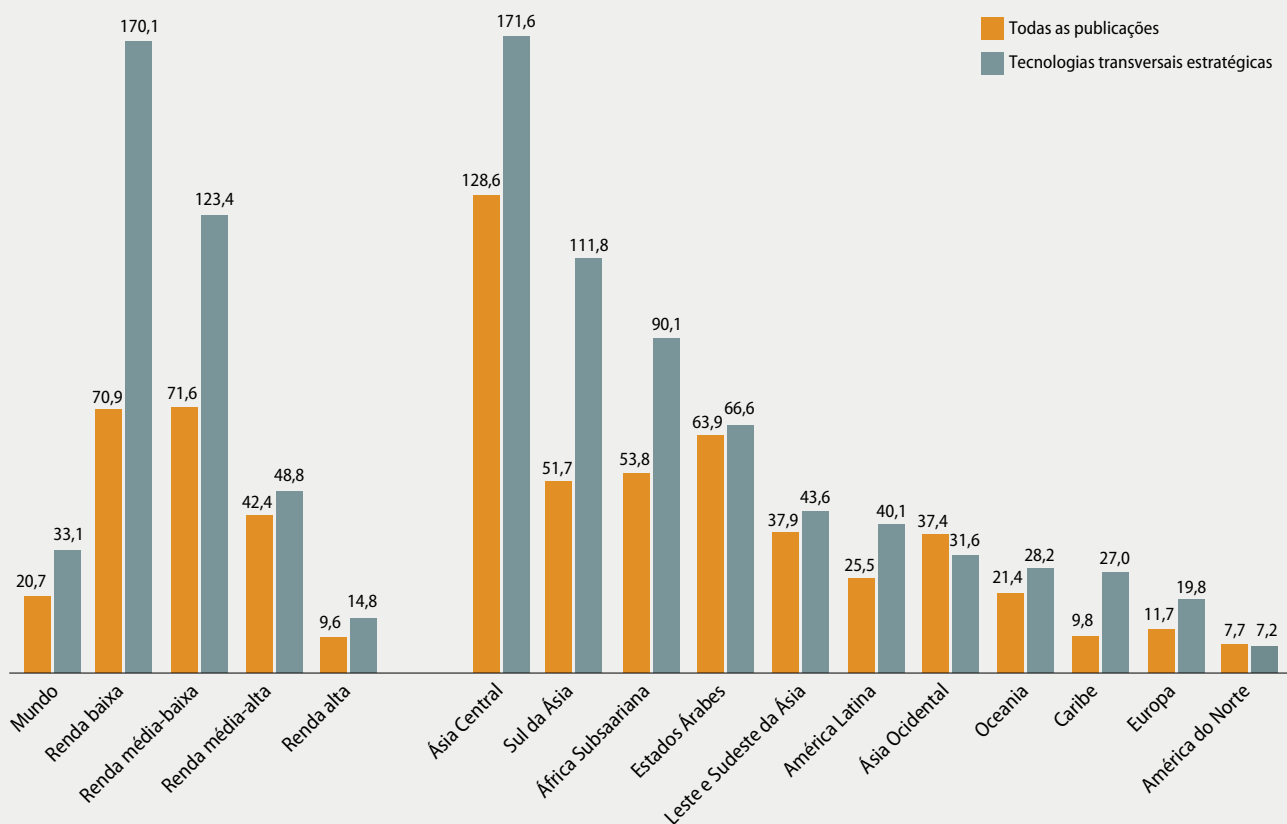
Olhando para o futuro, devido ao Brexit, a UE sentirá a perda do Reino Unido mais intensamente em termos de produção científica, já que este país tem a maior intensidade de publicações no bloco. Em troca de uma contribuição financeira inicial, os cientistas do britânicos ainda terão o direito de concorrer a bolsas em pesquisa básica concedidas pelo Conselho Europeu de Pesquisa (ERC) a partir de 2021, mas sem o direito de influenciar a estrutura desse programa-chave de pesquisa. Entre 2014 e 2020, o Reino Unido foi o maior beneficiário de bolsas do ERC e um ímã para os talentos europeus: em 2020, 43% dos bolsistas do ERC sediados no Reino Unido eram cidadãos britânicos, e outros 37% eram cidadãos da UE (ver Capítulo 9).



Figura 1.12: **Tendências mundiais em publicações científicas**

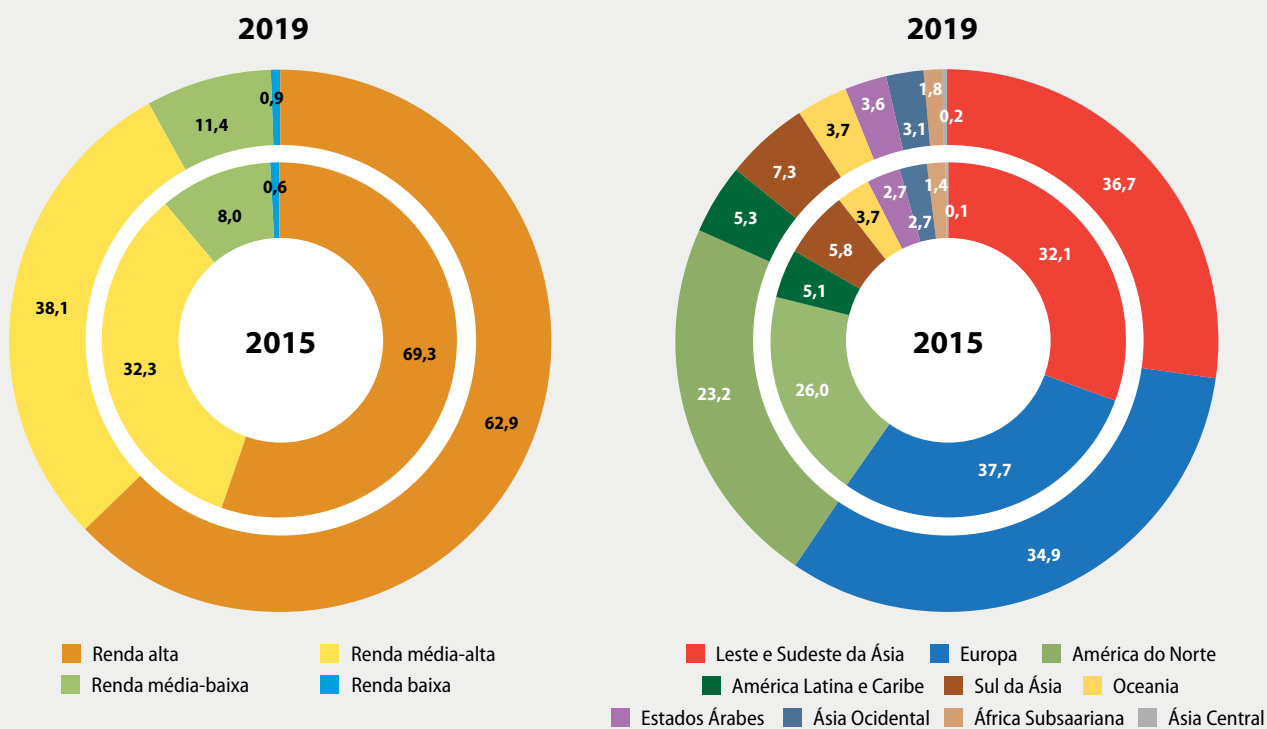
**Mudanças no volume da produção, 2015-2019 (%)**

Por grupo de renda e região



**Proporções globais de publicações científicas, 2015 e 2019 (%)**

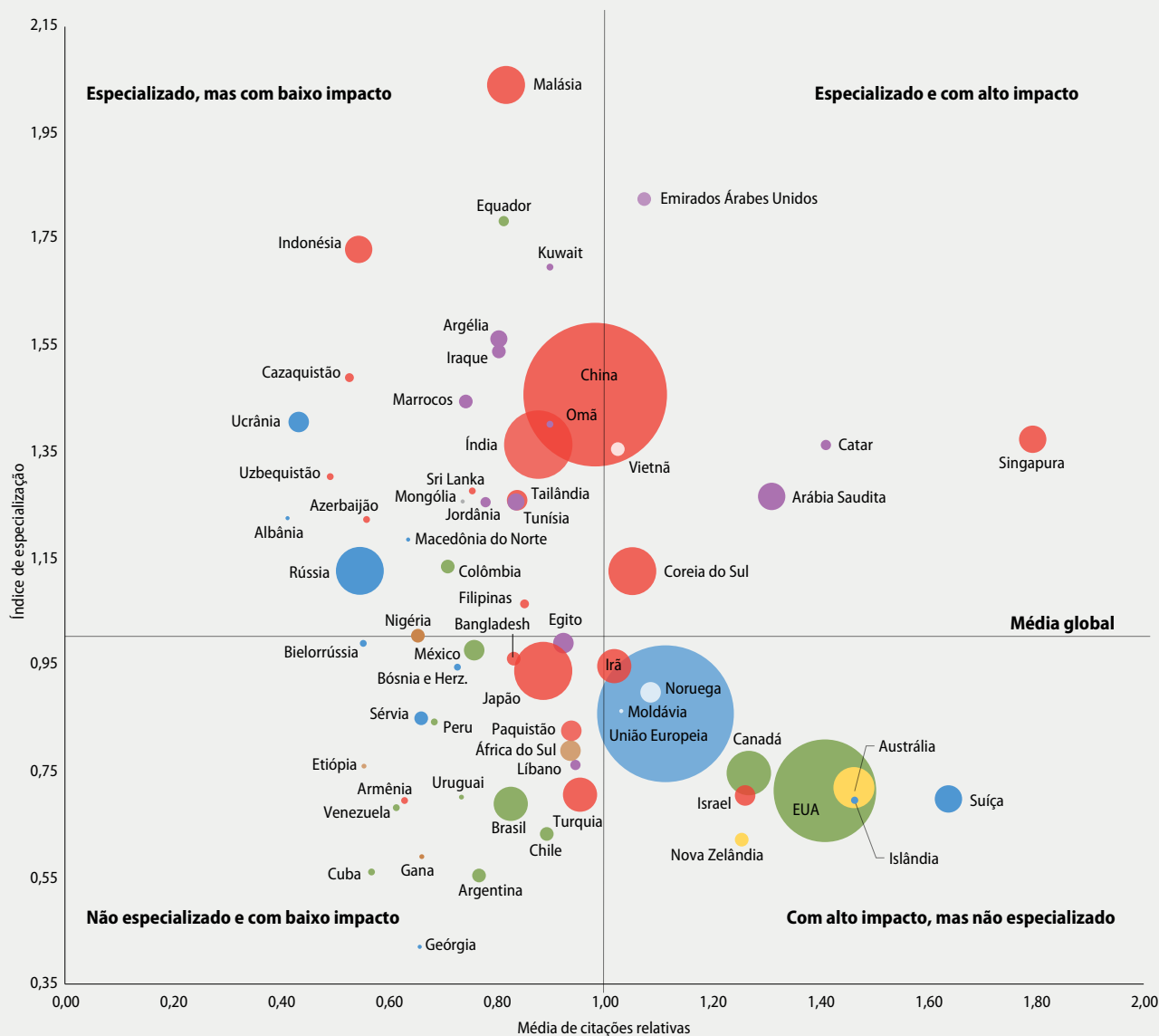
Por grupo de renda e região



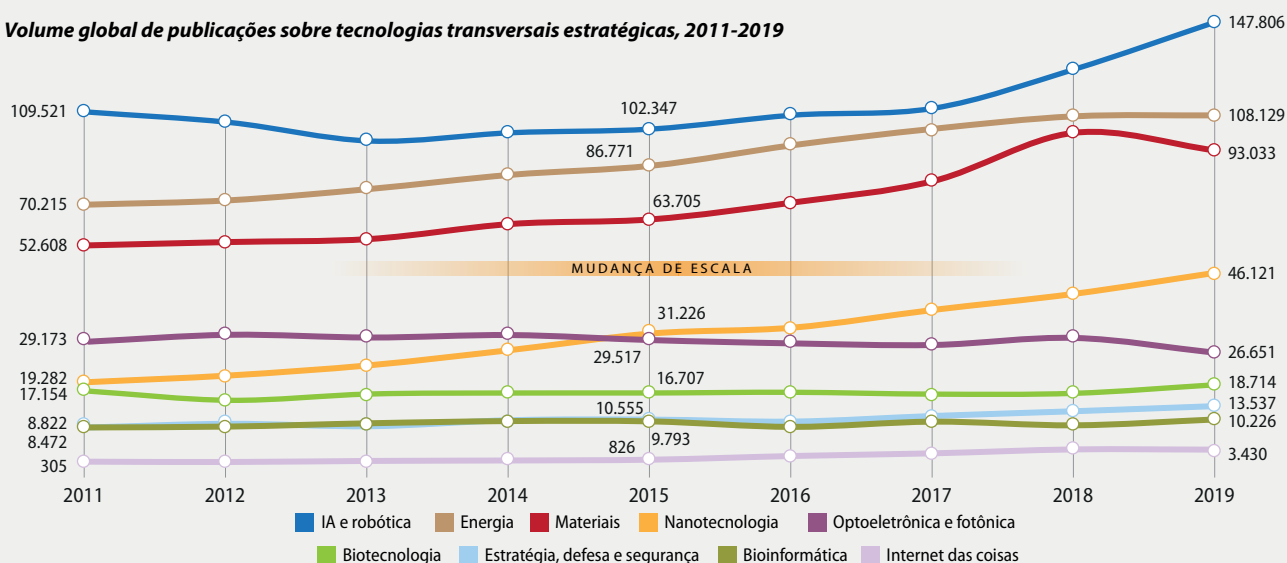
Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.

### Especialização e média de citações relativas a tecnologias transversais estratégicas por país e região, 2011-2019

Entre os países com pelo menos 1.000 publicações neste campo amplo, no período 2011-2019. O tamanho do círculo é proporcional ao volume de publicações.



### Volume global de publicações sobre tecnologias transversais estratégicas, 2011-2019



Nota: A soma dos números das várias regiões excede o número total porque os artigos com autores de diferentes regiões são contados para cada uma dessas regiões. Tecnologias transversais abrangem IA e robótica, bioinformática, biotecnologia, tecnologia blockchain, energia, internet das coisas, materiais, nanociência e nanotecnologia, optoeletrônica e fônica, e estudos estratégicos, de defesa e segurança. Nenhum jornal indexado pela Scopus especializado em tecnologia blockchain publicou artigos antes de 2018. AI significa inteligência artificial.

Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.

Na América Latina, o Equador se destaca pelo maior aumento da produção científica (152%). Durante os períodos 2012-2015 e 2016-2019, a produção do Equador em IA e robótica cresceu nove vezes, uma das mais altas do mundo (Figura 1.13).

Ocorreu um aumento substancial na participação da Indonésia (0,15% em 2011 e 0,3% em 2015) e da Arábia Saudita (0,43% em 2011 e 0,81% em 2015) na produção global.

Em 2017, o governo indonésio vinculou a publicação de pesquisas em periódicos internacionais indexados à revisão do desempenho da carreira dos cientistas. À medida que a produção da Indonésia disparou, a proporção dessa

produção realizada com colaboradores estrangeiros encolheu, acelerando um declínio já vertiginoso do pico de 2012, de 55%, para apenas 17% das publicações com coautoria internacional, em 2019.

O forte crescimento das publicações científicas na Arábia Saudita (+43%, entre 2015 e 2019) pode ser vinculado à política pela qual as universidades sauditas treinam cientistas estrangeiros altamente citados. Em 2019, 76% das publicações sauditas tinham coautores estrangeiros.

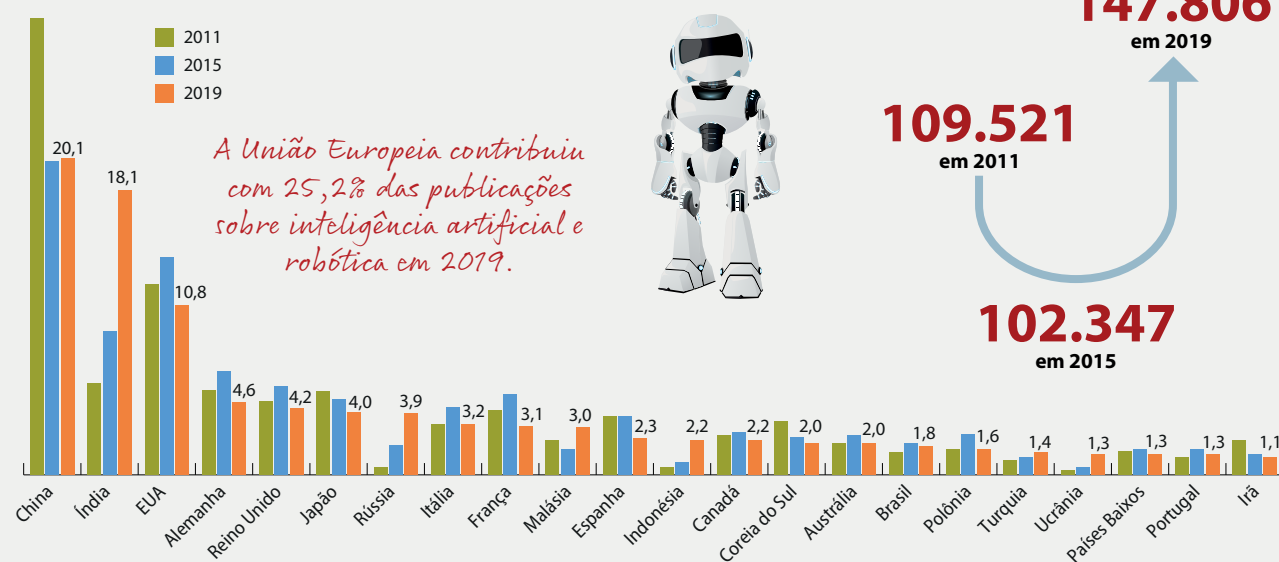
De acordo com um estudo do banco de dados *Web of Science*, dos quase 6,1 mil pesquisadores altamente citados



**Figura 1.13: Tendências em publicações científicas sobre inteligência artificial e robótica**

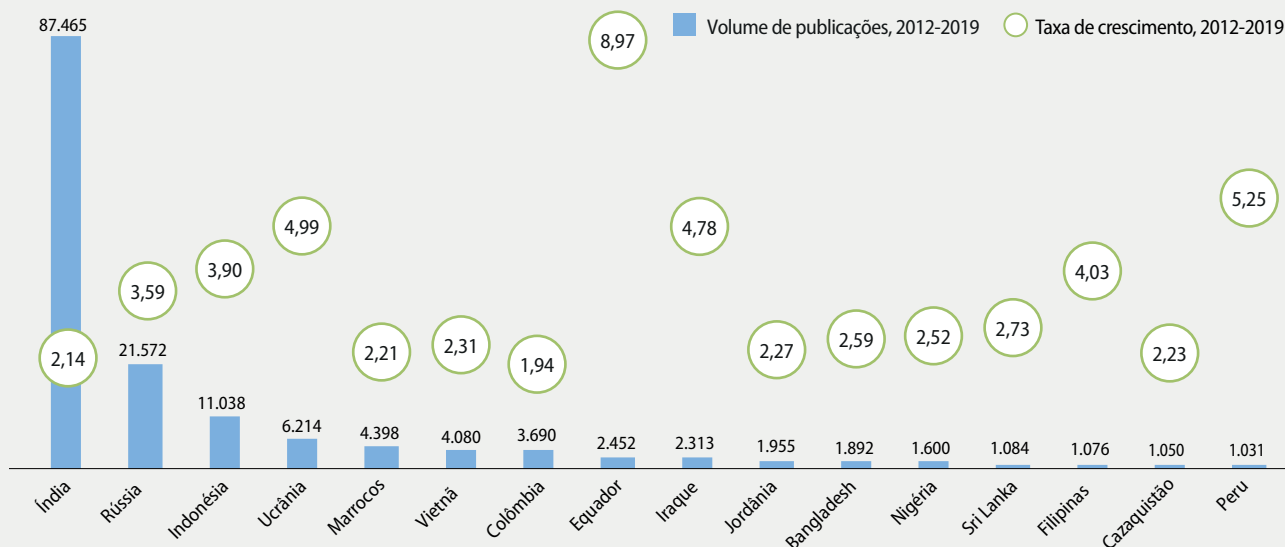
**Proporção de publicações globais sobre IA e robótica, 2011, 2015 e 2019 (%)**

Entre os países que contribuíram com pelo menos 1% em 2019; os rótulos de dados são para 2019



**15 países principais por taxa de crescimento em publicações científicas sobre IA e robótica, 2012-2019**

Entre os países com pelo menos 500 publicações, organizadas por volume



Nota: A taxa de crescimento é calculada como o número de publicações do período 2016-2019, dividido pelo número de publicações de 2012-2015.

Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.

em todo o mundo em 2018, apenas cerca de 90 estavam em universidades dos Estados Árabes, principalmente na Arábia Saudita, e apenas 6 pesquisadores altamente citados eram originários da mesma região (ver Capítulo 17).

## TENDÊNCIAS RELATIVAS À COLABORAÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL

### **Maior colaboração científica internacional**

Em âmbito global, a taxa de colaboração científica internacional aumentou de 22% para 24% entre 2015 e 2019 (Figura 1.4). Essa média oculta disparidades gritantes entre grupos de renda e países. O crescimento foi mais rápido nos países de alta renda (de 30% para 36%). Na UE, a proporção de artigos em coautoria com outros países aumentou de 41% para 47% (Figura 1.14). Nos EUA, a colaboração científica internacional aumentou de 36% para 41% e, agora, está no mesmo nível da média da América Latina, o que sugere que a colaboração científica não foi prejudicada pela saída dos EUA do sistema multilateral, desde 2017 sob a agenda política *America First* (ver Capítulo 5). China e EUA continuam sendo os principais parceiros científicos internacionais entre si, apesar das tensões sobre comércio e tecnologia (ver Capítulos 5 e 23).

Em países de baixa renda, o nível de colaboração científica internacional permanece alto (de 72% a 70%). As taxas modestas para China (23%) e Índia (19%) em 2019 (Figura 1.4) explicam a média mais baixa para países de renda média-alta e países de renda média-baixa, respectivamente. É digno de nota que a China se tornou um dos cinco principais parceiros científicos da Índia (ver Capítulo 22).

A Rússia foi contra a tendência global, com o nível de colaboração científica internacional do país caindo de 27% para 24%, no período 2015-2019 (Figura 1.4).

O Sul e o Sudeste Asiático têm os níveis mais baixos de colaboração científica internacional, com menos de 25%, em média. O Irã estabeleceu laços científicos internacionais mais estreitos desde 2015, com a proporção de publicações em coautoria aumentando de 21% para 28% (Figura 1.4); essa tendência pode ser consequência da retirada das sanções econômicas em 2016. Malásia (44% em 2019), Paquistão (56%) e Singapura (71%) têm algumas das taxas mais altas de colaboração científica internacional na Ásia; além disso, os três países tiveram um aumento nessa área de pelo menos 5% desde 2015.

### **Mercado de talentos em expansão e impulsores da diáspora da mudança**

Cientistas altamente citados estão cada vez mais sendo cortejados por países em desenvolvimento, ávidos por enriquecer ou aumentar seu histórico de publicações. Com isso, tem surgido um lucrativo mercado de talentos, o qual está aumentando a remuneração dos cientistas de renome. Essa tendência está impulsionando as estatísticas nacionais de publicações científicas e colaboração internacional.

Outro fator que contribui é a crescente diáspora. O fato de a Arábia Saudita ser o segundo maior parceiro científico do Paquistão pode ser explicado principalmente por relações com a diáspora (ver Capítulo 21).

A diáspora inclui cientistas que fogem de zonas de conflito. Entre 2015 e 2019, a produção de cientistas afiliados a instituições sírias cresceu 29%. No Iêmen, onde mais de 43 centros científicos governamentais afiliados a universidades

iemenitas tiveram que suspender as atividades após danos estruturais em suas instalações, a produção de pesquisa cresceu de 281 publicações, em 2015, para 614, em 2019 (ver Capítulo 17 e o ensaio “The integration of refugee and displaced scientists creates a win-win situation”).

Em contraste a isso, ocorreu uma queda abrupta na colaboração científica internacional nas Filipinas desde 2014, quando seis em cada dez artigos tinham um coautor estrangeiro. O reforço, em 2018, da *Lei dos Cientistas que Retornam*<sup>14</sup>, pode explicar o declínio acentuado da coautoria afiliada a estrangeiros de 49%, em 2018, para 41%, em 2019, assumindo-se que grande parte da colaboração científica internacional foi impulsionada por laços com a diáspora.

### **Ciências ambientais – altamente colaborativas**

A colaboração internacional é mais comum nas geociências, com um terço das publicações mundiais (36%) envolvendo autores de mais de um país em 2019, contra 33% em 2015. A seguir vem a colaboração em outras ciências ambientais (Figura 1.16); aqui, seis em cada dez (59%) das publicações da UE em 2019 envolveram parcerias com outros países, proporção semelhante à observada em cientistas subsaarianos (64%).

Desde 2015, a coautoria internacional referente a tecnologias transversais estratégicas e engenharia tem oscilado em torno dos 20%. As economias de alta renda impulsionaram sua colaboração com países de outros grupos de renda relacionada a tecnologias transversais estratégicas, passando de 31% das publicações, em 2015, para 37%, em 2019.

### **A ciência pode servir a uma causa comum**

UE e a Rússia têm trabalhado juntas no Ártico – região visada por um décimo do investimento econômico russo –, em questões que incluem a gestão de águas residuais e o tratamento de resíduos nucleares. Em maio de 2017, os oito Estados Árticos – a saber: Canadá, Dinamarca, EUA, Finlândia, Islândia, Noruega, Rússia e Suécia – assinaram o *Acordo sobre o Reforço da Cooperação Científica Ártica Internacional* (ver Capítulo 13).

O orçamento de 2020-2021 da Nova Zelândia aloca NZ\$ 35 milhões para o Fundo Catalyst, que apoia relações internacionais de pesquisa. O país já está envolvido na Aliança Global de Pesquisa em Gases de Efeito Estufa na Agricultura. Em 2018, a Nova Zelândia aumentou sua Assistência Oficial ao Desenvolvimento (AOD) em 30%, em resposta às necessidades de financiamento dos países em desenvolvimento, a fim de cumprir a *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Cerca de 60% dessa assistência vai para a região do Pacífico, onde a Nova Zelândia foi um dos cinco principais parceiros científicos no período 2017-2019 para as Ilhas Cook, Fiji, Palau, Tonga e Samoa. Cientistas da neozelandeses foram coautores de 64% das publicações com parceiros estrangeiros em 2019, acima dos 59% anteriores.

No âmbito do *Plano de Ação de Cooperação para Ciência, Tecnologia e Inovação da Iniciativa Cinturão e Rota*, anunciado pela China em maio de 2017, cinco plataformas de transferência de tecnologia serão criadas nos países da Asean, nos Estados Árabes, na Ásia Central e na Europa Central e Leste Europeu, juntamente com um grupo de centros de pesquisa conjunta na África (ver Capítulo 23).

Ao longo dos períodos 2014-2016 e 2017-2019, o número de casos em que um país da Asean foi um dos cinco principais colaboradores de outro aumentou de cinco para oito. A China



permaneceu como um dos cinco principais colaboradores de seis, e a Austrália de oito, entre dez países da Asean no referido período de seis anos.

### Maior colaboração científica intrarregional

De modo geral, existe uma tendência de maior colaboração científica intrarregional. Brasil e Peru figuram entre os cinco principais parceiros científicos da Colômbia, por exemplo. Gana se tornou um dos cinco principais países que colaboram com Burkina Faso, Libéria e Serra Leoa no período 2017-2019. Uganda estava entre os cinco principais que colaboram com oito países da África Subsaariana, e a África do Sul era parceira de 23 países no mesmo período.

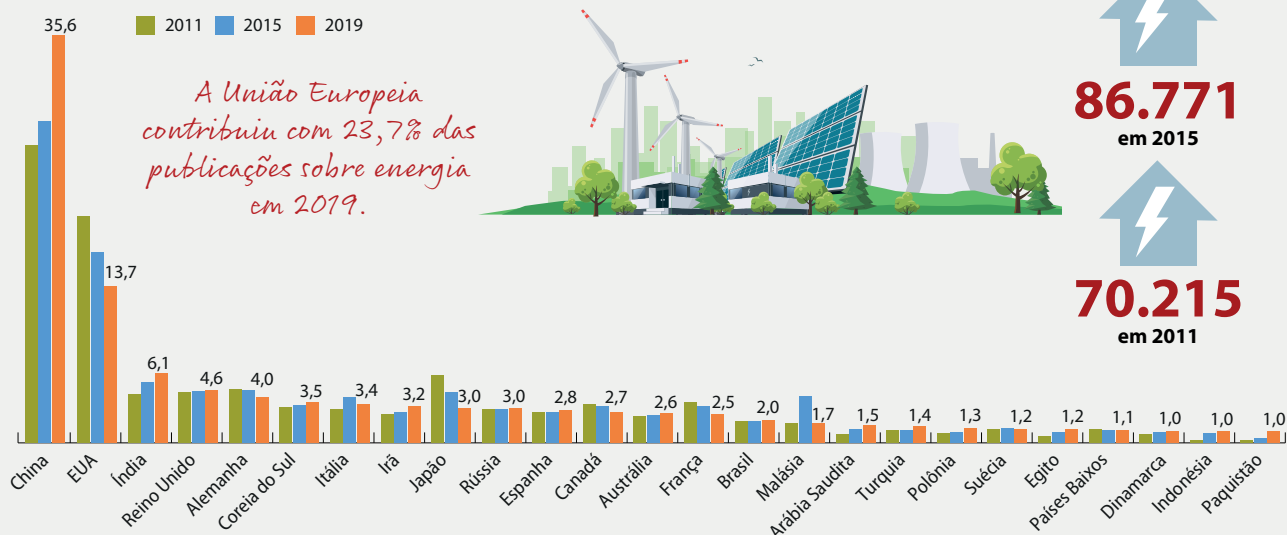
Desde 2015, a África do Sul aumentou sua proporção de publicações com coautoria internacional, de 54% para 57%. A Fundação Nacional de Pesquisa da África do Sul é um dos três patrocinadores da *Science Granting Councils Initiative* lançada em 2016, juntamente com o Centro Canadense de Pesquisa para o Desenvolvimento Internacional e o Departamento de Desenvolvimento Internacional do Reino Unido. No âmbito dessa iniciativa, em 2019, a Comissão Nacional de Ciência e Tecnologia do Malawi (NCST) realizou chamadas colaborativas para pesquisa agrícola com Moçambique e Zimbabuê. Em agosto de 2020, a NCST lançou uma chamada trilateral para propostas de pesquisa colaborativa em energia renovável com a Zâmbia e Moçambique (ver Capítulo 20). Em Burkina



Figura 1.14: Tendências em publicações científicas sobre energia

#### Proporção de publicações globais sobre energia, 2011, 2015 e 2019 (%)

Entre os países que contribuíram com pelo menos 1% em 2019; os rótulos de dados são para 2019



Publicações globais sobre energia

108.129

em 2019

86.771

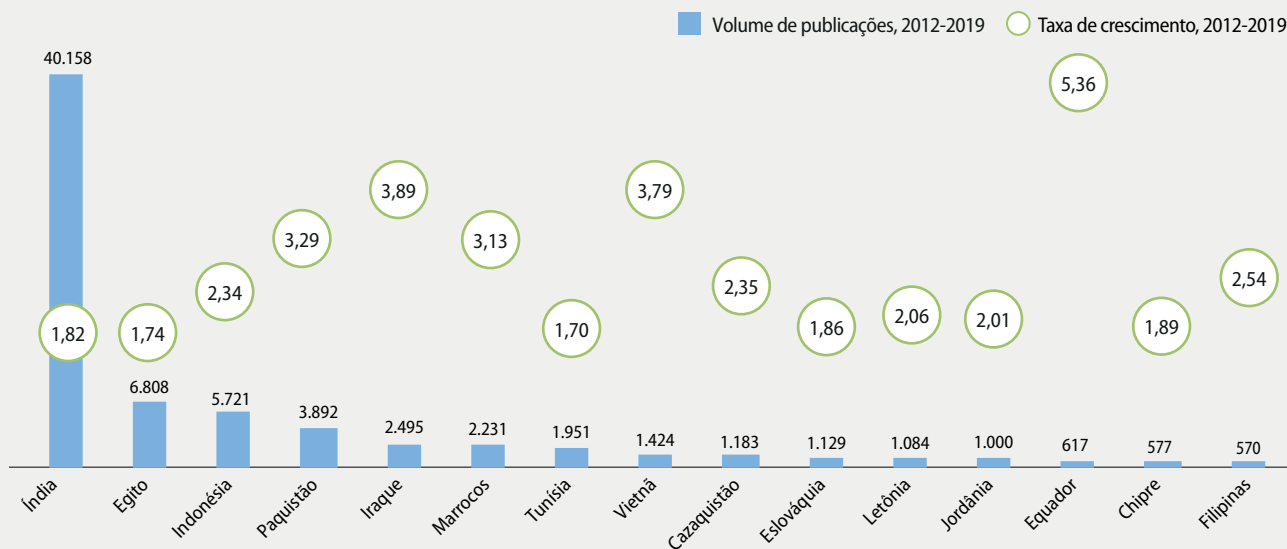
em 2015

70.215

em 2011

#### 15 países principais por taxa de crescimento em publicações científicas sobre energia, 2012-2019

Entre os países com pelo menos 500 publicações, organizadas por volume



Nota: A taxa de crescimento é calculada como o número de publicações do período 2016-2019, dividido pelo número de publicações de 2012-2015.

Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.

Faso, o Fundo Nacional de Pesquisa e Inovação para o Desenvolvimento (Fonrid, criado em 2011) vem desenvolvendo uma parceria com o Senegal para obter bolsas de pesquisa conjunta em alimentos e agricultura por meio da *Iniciativa de Conselhos de Subsídios para a Ciência* (ver Capítulo 18).

A Comunidade Econômica dos Estados da África Ocidental (Cedeao) tem incentivado a colaboração científica e a mobilidade sub-regional. Desde 2018, o Programa de Apoio à Pesquisa e Inovação da Cedeao concedeu bolsas anuais competitivas para equipes de pesquisa da sub-região, com foco na pesquisa para solução de problemas (ver Capítulo 18).

## UM OLHAR MAIS ATENTO A PAÍSES E REGIÕES

A infraestrutura de pesquisa pública no **Canadá** (Capítulo 4) está sendo restabelecida após anos de declínio. O governo investiu em novas instalações de pesquisa, e novos modos de cooperação estão sendo testados entre laboratórios federais, universidades e empresas.

Os gastos do país com P&D industrial como parcela do PIB equivalem a apenas metade da média da OCDE. O governo tomou iniciativas para corrigir a situação. Como parte do *Plano de Inovação e Competências* (2017), foi criado o Fundo Estratégico de Inovação para fomentar a inovação por meio de projetos de grande escala com a indústria; no início de 2020, o Fundo havia financiado mais de 65 projetos, no valor de C\$ 2,2 bilhões.

Em 2017, o governo estimulou as empresas canadenses a se associarem a instituições de pesquisa para desenvolver estratégias de inovação “ousadas e ambiciosas”, como parte da iniciativa *Superclusters de Inovação*, com foco em economia do oceano, manufatura de próxima geração, tecnologia digital, indústrias de proteínas e IA.

Grupos do setor industrial argumentaram que os governos federal e provinciais operam com base em uma visão linear do lado da oferta da inovação. A falta de uma estratégia nacional para CTI é uma barreira óbvia para superar esse desafio, pois significa que províncias e territórios implementam suas próprias estratégias e programas.

O nascente Comitê de Coordenação de Pesquisa do Canadá visa a melhorar a coordenação em âmbito federal, inclusive por meio do *Fundo Novas Fronteiras em Pesquisa*, projetado para reforçar o apoio federal para pesquisas de ponta de alto risco.

A *Estratégia Pan-Canadense de Inteligência Artificial* (2017) direciona fundos para aumentar o número de pesquisadores de excelência em IA e graduados qualificados. O Canadá está se esforçando para assumir um papel de liderança no debate internacional sobre o potencial impacto social da IA.

O país estabeleceu para 2050 a meta de alcançar emissões líquidas de carbono zero, pontuadas por estágios de cinco anos que são definidos por lei. O carvão deve ser eliminado gradualmente até 2030, mas a produção de petróleo bruto deverá aumentar em 50% entre 2018 e 2040. Até 2022, o governo pretende estabelecer um imposto de C\$ 50 sobre cada tonelada de poluição de carbono emitida.

Em 2016, o governo implementou um *Plano de Proteção dos Oceanos* de C\$ 1,5 bilhão. Em 2018, quase 14% das áreas marinhas e costeiras estavam protegidas, em comparação a cerca de 1%, em 2015.

O Canadá também elaborou o *Marco Político para o Ártico e o Norte* (2019). A agência federal Polar Knowledge

Canadá está financiando pesquisas inovadoras para apoiar a mitigação e a adaptação ao clima, como por meio de observatórios comunitários para pesquisas conjuntas com comunidades indígenas.

Nos **Estados Unidos** (Capítulo 5), a adoção da doutrina *America First* (América em Primeiro Lugar) em 2017 levou a novas metas de políticas específicas para os diferentes setores, incluindo a redução do déficit comercial norte-americano em bens com seus principais parceiros comerciais, por meio da imposição de tarifas.

Desde 2018, as disputas comerciais com a China chegaram à arena da alta tecnologia, da transferência de tecnologias e da proteção da propriedade intelectual, o que representa um risco real de dissociação entre os dois países em termos de tecnologia e talento.

De maneira mais geral, existe um amplo consenso entre os órgãos federais e os poderes Executivo e Legislativo de que os EUA precisam se adaptar a um ambiente internacional cada vez mais competitivo.

Consequentemente, o governo federal priorizou as principais tecnologias digitais consideradas essenciais para a competitividade econômica e a segurança cibernética do país, incluindo IA, ciência da informação quântica (CIQ) e tecnologia avançada de rede móvel. O primeiro *Plano Estratégico Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Inteligência Artificial* foi publicado em 2016. Quatro anos depois, o governo federal anunciou planos de dobrar o investimento governamental em pesquisa em CIQ e IA até 2022 em relação à linha de base de 2019.

O espaço ressurgiu como uma prioridade, como mostra a Política Espacial Nacional de 2017. A NASA foi uma das quatro agências visadas para terem um aumento na proposta de orçamento do governo para 2021. As parcerias público-privadas envolvendo a NASA têm sido fundamentais para o desenvolvimento da indústria espacial privada.

A agenda política *America First* levou os EUA a se retirarem de vários acordos multilaterais, incluindo o *Acordo de Paris*. No entanto, vários estados optaram por respeitar seus compromissos com a ação climática e, em fevereiro de 2021, a nova administração fez com que os EUA voltassem ao Acordo de Paris.

Entre 2017 e 2019, o governo revogou mais de 90 normas de proteção ambiental. Isso, juntamente com os avanços tecnológicos que reduziram o preço do gás natural e das energias renováveis, levou a uma expansão dos setores de petróleo, gás natural e energias renováveis, a qual tem sido apoiada por generosos incentivos fiscais e um aumento de 22% no financiamento de pesquisas para o Departamento de Energia, entre 2015 e 2020.

Apesar de a assistência médica representar aproximadamente 18% do PIB em 2017, o acesso e a equidade continuam a ser um problema no país. Além disso, a expectativa é de que a parcela da assistência médica financiada pelos governos federal, estaduais e municipais aumente para 47% até 2028, uma trajetória insustentável. A medicina de precisão está abrindo uma ampla gama de possibilidades terapêuticas, mas também aumentando os custos de saúde. Tendo a farmacogenética como um campo em expansão, no futuro as empresas farmacêuticas precisarão colaborar mais com os gigantes de dados.

Em 2020, estavam em andamento análises antitruste independentes dos cinco maiores gigantes de tecnologias digitais, em resposta às crescentes preocupações sobre sua influência na sociedade, na economia e na política.

A pandemia da COVID-19 matou mais de meio milhão de cidadãos norte-americanos. Apesar da pandemia, os registros de novas empresas aumentaram em 2020, mesmo com a redução da quantidade de capital de risco disponível para *startups*.

O custo crescente dos desastres naturais preparou o terreno para iniciativas coletivas ousadas na Comunidade do Caribe (**Caricom**, Capítulo 6), em áreas que incluem resiliência climática e inovação verde. Por exemplo, para aliviar o fardo financeiro e ecológico das dispendiosas importações de combustíveis fósseis, o Fundo Verde para o Clima está apoiando um projeto de oito anos para desenvolver recursos geotérmicos em Dominica, Granada, São Cristóvão e Névis, Santa Lúcia e São Vicente e Granadinas.

A Guiana planeja usar a recente descoberta de reservas *offshore* de petróleo e gás feita pela ExxonMobil para desenvolver fontes renováveis de energia. Para esse fim, em 2019, o governo criou um Fundo de Riqueza Soberana, que é financiado principalmente pelos rendimentos do petróleo; um projeto almeja transformar Bartica, no norte do país, em uma “cidade verde piloto e modelo”, com o apoio do Centro de Mudanças Climáticas da Comunidade do Caribe.

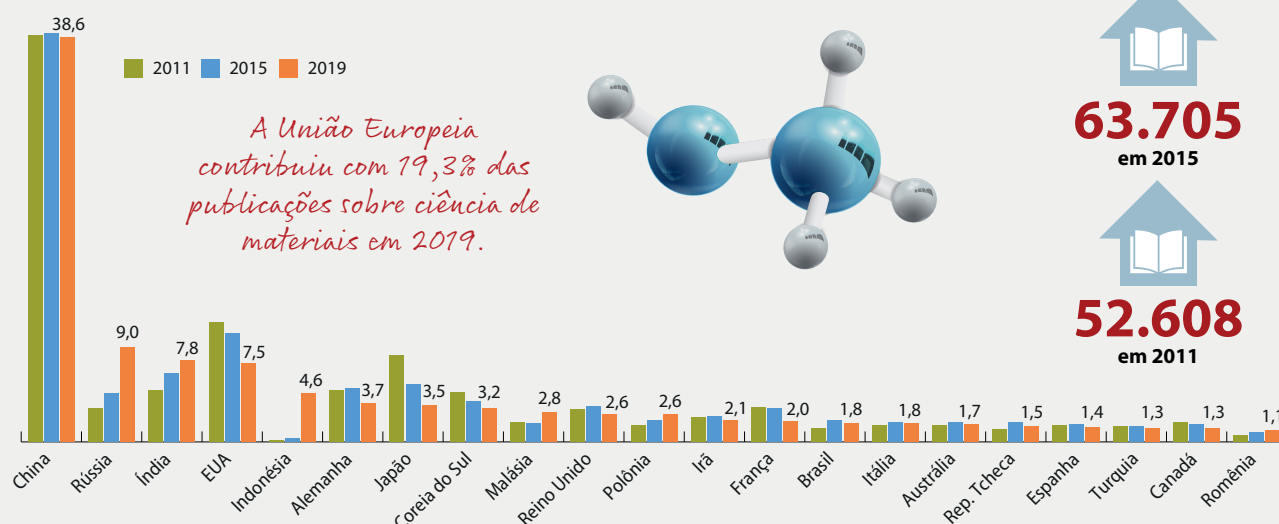
Os marcos estratégicos estão estreitamente alinhados com a *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*, mas são necessários planos de ação detalhados, financiamento sustentável e mecanismos de monitoramento e avaliação para apoiar a implementação.



**Figura 1.15: Tendências em publicações científicas sobre ciência de materiais**

**Proporção de publicações globais sobre ciência de materiais, 2011, 2015 e 2019 (%)**

Entre os países que contribuíram com pelo menos 1% em 2019; os rótulos de dados são para 2019



**Publicações globais sobre ciência de materiais**

**93.033**

em 2019

**63.705**

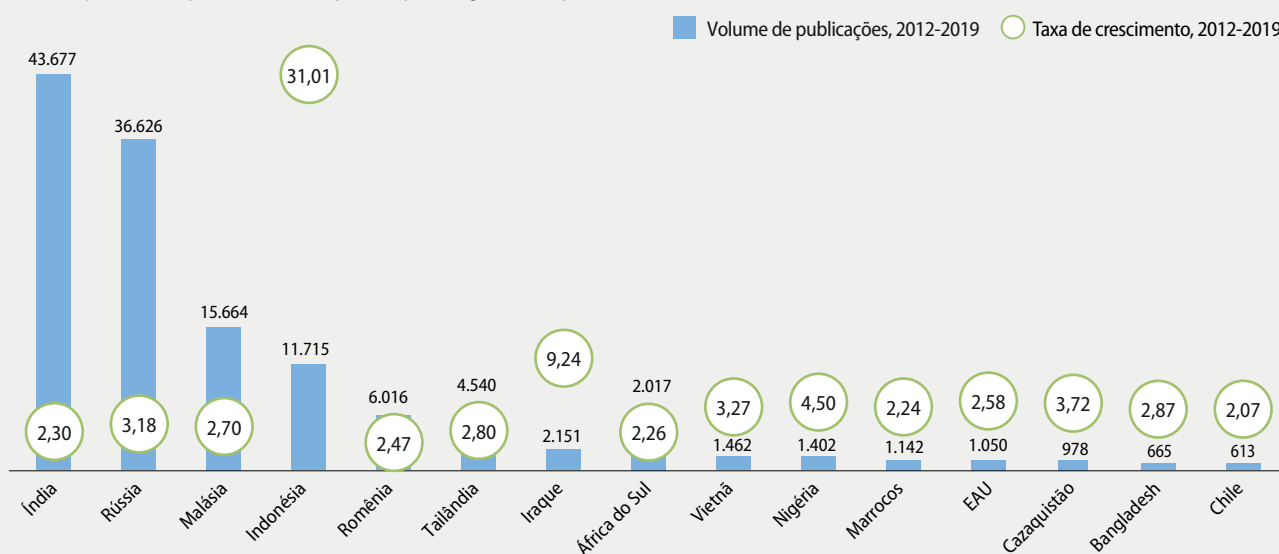
em 2015

**52.608**

em 2011

**15 países principais por taxa de crescimento em publicações científicas sobre ciência de materiais, 2012-2019**

Entre os países com pelo menos 500 publicações, organizadas por volume



Nota: A taxa de crescimento é calculada como o número de publicações do período 2016-2019, dividido pelo número de publicações de 2012-2015. EAU significa Emirados Árabes Unidos.

Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.

Os Estados-membros adotaram uma *Agenda Digital Caricom 2025* e um plano de ação aprovado em 2017 para a criação de um *Espaço Único de TIC Caricom*, para promover um espaço sem fronteiras habilitado para TIC. O treinamento será um elemento-chave, dada a escassez de engenheiros de *software* e a baixa produção científica nessa área.

Embora o crescimento observado nas publicações científicas ateste a existência de uma cultura de pesquisa mais vibrante, a ênfase atual na pesquisa em saúde não irá preparar as sociedades caribenhas para as economias verdes e digitais de amanhã.

A quase total inexistência de dados sobre P&D prejudica a gestão da ciência nos âmbitos nacional e regional. Isso dificultou, por exemplo, a implementação do *Plano Estratégico para a Comunidade do Caribe, 2015-2019*. Em 2018, a Caricom desenvolveu um Sistema de Gestão Baseado em Resultados, com o apoio do Banco de Desenvolvimento do Caribe para orientar a coleta, a análise e o uso sistemáticos de dados, bem como para relatar o progresso em direção à integração e ao desenvolvimento regional.

Com empresas inovadoras que precisam de apoio sistêmico e sustentado, o novo programa da Jamaica para Impulsionar a Inovação, o Crescimento e um Ecossistema de Empreendedorismo pode servir de modelo para a região.

Durante o *boom* das *commodities*, o investimento na **América Latina** (Capítulo 7) foi direcionado principalmente para a expansão econômica, em vez de reforçar a infraestrutura existente ou apoiar a inovação e a assunção de riscos.

Como consequência disso, o fim do referido *boom* deu início a um período de estagnação do crescimento econômico, associado a uma queda na intensidade da pesquisa entre os pesos-pesados regionais, Argentina e México.

O conceito de um sistema de inovação está agora amplamente incorporado às políticas de CTI. No entanto, a demanda por conhecimento no setor produtivo continua fraca. As empresas latino-americanas que operam em mais de um país (“multilatinas”) estão desempenhando um papel mais importante do que antes, mas não estão intimamente conectadas aos sistemas nacionais de inovação. As multinacionais com subsidiárias na região tendem a utilizar o conhecimento existente em vez de se envolver em pesquisas locais.

Mais países estão desenvolvendo políticas “caseiras” que envolvem experimentação, em vez de adaptar políticas elaboradas no exterior. Essas políticas enfatizam a inovação social para o desenvolvimento sustentável e cada vez mais integram sistemas de conhecimento locais e indígenas.

No entanto, a formulação de políticas continua a ser caracterizada por reviravoltas que impedem o planejamento de longo prazo. Isso pode enfraquecer a confiança dos investidores e dificultar a inovação. Alguns países também estão retrocedendo quanto à ampla participação do público na tomada de decisões.

A ciência da sustentabilidade está emergindo como um foco de pesquisa regional. Um exemplo é o programa Colômbia Bio, que tem o objetivo de fomentar uma cultura de respeito à biodiversidade; o programa está enriquecendo o escasso registro taxonômico e subsidiando a bioprospecção para promover o desenvolvimento de produtos e serviços de alto valor agregado.

A produção científica em periódicos convencionais cresceu em todos os países, exceto em Cuba e na Venezuela.

Uma melhor instrução no nível de pós-graduação em alguns países pode ser parcialmente responsável por essa tendência. A queda na produção cubana pode estar ligada à retomada do bloqueio por parte dos EUA em 2017, que teve efeitos negativos nos recursos cubanos para P&D, incluindo aumentos salariais planejados para desencorajar a fuga de cérebros após o fim das restrições às viagens internacionais em 2012. A Venezuela está passando por uma grande fuga de cérebros, com mais de 3 milhões de cidadãos tendo migrado para Colômbia, Peru, Equador e Brasil em 2019.

Um exemplo de colaboração multilateral ativa é o Sistema de Integração Centro-Americano (SICA), que vem desenvolvendo resiliência à mudança climática. Em maio de 2020, o SICA assinou um acordo com o Centro de Pesquisa para o Desenvolvimento Internacional do Canadá para conduzir um projeto direcionado a fortalecer a capacidade de formulação de políticas dos órgãos nacionais de pesquisa e inovação de todos os seus oito Estados-membros.

Em âmbito regional, também houve iniciativas ascendentes em biotecnologia, ciência espacial e ciência aberta, entre outras.

O **Brasil** (Capítulo 8) registrou uma série de conquistas nos últimos cinco anos. Por exemplo, Sirius, uma das fontes de luz síncrotron mais sofisticadas do mundo, está em fase de conclusão.

Há também uma crescente aceitação de tecnologias digitais em setores governamentais e de negócios, em áreas como saúde, bancos e agricultura. Na e-saúde, *big data* e IA em medicina estão sendo usados para desenvolver modelos de previsão e novos medicamentos.

A comunidade científica brasileira também se mobilizou rapidamente durante o surto do zika vírus no período 2015-2018, e durante a pandemia da COVID-19, desde 2020.

Os centros de inovação tecnológica dentro das universidades têm prosperado, principalmente no que diz respeito ao depósito de patentes, à colaboração com a indústria e à incubação de *startups* inovadoras.

Outro avanço positivo foi a ascensão da energia eólica e solar, dos biocombustíveis e biomassa, de 14,7% para 19,5% da geração total de eletricidade, entre 2015 e 2018. O Brasil tem uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, com as energias renováveis contribuindo 85% da geração de eletricidade em 2020, e dois terços dos quais provenientes da energia hidrelétrica.

Em 2018, o governo anunciou o fim dos projetos de mega-hidrelétricas na Amazônia, mencionando preocupações ambientais. Uma série de rompimentos de barragens e a crescente incidência de incêndios na floresta amazônica e na região do Pantanal atestam um sistema deficiente de monitoramento ambiental e prevenção de desastres. Nos últimos dois anos, algumas proteções ambientais foram revistas.

Vários indicadores enviam um alerta para o sistema nacional de inovação. No geral, o investimento empresarial caiu, assim como a parcela dedicada a P&D. Empresas estão registrando um menor número de patentes. Paralelamente, os órgãos federais de pesquisa registraram uma queda acentuada em seus gastos orçamentários. Os gastos domésticos com pesquisa diminuíram 16% entre 2015 e 2017. A participação da produção industrial no PIB e a participação no comércio exterior, principalmente de bens manufaturados, também estão em queda.

Em meados de 2020, o governo publicou seu *Plano Estratégico 2020-2030*, que substituiu a *Estratégia Nacional*

de *Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022*. Esta última foi influenciada pela *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Embora o novo plano mencione o desenvolvimento sustentável como um objetivo abrangente, o mapa de indicadores e metas correspondentes contém poucas metas socioeconômicas, e nenhuma ambiental. Uma abordagem integrada para o planejamento da inovação já foi um dos pontos fortes da política do Brasil.

A saída do Reino Unido da **União Europeia** (Capítulo 9), em janeiro de 2020, não mudará a essência do projeto europeu, que tende a uma integração mais estreita.

A nova estratégia de crescimento do bloco, o *Acordo Verde Europeu (2020)*, busca acelerar a transição “verde” em todos os cinco sistemas socioeconômicos (energia, agroalimentar, manufatura, transporte e construção civil-habitação), orientando a mobilização de recursos, bem como a regulamentação e outras reformas, na mesma direção.

A finalidade é atingir a meta de 2050 relativa à neutralidade de carbono e, ao mesmo tempo, garantir que os empregos perdidos em um setor possam ser recriados em outro. Um Mecanismo de Transição Justa ajudará os países vulneráveis a enfrentarem a transição, como no caso da perda de empregos em massa devido à eliminação gradual de uma indústria poluidora.

As duas forças motrizes dessa transição serão a especialização inteligente por regiões e novas políticas orientadas para a missão, implementadas no âmbito do programa-marco *Horizonte Europa de Pesquisa e Inovação (2021-2027)*. Outra novidade é o Conselho Europeu de Inovação, que está em plena atividade desde 2021; o seu papel é preencher a lacuna de financiamento para novas empresas e PMEs inovadoras.

O *Acordo Verde Europeu* é acompanhado por uma estratégia industrial adotada em março de 2021, que se concentra na

dupla transição verde e digital, ao mesmo tempo em que impulsiona o Mercado Único a definir padrões sociais e ambientais globais. Um novo marco de políticas estabelecerá princípios de sustentabilidade para todos os produtos. A UE também apoiará o desenvolvimento de tecnologias facilitadoras essenciais, incluindo robótica, microeletrônica, *blockchain*, tecnologias quânticas, biomedicina, nanotecnologias e produtos farmacêuticos.

De acordo com a Comissão Europeia, apenas cerca de uma em cada cinco empresas é digitalizada. A estratégia digital do bloco, *Uma Europa Adaptada à Era Digital (2019)*, permite que empresas de todos os tamanhos “testem antes de investir” em tecnologias digitais por meio de centros de inovação digital, usando o financiamento competitivo fornecido pelo Horizonte 2020 e seu sucessor, Horizonte Europa. Até fevereiro de 2020, 16 países haviam publicado estratégias nacionais de IA, e outros cinco haviam elaborado um esboço em estágio avançado.

A fim de preparar a força de trabalho para a economia digital de amanhã, será dada maior ênfase à aprendizagem ao longo da vida no *Plano de Ação para a Educação Digital 2021-2027*.

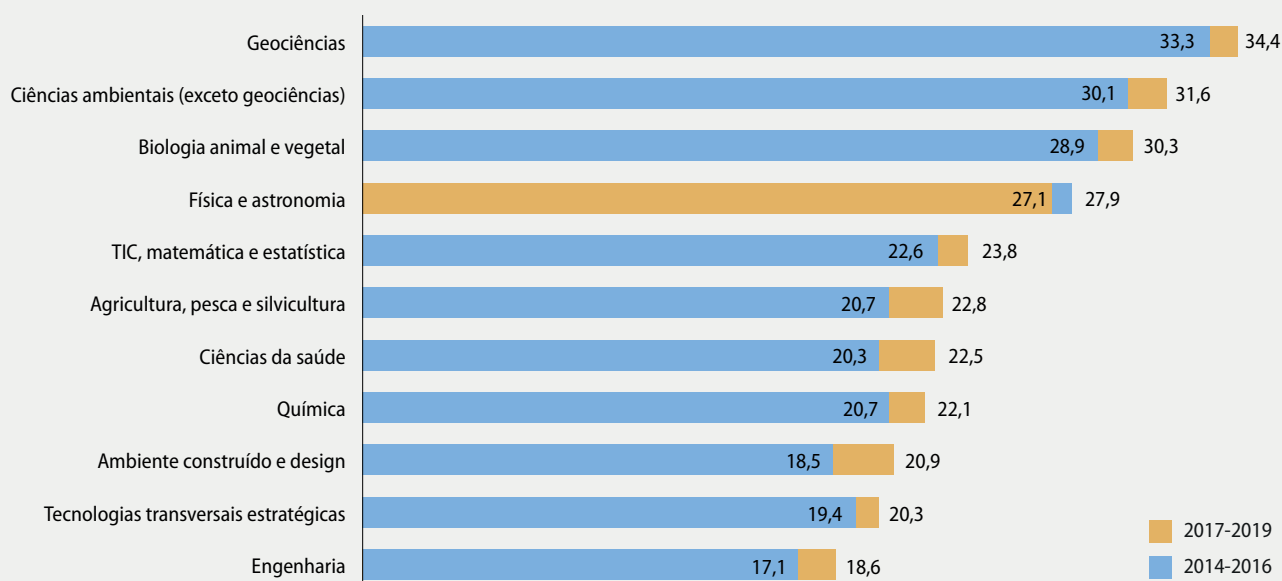
Enquanto isso, a nova Iniciativa das Universidades Europeias visa a criar redes de instituições de ensino superior para permitir que os estudantes obtenham um diploma combinando seus estudos em vários países da UE, ao mesmo tempo em que isso reforça um sentido de identidade europeu.

O bloco pretende reforçar sua autonomia estratégica e seu poder brando (*soft power*) nos próximos anos, inclusive por meio de suas políticas comercial, digital e de defesa.

Para os países do **Sudeste da Europa** (Capítulo 10), a integração à UE continua sendo uma meta política abrangente. Há alguns sinais positivos: a região superou sua



**Figura 1.16: Proporção de publicações científicas que envolvem colaboração internacional por campo amplo, 2014-2016 e 2017-2019 (%)**



Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.



meta de pessoal altamente qualificado na força de trabalho e está perto de atingir sua meta para a balança comercial e a taxa de emprego geral.

No entanto, reformas econômicas têm sido priorizadas em relação à formulação de políticas de CTI; isso corroeu a capacidade de pesquisa e impediu a mudança para o modelo de inovação orientado para a ciência da UE. Como resultado, a fuga de cérebros para os países da UE continua a ser um desafio crônico. No próprio Sudeste da Europa, a *Estratégia Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Estratégico para a Inovação nos Bálcãs Ocidentais* (2013) criou poucas oportunidades de cooperação.

Apesar disso, desde 2015 têm sido realizados esforços para o alinhamento com o Espaço Europeu de Pesquisa. Cada país está aplicando as Diretivas de Eficiência Energética e Energias Renováveis da UE e desenvolvendo políticas de energéticas alinhadas com o Regulamento de Monitoramento de Emissões da UE (#525/2013). Todos os cinco países do Sudeste da Europa não pertencentes à UE competiram por financiamento de pesquisa no Programa Horizonte 2020.

Os países também estão desenvolvendo suas próprias estratégias de especialização inteligente, um pré-requisito para a adesão à UE. Os primeiros países a concluí-las foram Montenegro, em 2019, e a Sérvia, em 2020. Essas estratégias poderiam fornecer o elo que faltava para os países que lutam para integrar seus setores econômicos e de pesquisa; os sistemas de inovação na região atualmente tendem para o ultrapassado modelo linear, com a atividade limitada do setor de negócios da região se refletindo em baixos níveis de patentes.

Há sinais de que os instrumentos ativos de políticas estão revertendo essa tendência. A Sérvia e a Albânia estabeleceram fundos de inovação, e a Sérvia abriu seu primeiro parque tecnológico em 2015, seguido por outros dois em Novi Sad e Nis, em 2020.

Dos quatro membros da **Associação Europeia de Livre Comércio** (Capítulo 11), todos, exceto Liechtenstein, participam no Programa Horizonte de Pesquisa 2020 da UE. Espera-se que a Noruega e a Islândia mantenham seu *status* de “associação plena” com seu sucessor, o Horizonte Europa. O próprio *status* da Suíça dependerá do resultado das negociações em curso com a UE sobre um acordo-marco institucional abrangente.

Noruega, Islândia e Suíça têm ambições ousadas de alcançar a neutralidade de carbono até 2030, 2040 e 2050, respectivamente. A Noruega e a Islândia têm altos impostos sobre o carbono e estão expandindo a eletrificação do transporte rodoviário. Os dois países também estão conduzindo projetos pioneiros em captura e armazenamento de carbono, sendo um deles o primeiro projeto de tamanho industrial desse tipo, e o outro que armazenou com sucesso dióxido de carbono em rochas basálticas subterrâneas. Um desafio significativo para a Noruega é conciliar a meta de neutralidade de carbono com os planos do governo de intensificar a exploração de petróleo.

A inovadora *Política e Plano de Ação 2017-2019* da Islândia evoca a Indústria 4.0 e amplia o conceito de crescimento econômico para “crescimento de qualidade”. Tal plano enfatiza o papel que P&D pode desempenhar para garantir o “crescimento de qualidade”, levando em consideração o potencial impacto negativo das tecnologias sobre os futuros usuários.

As empresas suíças investem cerca de 7% de seu faturamento em P&D, a maior proporção mundial. No

entanto, a maior parte dessas empresas atua no setor farmacêutico e químico. Se essas empresas multinacionais decidissem transferir seus negócios para outro lugar, a Suíça perderia o cerne de seus empreendimentos de pesquisa. Essa vulnerabilidade gerou esforços políticos para fomentar *startups* e PMEs, incluindo uma reforma tributária em favor de empresas de pesquisa intensiva e a abertura do Parque Suíço de Inovação em 2016, que se estende a empresas especializadas em manufatura avançada, edifícios inteligentes e robótica.

As empresas suíças estão cada vez mais conduzindo pesquisas básicas, e o país tem tido um bom desempenho na obtenção de bolsas do Conselho Europeu de Pesquisa, que é conhecido por sua respeitabilidade em pesquisa básica. Encontrar um equilíbrio entre a investigação básica e a orientada para a missão continua a ser um desafio para todos os quatro países.

Todos os sete **Países da Bacia do Mar Negro** analisados (Capítulo 12) – Armênia, Azerbaijão, Bielorrússia, Geórgia, Moldávia, Turquia e Ucrânia – consideram a economia digital uma força motriz para o crescimento. Por exemplo, as tecnologias da informação são responsáveis por mais de 40% das exportações ucranianas de serviços. O *Conceito para o Desenvolvimento de uma Economia e uma Sociedade Digitais* da Ucrânia, que abrange os anos de 2018 a 2020, buscou criar um “local de trabalho digital”.

Os países da região lançaram iniciativas para fomentar a inovação. Por exemplo: em 2018, o Azerbaijão criou uma Agência de Inovação que fornece capital de risco para empresas inovadoras, incluindo *startups*. A Bielorrússia vem reformando o sistema nacional de inovação desde 2015. Mais de 90 leis, direta ou indiretamente relacionadas com P&D, foram publicadas até 2018. Em 2016, o governo consolidou seus 25 fundos de inovação em um único Fundo Republicano de Inovação Centralizado, que funciona como uma agência estatal.

Apesar desses esforços, os países lutam para incentivar a experimentação, o dinamismo e a criação de conhecimento na economia. Nos países pós-soviéticos, estruturas oligárquicas restritivas estão limitando as recompensas da inovação.

Na Turquia, os desequilíbrios estruturais estão em outro lugar. Evidências recentes no âmbito empresarial mostram que as empresas intensivas em tecnologia do país apresentam pouco volume de P&D em relação ao seu tamanho. Esse cenário contrasta fortemente com a forte ênfase do Estado no apoio à inovação: entre 2015 e 2018, incentivos fiscais para empresas intensivas em tecnologia cresceram três vezes na moeda local, de acordo com o Instituto de Estatística da Turquia. No entanto, as empresas nos setores de serviços e construção, que representaram 64% do PIB em 2018, permanecem em grande parte protegidas da concorrência e podem, portanto, ignorar os programas de apoio do governo para P&D e inovação com foco na manufatura.

Todos os países, exceto a Bielorrússia, estão se adaptando às estruturas e às redes europeias. Em 2015-2016, Armênia, Geórgia e Ucrânia tornaram-se formalmente associadas ao programa Horizonte 2020 da UE. Pesquisadores ucranianos e georgianos submeteram suas primeiras propostas de projetos ao Conselho Europeu de Pesquisa em 2015 e 2017, respectivamente.

A indústria geotérmica da Turquia se beneficiou de um ambiente regulatório favorável para o investimento

empresarial, assim como da experiência adquirida pelas empresas de energia geotérmica turcas com sua participação no programa Horizonte 2020 por meio de consórcios. Entre 2009 e 2019, o número de usinas geotérmicas na Turquia saltou de 3 para 49.

Na **Rússia** (Capítulo 13), a economia continua fortemente dependente de petróleo, gás, metais, produtos químicos e produtos agrícolas. Também persiste um descompasso entre oferta e demanda no que diz respeito ao conhecimento científico e à tecnologia.

As intervenções do governo desde 2015 têm demonstrado vontade de enfrentar esses desequilíbrios estruturais. Isso é resumido pelos 13 projetos nacionais de grande escala realizados até 2024, com financiamento total de cerca de ₺ 26 trilhões (cerca de PP\$ 1 trilhão) ao longo de seis anos e o foco na colaboração entre ciência e indústria.

As áreas prioritárias do Projeto Nacional de Economia Digital incluem tecnologias quânticas e IA. Esse plano é complementado pela Estratégia Nacional de Desenvolvimento de Inteligência Artificial, que cobre o período 2020-2030.

O Projeto Nacional de Ciência prioriza o desenvolvimento de instalações de megaciências e o surgimento de uma “nova geografia” da ciência russa, com centros de pesquisa e educação de nível mundial a serem estabelecidos em regiões selecionadas. O governo também reconheceu a necessidade de promover uma cultura de inovação nas estruturas governamentais, a ser alcançada por meio de treinamentos especializados e processos de seleção estratégica.

Grandes empresas de energia se inscreveram no Projeto Nacional de Ecologia do governo, por meio do investimento em tecnologias verdes. O uso de energias renováveis está sendo dificultado, no entanto, pela gestão centralizada do setor energético, pelo aumento dos preços ao consumidor e pelo clima frio do país. Porém, o consumo de carvão e produtos petrolíferos, como proporção do balanço de combustíveis e energia, diminuiu ligeiramente ao longo de 2015-2018.

Diante de um número cada vez menor de pesquisadores, o governo cumpriu sua promessa de aumentar a remuneração desses profissionais até 2018. Isso ajudou a atrair mais pesquisadores com idade inferior a 39 anos para a profissão.

O Ártico é um foco estratégico não apenas para a Rússia, mas também para Canadá, China, UE e EUA. Isso o torna um centro para a diplomacia científica. O Acordo sobre o Reforço da Cooperação Científica Internacional do Ártico (2017), assinado pela Rússia e por sete outros Estados árticos, tem, entre outros objetivos, o de promover a inclusão do conhecimento local e tradicional.

O subinvestimento crônico em P&D na Ásia Central (Capítulo 14) – nenhum país gastou mais de 0,13% do PIB em P&D em 2018 – gerou uma série de desafios sistêmicos que estão impedindo a pesquisa e a inovação. Isso inclui a crise vocacional na comunidade de pesquisa e o êxodo de habilidades.

A divisão cultural entre as comunidades empresarial e científica é outro desafio. O desinteresse pela ciência no seio da comunidade empresarial se traduziu em uma falta de demanda por tecnologias, o que criou um pesado fardo para o orçamento estatal. Por se comunicar pouco com o setor manufatureiro, a própria comunidade científica permanece à parte das necessidades da economia real.

A proteção deficiente da propriedade intelectual e os regimes tributários complexos, juntamente com a falta de

incentivos fiscais e empréstimos para as empresas, estão desestimulando a inovação e tornando as empresas inovadoras alvos pouco atraentes para investimento e empréstimos.

Os governos da Ásia Central estão tomando medidas para superar esses obstáculos. Existe o desejo de melhorar o clima de investimento para as empresas e de usar a inovação para modernizar a indústria. O Uzbequistão até mesmo colocou o desenvolvimento com base na inovação como elemento principal de sua agenda política.

Há um número crescente de parques tecnológicos que se beneficiam de regimes tributários vantajosos. Os governos também estão realizando esforços para melhorar o *status* dos pesquisadores, por meio de medidas como aumentos salariais, bolsas de pesquisa competitivas, equipamentos de pesquisa modernos e projetos de pesquisa conjuntos com parceiros institucionais em países como Bielorrússia, China, Índia e Coreia do Sul.

Cientistas e engenheiros estão desfrutando de mais exposição internacional do que no passado. Por exemplo, o programa acelerador internacional *Startup Cazaquistão* está aberto a participantes da Comunidade de Estados Independentes e da Europa.

Os governos também estão trabalhando com parceiros internacionais para ter acesso ao financiamento verde. Enfrentando a crescente escassez de água e o envelhecimento da infraestrutura energética, eles estão investindo em programas de energia renovável, como por meio de “leilões solares”, no Cazaquistão e no Uzbequistão, ou na construção da barragem Rogun no Tadjiquistão. Um desafio será equilibrar as demandas concorrentes por inovação do setor de mineração, que constitui a base das economias da Ásia Central.

Os países estão adotando a economia digital e a governança eletrônica. A iniciativa abrangente *Cazaquistão Digital* abrange setores como energia, transportes, finanças, infraestrutura, mineração, agricultura e educação. Tanto o *Parque Alatau de Tecnologias Inovadoras* como o *Cluster Inovador Jardim de Tecnologias* no Cazaquistão estão adotando tecnologias da Indústria 4.0.

O Quirguistão tem como alvo os serviços públicos digitais, por meio de seu programa *Taza Koom* (Nação Inteligente). Há um interesse crescente entre os jovens quirguizes pela programação de computadores, o que se vê refletido no recente crescimento de empresas iniciantes e de *software* voltadas para a tecnologia.

No **Irã**, tem ocorrido um crescimento exponencial em *startups* e empresas baseadas no conhecimento (Capítulo 15). Essa tendência é resultado do aumento da demanda interna, aliada à multiplicação de incubadoras e aceleradoras de tecnologia desde o lançamento dos primeiros centros públicos de inovação do país, em 2015.

Em 2020, 49 aceleradores de inovação foram estabelecidos com iniciativa privada, e 113 centros de inovação foram criados em parceria com parques científicos e grandes universidades. Enquanto isso, as incubadoras de tecnologia têm fornecido aos empreendedores graduados espaços de *coworking* e orientação no *campus* para ajudá-los a lançar suas próprias *startups*.

O governo tem incentivado as *startups* a diversificarem em áreas baseadas no conhecimento. Um conjunto de leis e políticas adotadas desde 2015 removeu as barreiras à concorrência e aprimorou o sistema de apoio financeiro à inovação.

Entre 2014 e 2017, as exportações de bens baseados no conhecimento cresceram cinco vezes, antes de cair, em 2018, depois que os EUA se retiraram do *Plano de Ação Conjunta Global* (2015), popularmente conhecido como o “Acordo Nuclear”, e reimpuseram sanções. Essa mudança trouxe muitos problemas econômicos.

No entanto, a restauração das sanções também motivou as empresas a usarem fornecedores locais de bens e serviços baseados no conhecimento. Um setor visado foi a energia renovável, mas, apesar das tentativas de aumentar a produção manufatureira e o emprego no país, as energias renováveis ainda contribuem com menos de 1% da matriz energética.

Os incentivos de mercado não foram suficientes para impulsionar o investimento empresarial em P&D, que, entre 2014 e 2016, caiu de 35% para 28% dos gastos domésticos em pesquisa.

Será imperativo adaptar os programas acadêmicos às necessidades do mercado de trabalho. Apesar do aumento da quantidade de mestres e doutores, é alta a proporção (39%) de desemprego entre as pessoas que têm diploma universitário.

**Israel** (Capítulo 16), país-sede da maioria das *startups per capita* do mundo, foi apelidado de “nação *startup*”. Mais de 6 mil *startups* foram fundadas no país apenas entre 2011 e 2019.

Israel é o país mais intensivo em pesquisas do mundo. Em 2017, multinacionais estrangeiras e centros de pesquisa financiaram mais da metade dos gastos internos brutos em pesquisa, seguidos pelo setor empresarial.

Uma tendência que deve ser preocupante é a crescente taxa de transferência de propriedade intelectual, *expertise* e tecnologia israelenses para centros de pesquisa estrangeiros. Menos da metade das patentes obtidas por inventores de Israel são propriedade de empresas nacionais.

A Indústria 4.0 é uma prioridade crescente, tanto no setor de *startups* quanto na política governamental de forma mais ampla. Por meio da iniciativa *Israel Digital*, o governo está investindo pesadamente em tecnologias que incluem IA e ciência de dados e *big data*, mobilidade inteligente e governança eletrônica. A ambição é alavancar a experiência israelense em tecnologias digitais para acelerar o crescimento, melhorar a inclusão e fortalecer a governança.

As universidades israelenses estabeleceram programas educacionais e centros de pesquisa em áreas de ponta, como o Centro de Conhecimento em Aprendizado de Máquina e Inteligência Artificial da Universidade Hebraica de Jerusalém.

Esse foco em inovação e tecnologia alimentou a política industrial do país. O Plano Estratégico Nacional do Governo para a Manufatura Avançada na Indústria (2018) descreve uma estrutura para investimento, desenvolvimento de habilidades, reforço de infraestrutura e maior acesso ao conhecimento, com foco nas PMEs. Nos últimos dez anos, ocorreu o surgimento de um setor automotivo vibrante, apoiado pela Iniciativa de Escolhas de Combustível e Mobilidade Inteligente, lançada em 2010. Hoje, são 25 centros de pesquisa no setor automotivo.

A qualidade e a quantidade da água doce diminuíram em Israel, tornando imperativa a adoção de novas abordagens para a gestão hídrica. O uso de água dessalinizada está crescendo, mas tem sido associado a uma deficiência de magnésio na alimentação humana e à infiltração de água salgada nos aquíferos.

A mensagem de que o desenvolvimento sustentável é uma necessidade, não um luxo, chegou aos ouvidos dos

formuladores de políticas, que, em 2019, integraram os ODS no planejamento estratégico do governo.

Apesar de suas diferenças socioeconômicas, os **Estados Árabes** (Capítulo 17) têm prioridades em comum. Com a escassez de água, a erosão do solo e a degradação ambiental apresentando sérios desafios, mais governos estão adotando soluções baseadas na ciência, como agricultura vertical interna, dessalinização e usinas solares de grande escala.

Os países estão investindo em centros urbanos sustentáveis de alta tecnologia. O Egito, por exemplo, delineou um conjunto de princípios de sustentabilidade para suas novas cidades, que incluem um limite mínimo para terras *per capita* e a instalação de painéis solares.

Os países árabes estão buscando desenvolver seu setor manufatureiro, inclusive em áreas de alta tecnologia, como aeronáutica, biotecnologia agrícola e indústria espacial. Entretanto, eles continuam dependentes de importações de tecnologia e de parcerias com líderes em tecnologia espacial.

Obter benefícios da Quarta Revolução Industrial tornou-se uma clara prioridade política. A Arábia Saudita e os Emirados Árabes Unidos (EAU) adotaram estratégias nacionais de IA, e Argélia, Egito e Tunísia, pelo menos, têm planos de fazer o mesmo. Marrocos estabeleceu um programa de pesquisa em IA.

Os Estados do Golfo estavam entre os primeiros no mundo a lançar redes 5G comerciais. A Arábia Saudita abriu um Centro para a Quarta Revolução Industrial e os EAU estão se esforçando para integrar a tecnologia *blockchain* aos serviços e transações do governo.

Um desafio será garantir que os sistemas educacionais sejam capazes de fornecer uma força de trabalho qualificada endógena, incluindo uma massa crítica de técnicos para a Indústria 4.0. Existem sinais de que os sistemas de ensino médio não estão funcionando tão bem quanto nos países vizinhos.

Nos últimos cinco anos, testemunhou-se uma expansão significativa no ensino superior, mas, apesar do generoso financiamento público para universidades, a proporção alocada para P&D permanece baixa na maioria dos países. Consequentemente, tecnologias inovadoras não estão sendo desenvolvidas ou exportadas pelos países árabes. Mesmo as economias mais prósperas da região dependem maciçamente da compra do exterior de pacotes de insumos tecnológicos. Parece até ter ocorrido uma regressão na transferência de tecnologia nos últimos anos. Isso sugere a necessidade de priorizar a construção de comunidades de pesquisa endógenas, cuja produção é determinada pela demanda da sociedade.

Faltam evidências para subsidiar as políticas em muitos países onde não há coleta e análise periódica de dados. Além disso, as pesquisas de P&D existentes tendem a excluir o setor empresarial, criando um “ponto cego” nas políticas. Havia planos para se desenvolver um Painel de Avaliação da Inovação para os Estados Árabes, mas isso ainda não se concretizou.

Confrontados com padrões climáticos cada vez mais inconstantes que estão causando estragos à segurança alimentar, os países da África Ocidental (Capítulo 18) estão desenvolvendo *expertise* em ciência do clima com apoio internacional. Por exemplo, a Comunidade Econômica dos Estados da África Ocidental (Cedeao) fez parceria com o governo alemão para criar o Centro de Serviços Científicos da África Ocidental sobre Mudança Climática e Uso Adaptado do Solo, que abrange um Programa de Pesquisa Climática, um Programa de Pós-Graduação e redes de observação.

Com a Zona de Livre Comércio Continental Africana no horizonte próximo, os países estão correndo para reestruturar suas economias. O Fundo Soberano do Senegal para Investimentos Estratégicos (Fonsis, criado em 2012) usa as receitas estatais de petróleo e gás para investir em fundos de capital voltados para PMEs em setores prioritários, como energia solar, agricultura e saúde. Uma subsidiária, a Sogenas, é especializada na produção e na comercialização de vacas leiteiras geneticamente modificadas para resistir ao calor e à seca.

Existe um grande potencial de mercado para produtos à base de plantas. A Universidade Félix Houphouët-Boigny, na Costa do Marfim, está desenvolvendo biopesticidas à base de plantas, bem como fitomedicamentos de baixo custo, para o mercado africano.

Burkina Faso (10), Gana (36), Costa do Marfim (30), Nigéria (101), Mali (11), Senegal (22) e Togo (21) hospedam um número crescente de centros de tecnologia, mas a quase inexistência de *business angels* locais e capital inicial continuam a ser um desafio para as *startups*.

Por meio de suas agendas digitais, países como Cabo Verde, Gâmbia, Gana, Nigéria e Senegal preparam-se para o dia em que grande parte do comércio intra-africano poderá ocorrer na internet, incluindo pela criação de centros de dados gerenciados localmente.

Com mais da metade da população abaixo dos 20 anos de idade, os governos estão investindo em universidades físicas e virtuais para fazer frente à crescente demanda por ensino superior. Burkina Faso está se inspirando no modelo do Senegal para a sua própria universidade virtual.

Atualmente, 9 entre 15 países têm políticas explícitas de CTI, mas apenas 5 disponibilizaram dados recentes sobre tendências de pesquisa.

A *Política Setorial de Pesquisa e Inovação* de Burkina Faso (2018-2027) introduziu o que chama de “programas federativos de pesquisa” com outros ministérios para melhorar a execução do programa. Os Ministérios da Saúde e da Agricultura estão, cada um, liderando um programa em parceria com o Ministério de Ensino Superior, Pesquisa Científica e Inovação. O país também aumentou os gastos com pesquisa para 0,61% do PIB, antes que uma onda de ataques terroristas, ocorrida em 2019, o obrigasse a realocar fundos para a segurança nacional.

Os países da **África Central e Oriental** (Capítulo 19) estão aproveitando a infraestrutura de telecomunicações mais difundida para introduzir a governança eletrônica, em um esforço para melhorar os serviços públicos e tornar mais fácil fazer negócios, como parte dos preparativos para a futura Zona de Livre Comércio Continental Africana. Esse projeto se sobrepõe a esforços para reduzir o custo das telecomunicações, melhorar o fornecimento de energia elétrica e desenvolver estradas, ferrovias, aeroportos e portos.

A Etiópia fundou a Academia Ferroviária Africana, para formar engenheiros para assumir a operação da linha ferroviária construída por parceiros chineses ligando Adis Abeba e Djibuti, assim que os chineses deixarem o país, em 2023.

Esforços extenuantes estão sendo realizados para desenvolver pequenos e grandes projetos hidrelétricos, parques solares e eólicos e usinas geotérmicas. A Grande Barragem da Renascença Etíope está quase concluída e, no Quênia, a energia geotérmica chega agora a 35% das residências.

Agricultura inteligente para o clima, agroecologia, proteção da biodiversidade, medicina e gestão hídrica são o foco dos centros de excelência estabelecidos em 2017 na Etiópia, no Quênia e em Uganda dentro de um projeto do Banco Mundial. O desenvolvimento de medicamentos inovadores é o foco de um dos centros na Etiópia, que, desde 2016, hospeda o Centro Africano para Controle e Prevenção de Doenças e planeja desenvolver uma indústria farmacêutica.

Por sua vez, os centros de excelência do Banco Mundial em Ruanda (criados em 2017) estão se concentrando em pesquisas de energia, matemática, internet das coisas e ciência de dados. Ruanda também hospeda o Instituto de Pesquisa Fundamental da África Oriental, estabelecido em 2018 por meio de um projeto com o Centro Internacional Abdus Salam de Física Teórica da UNESCO; seu foco em pesquisa e ensino se estende a áreas relacionadas à IA.

Cinco em 15 países têm políticas claras de CTI: Burundi, Etiópia, Quênia, Ruanda e Uganda. Muitos têm políticas de CTI implícitas, como energia, educação ou economia digital. Como exemplos, pode-se citar a *Política de TIC na Educação* de Ruanda (2016), o *Plano Estratégico Cameroun Digital 2020* (2017), a *Estratégia Nacional 4IR* de Uganda (2020) e a *Política Energética* do Chade (2019), que enfatiza o potencial do país para a energia renovável.

Na África Subsaariana, Cameroun tem o maior volume por milhão de habitantes de publicações sobre IA e robótica, bem como em tópicos relacionados à energia; sua intensidade de publicação é até quatro vezes superior à da África do Sul em ambas as áreas.

Em 2019, havia 28 centros de tecnologia ativos em Cameroun. Outros países da África Central têm cinco ou menos centros. Suas economias permanecem dependentes do petróleo e de outras matérias-primas, o que atrasa a necessária diversificação econômica.

Ao todo, em 2020, havia 166 centros de tecnologia ativos em 12 países da África Central e Oriental. Quatro em cada dez (42%) deles estavam localizados no Quênia. É preciso que os governos apoiem esse vibrante ecossistema de *startups*, inclusive ao tornar mais fácil e menos oneroso para os inventores o registro de suas propriedades intelectuais na África.

Embora os serviços dominem a economia na **África Austral** (Capítulo 20), é a manufatura que foi identificada como a principal força motriz de crescimento da região.

Deu-se início a uma integração mais estreita. Um Fundo de Desenvolvimento Regional foi operacionalizado em 2017, e o esboço do Protocolo sobre a Indústria deu ao Secretariado da Comunidade de Desenvolvimento da África Austral (SADC) um mandato legal para implementar programas industriais regionais. Embora uma zona de livre comércio tenha sido estabelecida em 2008, nem todos os países-membros da comunidade participam dela.

Vários países estão explorando a governança eletrônica para melhorar a prestação de serviços públicos e tornar mais fácil fazer negócios, incluindo Madagascar e Namíbia. No entanto, a falta de concorrência do setor privado tornou os serviços digitais inacessíveis financeiramente para muitos cidadãos e empresas, mesmo com a expansão da cobertura geográfica da infraestrutura de comunicação.

A África do Sul é o único país com um forte histórico de patentes. Malawi e Namíbia tomaram medidas para fortalecer seu regime de propriedade intelectual. Em Essuatíni, em 2018, um ano após a aprovação da legislação que estabelece um tribunal



de propriedade intelectual, não houve aprovação de um decreto para a sua aplicação. Também em 2018, os ministros adotaram o Marco e as Diretrizes Regionais de Direitos de Propriedade Intelectual da SADC, para promover a cooperação mútua na reforma dos regimes nacionais de propriedade intelectual.

Desde 2010, metade dos países<sup>15</sup> publicou políticas claras de CTI. Outros têm planos de desenvolver ou atualizar suas próprias estratégias, incluindo a República Democrática do Congo (RDC), Malawi, Lesoto, Tanzânia e Zâmbia.

Apenas as Ilhas Maurício, as Seicheles e a África do Sul têm uma taxa de eletrificação acima de 50%. Desde que a SADC abriu um Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética na Namíbia em 2015, a participação das energias renováveis no fornecimento de energia da região aumentou de 24% para 39% (2018).

Por meio de parcerias com o Banco Africano de Desenvolvimento, com o Banco Mundial e outros, os países estão ampliando a rede elétrica e as soluções fora da rede. Os planos da RDC de construir a enorme barragem de Grande Inga causaram preocupações sociais e ambientais.

A energia hidrelétrica representou aproximadamente 81% da capacidade de geração instalada da Zâmbia em 2019, mas a chuva insuficiente a tornou um recurso não confiável. Também em 2019, o governo introduziu um esquema de pagamentos de energias renováveis (*feed-in tariff*) para projetos de energia solar e hidrelétricas de pequena escala. Em 2020, o país adotou uma *Política Nuclear Nacional*, para ajudar a reduzir a dependência da energia hidrelétrica.

As práticas agrícolas inteligentes com relação ao clima têm aumentado sua importância na agenda política, após graves episódios de secas e inundações. O *Plano de Investimento em Agricultura Inteligente para o Clima* da Zâmbia (2019) prevê que a mudança climática pode reduzir os rendimentos das principais culturas em 25%, mas que, crucialmente, a agricultura inteligente para o clima pode aumentar os rendimentos agrícolas em 23%.

A África do Sul está liderando o desenvolvimento de uma Plataforma Africana de Ciência Aberta para facilitar a colaboração internacional e a pesquisa com uso intensivo de dados. O país também hospeda o *Square Kilometer Array*, o maior telescópio do mundo. Tais fatos têm grande potencial para estimular a mobilidade científica, bem como a colaboração e aplicações científicas intra-africanas em áreas como IA e *big data*.

Os países do **Sul da Ásia** (Capítulo 21) são os principais beneficiários dos empréstimos concedidos pela Iniciativa Cinturão e Rota, da China, para financiar grandes atualizações de infraestrutura. Um carro-chefe é o Corredor Econômico China–Paquistão, que está desenvolvendo estradas, portos e usinas que usam carvão e petróleo, entre outras infraestruturas.

Com frequência, o impulso para o desenvolvimento de infraestrutura e industrialização está ocorrendo em um caminho paralelo à pesquisa e desenvolvimento. O subfinanciamento crônico de P&D significa que a região é, em grande parte, receptora de tecnologias e conhecimento científico estrangeiros.

Bangladesh, Nepal, Paquistão e Sri Lanka têm políticas claras de CTI, mas a falta de instrumentos adequados impede a sua implementação. Devido ao tamanho modesto dos orçamentos públicos de pesquisa e ao pequeno grupo de pesquisadores, há também o risco de que os fundos sejam

pulverizados em centros de pesquisa que operam em uma ampla gama de áreas.

Uma das prioridades é promover a transferência de tecnologia para as PMEs. No Sri Lanka, por exemplo, o *Marco de Política Nacional para o Desenvolvimento de PMEs* (2016) é acompanhado por um fundo nacional de desenvolvimento tecnológico, cofinanciado pelo governo e pelo setor privado.

As indústrias farmacêuticas de Bangladesh, Paquistão e Sri Lanka têm potencial, mas continuam dependentes de importação de matérias-primas. Em Bangladesh, o Parque Industrial de Ingredientes Farmacêuticos Ativos em Munshiganj deve estar operante em 2023. O parque permitirá que as próprias empresas produzam os principais componentes químicos dos medicamentos, reduzindo assim o custo dos medicamentos nacionais e aumentando sua competitividade internacional.

No Sri Lanka, as exportações de produtos farmacêuticos estão estagnadas desde 2016, mas, com a crise da COVID-19 estimulando a demanda, em 2020, o governo e o setor privado investiram US\$ 30 milhões em uma nova fábrica de produtos farmacêuticos.

As economias digitais estão emergindo. Por exemplo, o Butão agora tem um Fab Lab para desenvolvedores de projetos digitais, e o Paquistão abriga vários “unicórnios tecnológicos” – *startups* avaliadas em mais de US\$ 1 bilhão. Esse *boom* levou alguns governos a fazerem planos para uma infraestrutura “inteligente”, como de cidades e escolas. Um desafio será garantir que esses planos incorporem os princípios da sustentabilidade.

Em 2016, o aumento do custo das importações de combustíveis fósseis, juntamente com o declínio das chuvas, que tornou a energia hidrelétrica uma opção insustentável, inspiraram o Sri Lanka a lançar um projeto comunitário (*Soorya Bala Sangramaya*, ou Batalha pela Energia Solar), que promove o uso de pequenas usinas de energia solar nos telhados para famílias e empresas, por meio de parcerias público-privadas.

Na **Índia** (Capítulo 22), em 2015, o governo lançou o programa Índia Digital para transformar o ecossistema de serviços públicos. A tecnologia *blockchain* agora está amplamente integrada ao governo central.

Em 2016, o governo embarcou em uma das experiências econômicas mais ousadas dos tempos modernos ao desmonetizar duas das maiores cédulas em circulação, em um esforço para reduzir o tamanho da economia informal. O governo então mudou seu foco para a criação de uma economia totalmente sem dinheiro em espécie. Entre 2014 e 2017, a parcela de indianos com conta em banco passou de 53% para 80%. Esses avanços ocorreram em um cenário de forte crescimento do acesso à internet, o que impulsionou a economia digital, incluindo o comércio eletrônico.

Entre outras coisas, o programa Fabricar na Índia tem buscado promover o investimento em manufatura e na infraestrutura correspondente. Embora o programa possa ter ajudado a melhorar o ambiente de negócios, teve pouco impacto tangível no setor manufatureiro. Desde o início da pandemia da COVID-19, o setor manufatureiro tem desenvolvido tecnologias econômicas (de baixo custo), incluindo respiradores.

Desde 2016, a iniciativa *Start-up Índia* aumentou o número de *startups*, mas estas continuam concentradas no setor de serviços, em geral, e no desenvolvimento de *softwares*, em particular.



A intensidade geral da pesquisa permanece estagnada, e a densidade de cientistas e engenheiros continua a ser uma das mais baixas entre os países do grupo Brics, apesar de leve um crescimento.

O governo reduziu os incentivos fiscais para empresas que realizam P&D, o que é consistente com a conclusão do último *Relatório de Ciências da UNESCO* (2015), de que o regime tributário “não resultou na disseminação de uma cultura de inovação entre empresas e setores industriais”. Produtos farmacêuticos e *softwares* ainda respondem pela maioria das patentes. Embora a atividade criativa dos inventores indianos tenha aumentado, as corporações multinacionais estrangeiras continuam sendo cessionárias da grande maioria das patentes.

O fenômeno do “crescimento sem empregos” que assola a Índia desde 1991 piorou. Além disso, em 2017, o tamanho da força de trabalho se contraiu pela primeira vez desde a independência do país. Outra preocupação é a baixa empregabilidade dos graduados, incluindo aqueles matriculados em disciplinas de ciências, tecnologia, engenharia e matemática (em inglês, STEM), embora esse indicador tenha melhorado no período 2014-2019. A ambiciosa Missão Nacional de Desenvolvimento de Competências tem como objetivo treinar cerca de 400 milhões de indianos entre 2015 e 2022.

Em 2018, o investimento em fontes renováveis superou o de combustíveis fósseis. Os esforços da Índia são considerados compatíveis com 2°C, mas insuficientes para cumprir a meta do Acordo de Paris, de 1,5°C.

O governo está planejando adicionar 46 GW de capacidade energética alimentada a carvão até 2027, embora os planos para outras usinas a carvão tenham sido cancelados em 2017, após serem considerados antieconômicos.

A poluição do ar e da água continua sendo um desafio que ameaça a vida na Índia. O governo está se esforçando para alcançar a eletrificação universal e a difusão de veículos elétricos e híbridos.

O programa *Fabricado na China 2025* (2015) se propõe a ajudar dez indústrias estratégicas a reduzir a dependência da **China** (Capítulo 23) quanto a certas tecnologias estrangeiras essenciais por meio de subsídios governamentais, mobilização de empresas estatais e busca pela aquisição de propriedade intelectual. Esses setores de manufatura de ponta incluem carros elétricos, engenharia aeroespacial, biomedicina, robótica avançada e IA.

Em 2030, a China pretende ser “o principal centro mundial de inovação em IA”. Ela já é a maior proprietária de patentes de IA do mundo, mas carece de talentos de primeira linha nesse campo. O governo do país lançou megaprogramas de ciência e engenharia para 2030, que incluem computação quântica e ciência do cérebro.

Alta tecnologia, transferência tecnológica e proteção à propriedade intelectual estão entre as fontes de tensão na atual disputa comercial entre a China e os EUA. A Lei de Investimento Estrangeiro (2020) tem como finalidade tornar mais fácil fazer negócios na China.

As próprias indústrias estratégicas chinesas desejam maior proteção governamental para sua propriedade intelectual. A Lei de Combate à Concorrência Desleal foi alterada em abril de 2019, e a Lei de Patentes, em 2020, para oferecer melhor proteção para segredos comerciais e direitos dos proprietários de patentes, respectivamente. A China também estabeleceu seus primeiros tribunais especializados em propriedade intelectual.

A Lei de Promoção da Transformação de Conquistas Científicas e Tecnológicas (1993), também conhecida como *Lei Bayh-Dole*, foi alterada em 2015 para ajudar universidades e institutos de pesquisa públicos a transferir tecnologia para organizações industriais. Isso pode encorajar os governos central e locais, assim como as empresas, a investirem mais em pesquisa básica, que, em 2018, representou apenas 6% do GERD.

A China tem como meta a neutralidade de carbono até 2060. Para atingir sua outra meta de 20% de consumo de energia não fóssil até 2030, o país está desenvolvendo energia nuclear, hidrelétrica, eólica e solar. Paralelamente, o número de licenças concedidas para novas usinas a carvão aumentou desde 2019.

As empresas chinesas estão sendo encorajadas a se envolver em cooperação científica com países parceiros da Iniciativa Cinturão e Rota. A adoção de uma série de diretrizes, em 2017, visa a colocar essa iniciativa em uma trajetória “mais verde”.

Após o surto de COVID-19 na cidade de Wuhan, em fevereiro de 2020, o Congresso Nacional do Povo adotou medidas restringindo o comércio de animais selvagens e proibindo o consumo de carne de caça e as vendas no mercado de animais selvagens de criação, como as civetas.

O **Japão** (Capítulo 24) está enfrentando um conjunto bastante singular de desafios estruturais. O mercado japonês está encolhendo à medida que a população envelhece, o que leva as empresas a adquirirem empresas no exterior para “comprar tempo e mão de obra”. Como resultado disso, o investimento está deixando o Japão, esvaziando a base industrial do país. Para piorar a situação, os fluxos de entrada de investimentos permanecem baixos, o que sugere que o ambiente de negócios pode estar perdendo sua atratividade no exterior.

Para enfrentar esses desafios, em 2017, o governo adotou a Sociedade 5.0, um projeto para uma sociedade superinteligente. Ele é o elemento central da nova estratégia de crescimento do país, que prevê uma transformação para um sistema socioeconômico sustentável e inclusivo, habilitado por tecnologias digitais, incluindo IA e robótica. Por exemplo, veículos autônomos e drones podem ser usados para levar serviços essenciais para áreas despovoadas, como entregas de correio e cuidados para os idosos. A “agricultura inteligente” está sendo explorada para compensar a escassez de mão de obra. Além disso, a IA já está sendo usada para melhorar a prontidão e a resposta a desastres.

O aumento do preço da energia elétrica na indústria representa um grande desafio. Após o Grande Terremoto do Leste do Japão em 2011, as usinas nucleares suspenderam suas operações para inspeções e melhorias obrigatórias no período 2013-2015. Para compensar, as importações de petróleo, gás e carvão aumentaram, enquanto a autossuficiência diminuiu. Desde 2016, o governo tem reativado reatores nucleares para reforçar a segurança energética. Os planos para construir novas usinas de carvão podem comprometer as metas de redução das emissões de gases de efeito estufa. A própria Prefeitura de Fukushima planeja ser totalmente alimentada por energias renováveis até 2040.

Os gastos do governo com pesquisa diminuiram, refletindo a situação fiscal restritiva. A indústria foi o único setor a ver um aumento nas despesas com pesquisa ao longo de 2014-2017, com um forte crescimento observado nas despesas relacionadas ao espaço, à medida que as empresas abraçaram o “negócio espacial”.

Em 2019, o governo lançou o programa *Moonshot* para desenvolver tecnologias disruptivas, com foco na resolução de problemas ligados a desafios como desastres naturais de grande escala, ciberterrorismo e aquecimento global. Ao definir metas ambiciosas, o programa espera atrair pesquisadores de todo o mundo.

As universidades desenvolveram laços mais estreitos com o setor privado, o que se reflete no número crescente de *startups* universitárias ao longo de 2013-2018. Esse avanço segue os esforços em curso desde 2004 para reformar o sistema de ensino superior, que levaram à semiprivatização das universidades nacionais.

Essas reformas também afetaram a produtividade acadêmica, ao provocarem a diversificação da carga de trabalho dos pesquisadores. O Japão é um dos poucos países que viram o volume de suas publicações científicas diminuir desde 2011.

Paralelamente, as matrículas em programas de mestrado e doutorado caíram, o que sugere que os jovens podem ter se desiludido com a carreira acadêmica.

**A Coreia do Sul** (Capítulo 25) ostenta a segunda maior intensidade de pesquisa do mundo. O investimento em pesquisa contribuiu com cerca de 40% do PIB nacional no período 2013-2017.

Desde 2017, o governo tem buscado um crescimento impulsionado pela inovação e pela renda, como parte da política governamental anterior.<sup>16</sup> A *Visão de Futuro da Ciência e Tecnologia: Rumo a 2040* (2010) foi revisada para enfatizar a qualidade de vida, o consumo com base em valores sociais e o apoio às PMEs.

A estratégia revisada não contém nenhuma referência à tecnologia nuclear, o que reflete as dúvidas emergentes sobre a segurança dessa espécie de energia<sup>17</sup>, embora a Coreia do Sul seja líder na fabricação de reatores nucleares. As tecnologias de hidrogênio e células de combustível têm recebido atenção do atual governo, por serem percebidas como uma forma de compensar a perda de energia nuclear.

Os ODS relacionados à energia limpa e acessível, bem como à ação climática (ODS 7 e 13), estão se mostrando um desafio; metas ambiciosas para 2040 relativas à geração de energia renovável exigirão consideráveis investimentos em infraestrutura. Um plano do governo que está em andamento visa a ajudar os agricultores a transformarem áreas agrícolas degradadas em fazendas solares.

De forma alinhada com a estratégia *I-Korea 4.0* (2017) para a Indústria 4.0, o país começou a instalar uma rede destinada à internet das coisas e está comercializando redes 5G. A Lei de Proteção de Informações Pessoais (2017) foi alterada em janeiro de 2020 para autorizar o uso comercial e a análise de informações pessoais.

Uma tendência preocupante é a queda observada na competitividade científica e tecnológica desde 2010, embora os gastos com pesquisa tenham aumentado.

Consequentemente, o governo tem se esforçado para reestruturar o ecossistema de inovação, inclusive por meio do estabelecimento, em 2017, de um Escritório Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, para melhorar a coordenação do sistema. Outras medidas incluem a fusão de sistemas administrativos *online* para pesquisa; a ampliação da autonomia dos pesquisadores, de modo a permitir que eles elaborem seus próprios projetos em ciências básicas;

a avaliação da pesquisa com foco nos processos, não nos resultados; e uma mudança em direção à “inovação disruptiva” para recuperar a competitividade.

Estabelecer maior autonomia regional tem sido outra prioridade política. O governo criou polos nacionais de inovação centrados nas prioridades regionais. Para apoiar esse empreendimento, instituições públicas e empresas estatais foram realocadas nas províncias. O Ministério das Pequenas e Médias Empresas (criado em 2017) está apoiando essa iniciativa, e existem planos para que as PMEs, de modo mais geral, desempenhem um papel mais importante na inovação nacional.

**No Sudeste Asiático e na Oceania** (Capítulo 26), a Parceria Econômica Regional Abrangente, assinada em novembro de 2020, tem o potencial de estreitar ainda mais as relações das economias da Associação das Nações do Sudeste Asiático (Asean) com Austrália, China, Coreia do Sul, Japão e Nova Zelândia.

O recente recorde de publicações sugere que foram forjados laços bilaterais mais fortes entre as comunidades científicas da Asean, desde que a Comunidade Econômica da Associação entrou em vigor em 2015. No âmbito multilateral, no entanto, houve poucas iniciativas eficazes desde 2015 para preencher as lacunas de capacidades, uma vez que a Asean tem um orçamento operacional limitado e os Estados-membros não tendem a compartilhar recursos.

A intensidade da pesquisa caiu na Austrália e em Singapura, e progrediu na Malásia, na Nova Zelândia, na Tailândia e no Vietnã, criando maior convergência.

Há uma consciência crescente de que a transformação digital inerente à Indústria 4.0 apresenta um grande desafio para as empresas, para o governo e para a sociedade em geral. Nos países menos desenvolvidos, a prioridade é aumentar a capacidade técnica e gerencial da força de trabalho e acelerar a penetração da internet, para aproveitar ao máximo essa “revolução”.

Vários países da Asean lançaram iniciativas para integrar as tecnologias da Indústria 4.0 à manufatura. Por exemplo, a estratégia *Transformação Indonésia 4.0* visa a aumentar o desempenho industrial, ao realizar a transição para atividades especializadas, de alta tecnologia e de alto valor agregado. Em 2019, o governo introduziu uma redução de 300% no imposto sobre despesas empresariais com pesquisa.

Outro exemplo é o *Mapeamento de Padrões para o Índice da Indústria Inteligente* de Singapura, que define boas práticas com relação à confiabilidade, à interoperabilidade, à segurança e à cibersegurança em áreas relacionadas à Indústria 4.0.

Vários países estão depositando suas esperanças em zonas econômicas especiais para atrair investimentos e promover a inovação, incluindo Camboja, Tailândia e Indonésia. O Corredor Econômico de Inovação do Leste da Tailândia tem como objetivo estabelecer ligações dentro do sistema nacional de inovação, com a bioindústria sendo uma área de foco.

Ao se esforçarem para melhorar a facilidade de se fazer negócios, todos os governos precisarão ter o cuidado de manter um marco regulatório que proteja o meio ambiente e a força de trabalho.

A maioria dos países elaborou um plano estratégico ou marco de monitoramento de desempenho para os ODS, mas poucos foram capazes de fornecer um relatório abrangente sobre seu progresso. Embora os formuladores de políticas reconheçam a necessidade de desenvolver capacidades

em energia renovável, a transição a partir dos combustíveis fósseis apresenta um desafio.

Os países das **Ilhas do Pacífico** estão entre os mais comprometidos com a energia solar e eólica. Para eles, essas tecnologias oferecem a promessa tentadora de maior independência energética e menor dependência de importações onerosas de combustíveis.

**Susan Schneegans** (nascida em 1963, na Nova Zelândia) é editora-chefe da série Relatório de Ciências da UNESCO. Em 2013 e 2014, ela coeditou três relatórios que traçaram o perfil dos sistemas nacionais de inovação de Botsuana, Malawi e Zimbábue, no âmbito do *Global Observatory of Science, Technology and Innovation Policy Instruments* da UNESCO. De 2002 a 2013, foi editora do jornal *A World of Science* da UNESCO, que também foi fundado por ela. Ela tem mestrado em artes pela Universidade de Auckland (Nova Zelândia).

**Jake Lewis** (nascido em 1994, no Reino Unido) trabalha como editor adjunto do Relatório de Ciências da UNESCO. Ele possui um diploma de nível avançado em filosofia pela Universidade de Cambridge (Reino Unido). Entre 2018 e 2019, ele foi editor e gerente de comunidade do InsSciDE, um projeto de pesquisa em diplomacia científica no âmbito do programa Horizonte 2020, da União Europeia.

**Tiffany Straza** (nascida em 1987, no Canadá) trabalha como editora adjunta e estatística do Relatório de Ciências da UNESCO. Ela é doutora em oceanografia pela Universidade do Delaware (EUA), com especialização em ecologia microbiana marinha. Seu trabalho tem se concentrado na comunicação científica e na construção de sistemas inclusivos de gestão ambiental, o que a levou a fornecer suporte técnico sobre a gestão sonora de oceanos e ilhas na região das Ilhas do Pacífico, de 2013 a 2019.

## NOTAS

- 1 NT: O Relatório completo está disponível apenas em inglês na Biblioteca Digital da UNESCO: [unesdoc.unesco.org](https://unesdoc.unesco.org).
- 2 Ver: <<https://tinyurl.com/covid-health-innovation-afr>>.
- 3 Por fim, a ZTE evitou a falência após pagar uma multa consequencial e concordar em permitir que o governo dos Estados Unidos monitorasse suas operações.
- 4 Em fevereiro de 2021, 66 PMEs e empresas de nível médio de setores tradicionais, como imobiliário, turismo, educação e saúde receberam o *Subsídio de Automação Inteligente*, como parte do *Plano Nacional de Recuperação Econômica do Governo (Perjana)* em resposta à pandemia da COVID-19 (ver Capítulo 26).
- 5 Os primeiros países a lançarem suas estratégias de IA foram EUA, Canadá, Japão e China. Desde então, juntaram-se a eles a maioria dos Estados-membros da UE, além de Índia, Ilhas Maurício, Rússia, Arábia Saudita, Emirados Árabes e Vietnã. Outros estão em processo de elaboração de sua própria estratégia de IA, incluindo Bangladesh, Malásia e Tunísia.
- 6 Para que a Convenção de Malabo entre em vigor, 15 países africanos devem ratificá-la. Em maio de 2020, apenas oito o haviam feito: Angola, Gana, Guiné, Ilhas Maurício, Moçambique, Namíbia, Ruanda e Senegal.
- 7 Na Índia, a maioria dos robôs foi instalada em quatro setores, em ordem decrescente: automotivo; produtos químicos, borracha e plásticos; metal; e elétrica e eletrônica.
- 8 O Butão é o único país no mundo com emissões negativas de carbono. Sua Constituição exige que "um mínimo de 60% do território total do país seja permanentemente mantido com cobertura florestal".
- 9 NT: Os investidores-anjo (*business angels*) são pessoas físicas ou jurídicas que realizam investimentos com o próprio capital em empresas nascentes com alto potencial de crescimento, como as *startups*.
- 10 Ver em: <[https://en.unesco.org/sites/default/files/usr15\\_tracking\\_trends\\_in\\_innovation\\_and\\_mobility.pdf](https://en.unesco.org/sites/default/files/usr15_tracking_trends_in_innovation_and_mobility.pdf)>.
- 11 Pela primeira vez em quase uma década, a NASA está devolvendo as capacidades de voo espacial tripulado para os EUA, com a evolução da próxima geração do Sistema de Lançamento Espacial. O sistema está quase completo e deve ser muito superior aos dos extintos Ônibus Espaciais (ver Capítulo 5).
- 12 O Aerocluster de Querétaro foi criado em 2012, quando empresas multinacionais – que incluem Airbus, Delta e Bombardier – juntaram forças com empresários locais, centros de pesquisa e a Universidade Especializada em Aeronáutica de Querétaro para formar este *cluster* de inovação (ver Capítulo 7).
- 13 Referência aos cinco principais escritórios de patentes mundiais, ou seja, Escritório de Patentes e Marcas Comerciais dos EUA, Escritório Europeu de Patentes, Escritório Japonês de Patentes, Escritório Coreano de Propriedade Intelectual e Escritório Estatal de Propriedade Intelectual da China.
- 14 A *Lei de Cientistas Balik (que Retornam)* (2018) se baseia no Programa Científico Balik (1975). Ele cobre o custo de repatriamento voluntário de pessoal filipino de CTI para as Filipinas. O Departamento de Ciência e Tecnologia espera atrair 235 cientistas balik entre 2018 e 2022 (ver Capítulo 26).
- 15 África do Sul, Angola, Botsuana, Essuatíni, Namíbia, Seicheles, Tanzânia e Zimbábue.
- 16 Conforme explorado na edição anterior do Relatório de Ciências da UNESCO (2015), a administração do Parque Guen-hye tinha como objetivo gerar uma economia criativa, por meio de uma mudança cultural em direção a um maior nível de empreendedorismo.
- 17 Essas dúvidas surgiram após o desastre na Usina Nuclear de Fukushima Daiichi, ocorrido em 2011, no Japão (ver Capítulo 24).

## APÊNDICE

Tabela 1.1: Tendências globais em população, PIB e penetração da internet, 2015 e 2018

	População (milhões)		Proporção da população global (%)		PIB (PPC\$ bilhões constantes de 2017)		Proporção do PIB global (%)		Usuários de internet por 100 pessoas	
	2015	2018	2015	2018	2015	2018	2015	2018	2015	2019
<b>Mundo</b>	<b>7.371,65</b>	<b>7.623,14</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>111.572,24</b>	<b>123.921,67</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>41,68</b>	<b>48,40</b>
Renda alta	1.317,84	1.336,22	17,88	17,53	58.393,14	62.180,54	52,34	50,18	78,87	87,99
Renda média-alta	2.489,47	2.547,57	33,77	33,42	34.635,03	39.839,99	31,04	32,15	51,57	60,38
Renda média-baixa	2.679,21	2.792,32	36,34	36,63	16.470,51	19.425,00	14,76	15,68	23,45	29,06
Renda baixa	885,12	947,04	12,01	12,42	2.073,55	2.476,14	1,86	2,00	12,83	17,53
<b>Américas</b>	<b>975,79</b>	<b>1.001,65</b>	<b>13,24</b>	<b>13,14</b>	<b>29.586,63</b>	<b>31.384,17</b>	<b>26,52</b>	<b>25,33</b>	<b>62,44</b>	<b>75,32</b>
América do Norte	356,90	364,17	4,84	4,78	20.474,17	21.918,82	18,35	17,69	76,11	89,41
América Latina	581,05	598,77	7,88	7,85	8.841,44	9.163,95	7,92	7,39	55,69	67,91
Caribe	37,84	38,71	0,51	0,51	271,01	301,40	0,24	0,24	37,23	57,66
<b>Europa</b>	<b>822,27</b>	<b>829,46</b>	<b>11,15</b>	<b>10,88</b>	<b>28.681,87</b>	<b>30.779,74</b>	<b>25,71</b>	<b>24,84</b>	<b>72,23</b>	<b>82,16</b>
União Europeia	508,56	511,68	6,90	6,71	21.093,72	22.607,01	18,91	18,24	77,77	85,05
Sudeste Europeu	17,90	17,72	0,24	0,23	231,31	254,15	0,21	0,21	63,23	74,80
Associação Europeia de Comércio Livre	13,86	14,24	0,19	0,19	886,25	939,28	0,79	0,76	91,26	95,11
Leste Europeu	281,95	285,82	3,82	3,75	6.470,59	6.979,30	5,80	5,63	61,89	76,81
<b>África</b>	<b>1.180,80</b>	<b>1.274,21</b>	<b>16,02</b>	<b>16,71</b>	<b>5.612,87</b>	<b>6.130,69</b>	<b>5,03</b>	<b>4,95</b>	<b>23,96</b>	<b>24,20</b>
África Subsaariana	953,42	1.033,08	12,93	13,55	3.555,34	3.834,12	3,19	3,09	20,52	18,21
Estados Árabes na África	227,38	241,13	3,08	3,16	2.057,53	2.296,58	1,84	1,85	38,40	50,04
<b>Ásia</b>	<b>4.353,78</b>	<b>4.477,14</b>	<b>59,06</b>	<b>58,73</b>	<b>46.311,07</b>	<b>54.127,88</b>	<b>41,51</b>	<b>43,68</b>	<b>35,81</b>	<b>42,94</b>
Ásia Central	71,48	75,22	0,97	0,99	774,47	876,02	0,69	0,71	42,81	54,04
Estados Árabes na Ásia	153,42	162,22	2,08	2,13	3.400,25	3.571,97	3,05	2,88	55,69	70,07
Ásia Ocidental	103,04	107,09	1,40	1,40	1.535,48	1.799,86	1,38	1,45	51,25	72,94
Sul da Ásia	1.749,36	1.814,01	23,73	23,80	8.996,76	10.979,85	8,06	8,86	16,22	20,21
Leste e Sudeste da Ásia	2.276,49	2.318,60	30,88	30,42	31.604,10	36.900,18	28,33	29,78	48,74	57,31
<b>Oceania</b>	<b>39,03</b>	<b>40,72</b>	<b>0,53</b>	<b>0,53</b>	<b>1.379,94</b>	<b>1.499,34</b>	<b>1,24</b>	<b>1,21</b>	<b>65,64</b>	<b>69,41</b>
<b>Outros grupos</b>										
Países menos desenvolvidos	942,30	1.011,00	12,78	13,26	2.433,00	2.815,98	2,18	2,27	13,71	17,74
Todos os Estados Árabes	380,80	403,35	5,17	5,29	5.457,78	5.868,55	4,89	4,74	45,37	58,09
OCDE	1.275,10	1.296,63	17,30	17,01	55.038,06	58.890,90	49,33	47,52	76,50	85,62
G20	4.723,61	4.826,67	64,08	63,32	91.421,33	101.355,99	81,94	81,79	47,63	54,84
Org. Coop. Islâmica	1.734,69	1.838,15	23,53	24,11	15.927,97	17.885,89	14,28	14,43	30,36	38,14
<b>Países selecionados</b>										
Argentina	43,08	44,36	0,58	0,58	1.032,32	1.012,07	0,93	0,82	68,04	74,29 <sup>-2</sup>
Austrália	23,93	24,90	0,32	0,33	1.143,65	1.238,54	1,03	1,00	84,56	86,55 <sup>-2</sup>
Brasil	204,47	209,47	2,77	2,75	3.079,19	3.057,47	2,76	2,47	58,33	70,43 <sup>-1</sup>
Canadá	36,03	37,07	0,49	0,49	1.705,54	1.813,03	1,53	1,46	90,00	91,00 <sup>-2</sup>
China	1.406,85	1.427,65	19,08	18,73	17.403,45	21.229,73	15,60	17,13	50,30	54,30 <sup>-2</sup>
Egito	92,44	98,42	1,25	1,29	977,16	1.118,72	0,88	0,90	37,82	57,30
França	64,45	64,99	0,87	0,85	2.898,40	3.051,03	2,60	2,46	78,01	83,30
Alemanha	81,79	83,12	1,11	1,09	4.183,10	4.448,72	3,75	3,59	87,59	88,10
Índia	1.310,15	1.352,64	17,77	17,74	7.146,03	8.787,69	6,40	7,09	17,00	20,10 <sup>-1</sup>
Indonésia	258,38	267,67	3,51	3,51	2.622,49	3.043,74	2,35	2,46	21,98	47,70
Irã	78,49	81,80	1,06	1,07	996,70	-	0,89	-	45,33	70,00 <sup>-1</sup>
Israel	7,98	8,38	0,11	0,11	315,37	351,25	0,28	0,28	77,35	86,80
Itália	60,58	60,63	0,82	0,80	2.456,24	2.549,69	2,20	2,06	58,14	74,39 <sup>-1</sup>
Japão	127,99	127,20	1,74	1,67	5.044,06	5.197,07	4,52	4,19	91,06	91,28 <sup>-1</sup>
Coreia do Sul	50,82	51,17	0,69	0,67	1.982,96	2.162,01	1,78	1,74	89,90	96,20
Malásia	30,27	31,53	0,41	0,41	750,49	868,20	0,67	0,70	71,06	84,20
México	121,86	126,19	1,65	1,66	2.350,43	2.522,84	2,11	2,04	57,43	70,10
Rússia	144,99	145,73	1,97	1,91	3.743,06	3.915,64	3,35	3,16	70,10	82,60
Arábia Saudita	31,72	33,70	0,43	0,44	1.551,67	1.604,01	1,39	1,29	69,62	95,70
África do Sul	55,39	57,79	0,75	0,76	711,16	729,80	0,64	0,59	51,92	56,17 <sup>-2</sup>
Turquia	78,53	82,34	1,07	1,08	2.042,98	2.329,55	1,83	1,88	53,74	74,00
Reino Unido	65,86	67,14	0,89	0,88	2.924,55	3.077,77	2,62	2,48	92,00	92,50
EUA	320,88	327,10	4,35	4,29	18.768,63	20.105,79	16,82	16,22	74,55	88,50 <sup>-1</sup>

Nota: "Europa Oriental" refere-se aos países que não são membros da UE. As estimativas globais e regionais são derivadas de dados nacionais sem extrapolação para outros países. OCDE significa Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

Fonte: Indicadores de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial, agosto de 2020.

Tabela 1.2: Tendências globais em gastos em pesquisa, 2014 e 2018

	Gastos domésticos brutos em P&D (GERD) (PPP\$ bilhões)			Proporção do GERD global (%)		GERD como proporção do PIB (%)		GERD per capita (PPP\$)			GERD por pesquisador (ETI) (PPP\$ milhares)		
	2014	2018	Mudanças (%)	2014	2018	2014	2018	2014	2018	Mudanças (%)	2014	2018	Mudanças (%)
<b>Mundo</b>	<b>1.482,68</b>	<b>1.767,27</b>	<b>19,19</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>1,73</b>	<b>1,79</b>	<b>236,16</b>	<b>269,52</b>	<b>14,13</b>	<b>164,40</b>	<b>166,96</b>	<b>1,56</b>
Renda alta	1.011,23	1.137,40	12,48	68,20	64,36	2,31	2,40	805,72	890,75	10,55	194,28	195,71	0,74
Renda média-alta	407,70	551,59	35,29	27,50	31,21	1,39	1,57	170,74	223,81	31,08	187,48	199,15	6,22
Renda média-baixa	62,20	76,56	23,09	4,20	4,33	0,48	0,49	27,94	32,40	15,96	126,63	123,21	-2,70
Renda baixa	1,55	1,72	10,97	0,10	0,10	0,22	0,22	3,66	3,81	4,10	145,21	138,34	-4,73
<b>Américas</b>	<b>476,69</b>	<b>531,35</b>	<b>11,47</b>	<b>32,15</b>	<b>30,07</b>	<b>2,05</b>	<b>2,12</b>	<b>536,66</b>	<b>576,51</b>	<b>7,43</b>	<b>245,02</b>	<b>230,33</b>	<b>-6,00</b>
América do Norte	425,21	483,43	13,69	28,68	27,35	2,63	2,73	1.200,02	1.327,48	10,62	284,19	295,60	4,01
América Latina	51,44	47,89	-6,90	3,47	2,71	0,73	0,66	96,60	86,72	-10,23	217,39	184,61	-15,08
Caribe	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,08	0,09	22,75	23,52	3,38	44,57	45,47	2,02
<b>Europa</b>	<b>345,51</b>	<b>390,28</b>	<b>12,96</b>	<b>23,30</b>	<b>22,08</b>	<b>1,72</b>	<b>1,78</b>	<b>423,13</b>	<b>472,56</b>	<b>11,68</b>	<b>125,38</b>	<b>124,80</b>	<b>-0,46</b>
União Europeia	290,35	330,83	13,94	19,58	18,72	1,94	2,02	572,19	646,65	13,01	153,86	150,40	-2,25
Sudeste Europeu	0,82	1,05	28,05	0,06	0,06	0,57	0,65	64,57	86,45	33,89	55,69	54,72	-1,74
Associação Europeia de Comércio Livre	16,63	18,82	13,17	1,12	1,07	2,65	2,87	1.208,43	1.317,70	9,04	225,11	230,21	2,27
Leste Europeu	37,70	39,57	4,96	2,54	2,24	0,97	0,95	134,43	138,96	3,37	70,91	73,66	3,88
<b>África</b>	<b>14,90</b>	<b>17,85</b>	<b>19,80</b>	<b>1,01</b>	<b>1,01</b>	<b>0,54</b>	<b>0,59</b>	<b>24,93</b>	<b>26,82</b>	<b>7,58</b>	<b>137,19</b>	<b>141,05</b>	<b>2,81</b>
África Subsaariana	6,51	7,34	12,75	0,44	0,42	0,49	0,51	14,36	14,49	0,91	156,79	147,32	-6,04
Estados Árabes na África	8,39	10,51	25,27	0,57	0,59	0,59	0,65	57,51	67,48	17,34	78,35	92,60	18,19
<b>Ásia</b>	<b>627,58</b>	<b>808,05</b>	<b>28,76</b>	<b>42,33</b>	<b>45,72</b>	<b>1,62</b>	<b>1,70</b>	<b>159,01</b>	<b>196,99</b>	<b>23,89</b>	<b>159,28</b>	<b>167,32</b>	<b>5,05</b>
Ásia Central	0,95	0,81	-14,74	0,06	0,05	0,17	0,12	14,72	11,72	-20,38	25,83	24,44	-5,38
Estados Árabes na Ásia	6,94	10,17	46,54	0,47	0,58	0,40	0,53	106,66	143,09	34,16	176,41	144,28	-18,21
Ásia Ocidental	15,54	26,05	67,63	1,05	1,47	0,94	1,37	150,77	242,22	60,66	71,18	93,41	31,23
Sul da Ásia	45,61	56,49	23,85	3,08	3,20	0,64	0,60	30,18	35,59	17,93	144,92	140,30	-3,19
Leste e Sudeste da Ásia	558,54	714,52	27,93	37,67	40,43	2,03	2,13	253,47	315,45	24,45	174,77	193,03	10,45
<b>Oceania</b>	<b>18,01</b>	<b>19,75</b>	<b>9,66</b>	<b>1,21</b>	<b>1,12</b>	<b>1,74</b>	<b>1,81</b>	<b>496,95</b>	<b>514,61</b>	<b>3,55</b>	<b>42,05</b>	<b>46,90</b>	<b>11,53</b>
<b>Outros grupos</b>													
Países menos desenvolvidos	1,80	2,03	12,78	0,12	0,11	0,19	0,21	3,89	4,08	4,88	137,35	132,04	-3,87
Todos os Estados Árabes	15,33	20,69	34,96	1,03	1,17	0,48	0,59	72,61	91,15	25,53	109,07	109,09	0,02
OCDE	988,49	1.114,38	12,74	66,67	63,06	2,36	2,43	779,71	859,34	10,21	206,90	204,27	-1,27
G20	1.393,89	1.647,65	18,21	94,01	93,23	1,93	1,99	299,38	343,87	14,86	182,53	188,45	3,24
Org. Coop. Islâmica	48,73	69,04	41,68	3,29	3,91	0,45	0,60	45,96	59,20	28,81	92,17	89,86	-2,51
<b>Países selecionados</b>													
Argentina	4,28	4,03 <sup>-1</sup>	-5,84	0,29	0,23 <sup>-1</sup>	0,59	0,54 <sup>-1</sup>	100,28	91,63 <sup>-1</sup>	-8,63	83,09	76,86 <sup>-1</sup>	-7,50
Austrália	-	17,30	-	-	0,98 <sup>-1</sup>	-	1,87 <sup>-1</sup>	-	703,57 <sup>-1</sup>	-	-	-	-
Brasil	35,56	33,30	-6,36	2,40	1,88 <sup>-1</sup>	1,27	1,26 <sup>-1</sup>	175,35	160,23 <sup>-1</sup>	-8,62	197,54	-	-
Canadá	23,47	22,85 <sup>-1</sup>	-2,64	1,58	1,29	1,72	1,57	658,16	616,40	-6,34	144,91	150,68 <sup>-1</sup>	3,98
China	313,94	439,02	39,84	21,18	24,84	2,03	2,19	224,33	307,51	37,08	205,96	235,26	14,23
Egito	5,14	6,99	35,99	0,35	0,40	0,64	0,72	56,89	71,03	24,85	84,26	103,44	22,76
França	47,55	48,88	2,80	3,21	2,77	2,28	2,20	740,75	752,06	1,53	174,97	159,49	-8,85
Alemanha	85,96	99,99	16,32	5,80	5,66	2,87	3,09	1.055,35	1.202,88	13,98	244,26	230,80	-5,51
Índia	43,55	54,04	24,09	2,94	3,06	0,70	0,65	33,62	39,95	18,83	-	158,11	-
Indonésia	-	6,26	-	-	0,35	-	0,23	-	23,40	-	-	108,36	-
Irã	-	11,40 <sup>-1</sup>	-	-	0,64 <sup>-1</sup>	-	0,83 <sup>-1</sup>	-	141,28 <sup>-1</sup>	-	-	95,79 <sup>-1</sup>	-
Israel	10,19	13,81	35,53	0,69	0,78	4,17	4,95	1.297,90	1.647,67	26,95	-	-	-
Itália	22,15	24,15	9,03	1,49	1,37	1,34	1,40	366,62	398,30	8,64	187,40	172,67	-7,86
Japão	143,48	144,12	0,45	9,68	8,16	3,40	3,26	1.119,47	1.133,01	1,21	210,10	212,53	1,16
Coreia do Sul	68,98	86,62	25,57	4,65	4,90	4,29	4,53	1.363,09	1.692,64	24,18	199,68	212,10	6,22
Malásia	8,23	-	-	0,56	-	1,26	-	275,50	-	-	134,12	-	-
México	7,04	5,59	-20,60	0,47	0,32	0,44	0,31	58,50	44,27	-24,32	224,85	-	-
Rússia	24,00	22,57	-5,96	1,62	1,28	1,07	0,99	165,89	154,88	-6,64	53,94	55,62	3,11
África do Sul	4,64	5,16 <sup>-1</sup>	11,21	0,31	0,29 <sup>-1</sup>	0,77	0,83 <sup>-1</sup>	85,12	90,55 <sup>-1</sup>	6,38	196,96	174,89 <sup>-1</sup>	-11,21
Turquia	10,83	14,22 <sup>-1</sup>	31,30	0,73	0,80 <sup>-1</sup>	0,86	0,96 <sup>-1</sup>	140,19	175,26 <sup>-1</sup>	25,02	120,76	127,05 <sup>-1</sup>	5,21
Reino Unido	36,00	40,24	11,78	2,43	2,28	1,66	1,72	550,28	599,32	8,91	130,16	130,19	0,02
EUA	401,74	460,58 <sup>-1</sup>	14,65	27,10	26,06 <sup>-1</sup>	2,72	2,84 <sup>-1</sup>	1.260,66	1.408,08 <sup>-1</sup>	11,69	299,78	309,94 <sup>-1</sup>	3,39

Nota: Os valores do GERD estão em PPC\$ (preços constantes de 2005). Muitos dos dados subjacentes são estimados pelo Instituto de Estatísticas da UNESCO, em particular para países em desenvolvimento. Além disso, em uma quantidade significativa de países em desenvolvimento, os dados não abrangem todos os setores da economia.

Fonte: Estimativas globais e regionais baseadas em dados nacionais do Instituto de Estatísticas da UNESCO, agosto de 2020, sem extrapolação.



Tabela 1.3: Tendências globais em pessoal de pesquisa, 2014 e 2018

	Pesquisadores (ETI, milhares)			Proporção dos pesquisadores globais (%)		Mulheres, por contagem de funcionários (%)	Pesquisadores por milhão de habitantes (ETI)			Técnicos por milhão de habitantes (ETI)		
	2014	2018	Mudanças (%)	2014	2018	2018	2014	2018	Mudanças (%)	2014	2018	Mudanças (%)
<b>Mundo</b>	<b>7.789,79</b>	<b>8.854,29</b>	<b>13,67</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>33,25</b>	<b>1.245,3</b>	<b>1.368,0</b>	<b>9,86</b>	<b>301,7</b>	<b>311,3</b>	<b>3,18</b>
Renda alta	4.885,91	5.333,83	9,17	62,72	60,24	29,59	3.994,7	4.301,1	7,67	1.021,7	1.047,1	2,49
Renda média-alta	2.256,87	2.762,41	22,40	28,97	31,20	42,65	955,0	1.141,1	19,49	358,1	425,3	18,77
Renda média-baixa	633,92	739,42	16,64	8,14	8,35	42,79	275,8	312,2	13,20	83,5	73,8	-11,62
Renda baixa	13,09	18,64	42,37	0,17	0,21	19,54	33,1	45,1	36,13	20,1	22,7	12,94
<b>Américas</b>	<b>1.797,28</b>	<b>1.918,33</b>	<b>6,74</b>	<b>23,07</b>	<b>21,67</b>	<b>49,80</b>	<b>2.046,7</b>	<b>2.131,6</b>	<b>4,15</b>	<b>33,1</b>	<b>45,1</b>	<b>36,25</b>
América do Norte	1.502,09	1.603,66	6,76	19,28	18,11	-	4.239,1	4.432,2	107,72	1.353,0	1.280,2	-5,38
América Latina	294,49	313,95	6,61	3,78	3,55	49,77	563,7	592,9	5,19	531,2	556,6	4,78
Caribe	0,70	0,72	2,02	0,01	0,01	50,24	509,2	519,5	2,02	273,8	268,4	-1,97
<b>Europa</b>	<b>2.446,37</b>	<b>2.746,56</b>	<b>12,27</b>	<b>31,40</b>	<b>31,02</b>	<b>34,85</b>	<b>3.034,4</b>	<b>3.372,0</b>	<b>11,12</b>	<b>930,4</b>	<b>977,0</b>	<b>5,01</b>
União Europeia	1.772,36	2.081,75	17,46	22,75	23,51	33,78	3.492,9	4.069,2	16,50	1.336,2	1.413,6	5,79
Sudeste Europeu	16,21	18,23	12,47	0,21	0,21	51,21	1.290,8	1.487,2	15,21	236,7	275,3	16,31
Associação Europeia de Comércio Livre	74,43	83,05	11,58	0,96	0,94	36,59	5.406,9	5.876,6	8,69	2.525,0	2.631,7	4,23
Leste Europeu	583,37	563,53	-3,40	7,49	6,36	39,04	2.153,5	2.053,8	-4,63	357,1	362,8	1,60
<b>África</b>	<b>194,59</b>	<b>221,28</b>	<b>13,72</b>	<b>2,50</b>	<b>2,50</b>	<b>41,82</b>	<b>307,9</b>	<b>326,4</b>	<b>6,01</b>	<b>86,0</b>	<b>93,3</b>	<b>8,49</b>
África Subsaariana	46,54	59,93	28,77	0,60	0,68	33,48	102,3	123,8	20,97	36,4	38,5	5,77
Estados Árabes na África	148,05	161,36	8,99	1,90	1,82	44,87	837,0	866,2	3,49	202,7	214,5	5,82
<b>Ásia</b>	<b>3.326,52</b>	<b>3.941,58</b>	<b>18,49</b>	<b>42,70</b>	<b>44,52</b>	<b>28,43</b>	<b>845,0</b>	<b>969,9</b>	<b>14,79</b>	<b>130,2</b>	<b>133,6</b>	<b>2,61</b>
Ásia Central	29,07	27,68	-4,77	0,37	0,31	44,90	609,1	545,0	-10,52	104,0	75,4	-27,50
Estados Árabes na Ásia	29,53	40,33	36,58	0,38	0,46	34,17	354,7	458,2	29,18	148,8	149,3	0,34
Ásia Ocidental	68,21	126,51	85,48	0,88	1,43	33,95	826,6	1.494,0	80,74	160,1	491,5	207,00
Sul da Ásia	336,37	415,29	23,46	4,32	4,69	39,14	219,7	262,8	19,61	86,0	67,7	-21,28
Leste e Sudeste da Ásia	2.863,35	3.331,77	16,36	36,76	37,63	26,31	1.297,9	1.475,6	13,70	209,8	224,1	6,82
<b>Oceania</b>	<b>25,03</b>	<b>26,53</b>	<b>6,01</b>	<b>0,32</b>	<b>0,30</b>	<b>33,25</b>	<b>1.978,9</b>	<b>2.005,6</b>	<b>1,35</b>	<b>382,4</b>	<b>464,6</b>	<b>21,50</b>
<b>Outros grupos</b>												
Países menos desenvolvidos	21,65	28,21	30,35	0,28	0,32	21,98	49,1	62,28	26,27	20,6	23,3	13,11
Todos os Estados Árabes	177,58	201,69	13,58	2,28	2,28	42,60	681,9	735,89	7,93	185,4	193,7	4,48
OCDE	4.478,64	4.987,73	11,37	57,49	56,33	28,96	3.622,6	3.958,54	9,29	926,9	976,2	5,32
G20	6.973,47	7.865,54	12,79	89,52	88,83	30,82	1.504,3	1.653,93	9,95	405,0	406,8	0,44
Org. Coop. Islâmica	533,53	681,62	27,76	6,85	7,70	40,17	499,5	608,92	21,93	94,1	140,9	49,73
<b>Países selecionados</b>												
Argentina	51,46	52,4 <sup>1</sup>	1,79	0,66	0,59 <sup>1</sup>	54,07 <sup>1</sup>	1.206,9	1.192,23 <sup>1</sup>	-1,22	318,8	398,1	24,87
Brasil	179,99	-	-	2,31	-	-	887,7	-	-	969,9	-	-
Canadá	161,98	158,89 <sup>1</sup>	-1,91	2,08	1,80 <sup>1</sup>	-	4.541,9	4.325,64 <sup>1</sup>	-4,76	1.353,0	1.268,4 <sup>1</sup>	-6,25
China	1.524,28	1.866,11	22,43	19,55	21,12	-	1.089,2	1.307,12	20,01	-	-	-
Egito	61,06	67,59	10,70	0,78	0,76	45,6	675,2	686,72	1,70	351,6	369,6	5,12
França	271,77	306,45	12,76	3,49	3,47	28,3 <sup>1</sup>	4.233,6	4.715,32	11,38	1.809,3	1.805,5 <sup>1</sup>	-0,21
Alemanha	351,92	433,23	23,10	4,51	4,90	27,9 <sup>1</sup>	4.320,7	5.211,87	20,63	1.883,2	2.018,0	7,16
Índia	-	341,82	-	-	3,87	-	-	252,70	-	95,5	73,1	-23,46
Indonésia	-	57,82	-	-	0,65	45,8	-	215,99	-	16,3 <sup>1+2</sup>	34,7	112,88
Irã	-	118,99 <sup>1</sup>	-	-	1,35 <sup>1</sup>	31,2 <sup>1</sup>	-	1.474,91 <sup>1</sup>	-	160,6 <sup>1</sup>	496,8 <sup>1</sup>	209,34
Itália	118,18	139,85	18,34	1,52	1,58	34,3 <sup>1</sup>	1.956,4	2.306,77	17,91	-	-	-
Japão	682,94	678,13	-0,70	8,76	7,67	16,6	5.328,4	5.331,15	0,05	537,0	524,3	-2,36
Coreia do Sul	345,46	408,37	18,21	4,43	4,62	20,4	6.826,3	7.980,40	16,91	1.228,2	1.251,1	1,86
Malásia	61,35	-	-	0,79	-	48,2 <sup>2</sup>	2.054,2	-	-	212,2	233,4	9,99
México	31,32	-	-	0,40	-	-	260,2	-	-	115,6	140,3 <sup>2</sup>	21,37
Rússia	444,87	405,77	-8,79	5,71	4,59	39,2	3.075,1	2.784,33	-9,46	496,6	437,8	-11,84
África do Sul	23,57	29,52 <sup>1</sup>	25,21	0,30	0,33 <sup>1</sup>	44,9 <sup>1</sup>	432,2	517,72 <sup>1</sup>	19,80	141,7	129,5 <sup>1</sup>	-8,61
Turquia	89,66	111,89 <sup>1</sup>	24,80	1,15	1,27 <sup>1</sup>	37,0 <sup>1</sup>	1.160,9	1.379,41 <sup>1</sup>	18,82	208,3	353,7 <sup>1</sup>	69,80
Reino Unido	276,58	309,07	11,75	3,55	3,50	38,7 <sup>2</sup>	4.227,6	4.603,31	8,89	1.255,5	1.305,4 <sup>2</sup>	3,97
EUA	1.340,10	1.434,42 <sup>1</sup>	7,04	17,19	16,23 <sup>1</sup>	-	4.205,3	4.412,44 <sup>1</sup>	4,93	-	-	-

Nota: Os pesquisadores são contados por equivalentes em tempo integral (ETI). As estimativas globais e regionais são baseadas nos dados de ETI disponíveis para os países. A proporção de mulheres pesquisadoras é baseada nos dados de contagens de funcionários disponíveis para o ano mais recente, entre 2015 e 2018. Consultar a Tabela 1.1 para os dados regionais.

Fonte: Estimativas globais e regionais baseadas em dados nacionais do Instituto de Estatísticas da UNESCO, agosto de 2020, sem extrapolação.

Tabela 1.4: Tendências globais em publicações científicas, 2015 e 2019

	Volume		Mudanças (%)	Proporção global (%)		Publicações por milhão de habitantes		Publicações com coautores internacionais (%)		Tecnologias transversais estratégicas				
	2015	2019	2015-2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	Volume		Mudanças (%)	Proporção global (%)	
										2015	2019	2015-2019	2015	2019
<b>Mundo</b>	<b>2.178.625</b>	<b>2.629.248</b>	<b>20,68</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>295,24</b>	<b>340,90</b>	<b>21,69</b>	<b>23,48</b>	<b>351.447</b>	<b>467.883</b>	<b>33,13</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Renda alta	1.509.655	1.654.704	9,61	69,29	62,93	1.139,12	1.226,93	30,40	35,46	212.582	244.026	14,79	60,49	52,16
Renda média-alta	702.587	1.000.301	42,37	32,25	38,05	282,22	389,91	24,89	27,41	140.207	208.580	48,77	39,89	44,58
Renda média-baixa	174.394	299.319	71,63	8,00	11,38	65,09	105,76	29,11	29,63	33.977	75.894	123,37	9,67	16,22
Renda baixa	13.923	23.799	70,93	0,64	0,91	15,73	24,58	72,13	69,96	1.014	2.739	170,12	0,29	0,59
<b>Américas</b>	<b>658.936</b>	<b>724.263</b>	<b>9,91</b>	<b>30,25</b>	<b>27,55</b>	<b>672,69</b>	<b>714,78</b>	<b>34,99</b>	<b>39,44</b>	<b>77.773</b>	<b>87.323</b>	<b>12,28</b>	<b>22,13</b>	<b>18,66</b>
América do Norte	565.726	609.538	7,74	25,97	23,18	1.568,56	1.648,32	36,52	41,29	66.316	71.063	7,16	18,87	15,19
América Latina	107.634	135.039	25,46	4,94	5,14	185,24	223,39	36,75	40,82	12.516	17.534	40,09	3,56	3,75
Caribe	2.833	3.110	9,78	0,13	0,12	74,87	79,78	59,20	71,16	237	301	27,00	0,07	0,06
<b>Europa</b>	<b>822.170</b>	<b>918.168</b>	<b>11,68</b>	<b>37,74</b>	<b>34,92</b>	<b>995,42</b>	<b>1.099,43</b>	<b>37,35</b>	<b>41,14</b>	<b>117.410</b>	<b>140.646</b>	<b>19,79</b>	<b>33,41</b>	<b>30,06</b>
União Europeia	700.849	752.472	7,37	32,17	28,62	1.368,20	1.457,36	41,01	46,54	99.892	108.910	9,03	28,42	23,28
Sudeste Europeu	8.125	8.967	10,36	0,37	0,34	453,84	507,60	43,47	52,68	1.160	1.156	-0,34	0,33	0,25
Associação Europeia de Comércio Livre	54.041	61.685	14,14	2,48	2,35	3.897,85	4.299,42	66,28	69,91	6.055	6.811	12,49	1,72	1,46
Leste Europeu	105.579	152.895	44,82	4,85	5,82	374,47	533,12	25,33	24,54	15.432	30.547	97,95	4,39	6,53
<b>África</b>	<b>61.236</b>	<b>92.133</b>	<b>50,46</b>	<b>2,81</b>	<b>3,50</b>	<b>51,86</b>	<b>70,53</b>	<b>53,95</b>	<b>55,40</b>	<b>8.966</b>	<b>14.537</b>	<b>62,13</b>	<b>2,55</b>	<b>3,11</b>
África Subsaariana	30.805	47.374	53,79	1,41	1,80	32,31	44,67	58,89	60,52	3.112	5.916	90,10	0,89	1,26
Estados Árabes na África	30.951	45.665	47,54	1,42	1,74	136,12	185,84	49,81	50,98	5.910	8.704	47,28	1,68	1,86
<b>Ásia</b>	<b>900.254</b>	<b>1.262.260</b>	<b>40,21</b>	<b>41,32</b>	<b>48,01</b>	<b>206,78</b>	<b>279,46</b>	<b>22,61</b>	<b>24,43</b>	<b>184.247</b>	<b>281.245</b>	<b>52,65</b>	<b>52,43</b>	<b>60,11</b>
Ásia Central	2.528	5.780	128,64	0,12	0,22	35,37	75,62	60,96	61,28	536	1.456	171,64	0,15	0,31
Estados Árabes na Ásia	32.414	58.153	79,41	1,49	2,21	211,28	352,07	70,77	62,15	6.923	12.443	79,73	1,97	2,66
Leste e Sudeste da Ásia	699.375	964.627	37,93	32,10	36,69	307,22	413,75	22,03	24,17	147.103	211.303	43,64	41,86	45,16
Sul da Ásia	126.301	191.638	51,73	5,80	7,29	72,20	104,42	21,45	24,46	24.939	52.818	111,79	7,10	11,29
Ásia Ocidental	59.727	82.087	37,44	2,74	3,12	579,63	757,01	30,15	34,89	8.687	11.431	31,59	2,47	2,44
<b>Oceania</b>	<b>80.984</b>	<b>98.304</b>	<b>21,39</b>	<b>3,72</b>	<b>3,74</b>	<b>2.074,98</b>	<b>2.381,70</b>	<b>53,55</b>	<b>61,61</b>	<b>9.298</b>	<b>11.924</b>	<b>28,24</b>	<b>2,65</b>	<b>2,55</b>
<b>Outros grupos</b>														
Países menos desenvolvidos	13.826	23.572	70,49	0,63	0,90	14,67	22,78	72,90	71,30	1.081	2.881	166,51	0,31	0,62
Estados Árabes	58.447	95.817	63,94	2,68	3,64	153,49	233,19	57,21	53,66	11.944	19.840	66,11	3,40	4,24
OCDE	1.439.908	1.549.257	7,59	66,09	58,92	1.122,70	1.182,48	30,49	35,72	195.786	215.660	10,15	55,71	46,09
G20	1.989.718	2.381.962	19,71	91,33	90,59	420,57	489,53	23,33	25,31	316.697	419.013	32,31	90,11	89,56
Org. Coop. Islâmica	183.243	300.234	63,84	8,41	11,42	105,63	160,31	36,35	36,80	33.640	59.098	75,68	9,57	12,63
<b>Países selecionados</b>														
Argentina	10.982	12.280	11,82	0,50	0,47	254,95	274,23	46,60	50,47	897	1.071	19,40	0,26	0,23
Austrália	71.691	87.187	21,61	3,29	3,32	2.995,55	3.459,36	53,94	62,23	8.366	10.736	28,33	2,38	2,29
Brasil	61.006	74.270	21,74	2,80	2,82	298,36	351,91	30,75	35,21	6.699	8.596	28,32	1,91	1,84
Canadá	82.595	94.578	14,51	3,79	3,60	2.292,61	2.528,08	51,84	57,94	9.533	10.699	12,23	2,71	2,29
China	431.654	644.655	49,35	19,81	24,52	306,82	449,62	20,23	22,98	98.669	149.832	51,85	28,08	32,02
Egito	14.728	23.224	57,69	0,68	0,88	159,32	231,34	52,17	53,33	2.402	3.787	57,66	0,68	0,81
França	101.491	101.081	-0,40	4,66	3,84	1.510,19	1.486,96	54,50	60,34	14.016	12.788	-8,76	3,99	2,73
Alemanha	144.201	152.348	5,65	6,62	5,79	1.763,12	1.824,15	50,56	54,79	19.974	20.814	4,21	5,68	4,45
Índia	110.282	161.066	46,05	5,06	6,13	84,17	117,87	17,67	18,88	22.725	47.333	108,29	6,47	10,12
Indonésia	6.080	37.513	516,99	0,28	1,43	23,53	138,62	40,10	17,03	1.811	9.195	407,73	0,52	1,97
Irã	41.292	60.562	46,67	1,90	2,30	526,06	730,42	20,60	28,17	6.629	9.091	37,14	1,89	1,94
Israel	16.393	18.671	13,90	0,75	0,71	2.054,65	2.191,59	51,96	54,26	1.852	1.949	5,24	0,53	0,42
Itália	91.895	103.577	12,71	4,22	3,94	1.516,96	1.710,60	46,34	50,27	12.500	13.718	9,74	3,56	2,93
Japão	117.020	119.347	1,99	5,37	4,54	914,32	940,78	26,27	31,24	17.564	18.129	3,22	5,00	3,87
Coreia do Sul	71.719	81.327	13,40	3,29	3,09	1.411,15	1.587,63	26,89	29,33	12.992	15.793	21,56	3,70	3,38
Malásia	22.405	30.172	34,67	1,03	1,15	740,15	944,36	39,01	43,84	7.428	9.912	33,44	2,11	2,12
México	18.321	23.508	28,31	0,84	0,89	150,35	184,27	40,28	44,95	2.662	3.414	28,25	0,76	0,73
Rússia	60.156	96.394	60,24	2,76	3,67	414,91	660,81	27,17	23,73	9.558	20.666	116,22	2,72	4,42
Arábia Saudita	17.681	25.205	42,55	0,81	0,96	557,45	735,51	76,22	75,84	3.672	4.994	36,00	1,04	1,07
África do Sul	14.706	21.062	43,22	0,68	0,80	265,52	359,68	54,13	57,42	1.622	2.623	61,71	0,46	0,56
Turquia	36.308	43.245	19,11	1,67	1,64	462,35	518,34	21,16	25,12	3.876	5.927	52,92	1,10	1,27
Reino Unido	141.834	160.174	12,93	6,51	6,09	2.137,31	2.353,92	57,58	64,49	16.960	19.316	13,89	4,83	4,13
EUA	502.105	538.259	7,20	23,05	20,47	1.546,66	1.619,40	36,40	40,91	58.082	61.890	6,56	16,53	13,23

Nota: A soma dos valores regionais excede o número mundial porque os artigos com autores de diferentes regiões são contados para cada uma dessas regiões.

Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.

**Tabela 1.5: Tendências globais em publicações científicas sobre tecnologias transversais estratégicas selecionadas, 2015 e 2019**

	Volume											
	IA e robótica		Biotecnologia		Energia		Materiais		Nanociência e nanotecnologia		Optoeletrônica	
	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019
<b>Mundo</b>	<b>102.347</b>	<b>147.806</b>	<b>16.707</b>	<b>18.714</b>	<b>86.771</b>	<b>108.129</b>	<b>63.705</b>	<b>93.033</b>	<b>31.226</b>	<b>46.121</b>	<b>29.517</b>	<b>26.651</b>
Renda alta	65.365	74.661	9.869	9.394	49.997	57.245	31.625	40.729	21.104	27.979	18.560	15.330
Renda média-alta	33.075	50.340	6.531	9.333	36.903	53.560	32.529	48.484	13.290	24.657	11.813	11.872
Renda média-baixa	13.052	37.389	2.283	2.937	7.890	12.701	6.097	15.194	2.035	3.588	1.293	1.816
Renda baixa	280	1.037	79	120	249	607	89	284	33	103	31	67
<b>Américas</b>	<b>20.633</b>	<b>24.969</b>	<b>3.934</b>	<b>4.161</b>	<b>19.674</b>	<b>21.445</b>	<b>9.471</b>	<b>10.588</b>	<b>8.457</b>	<b>11.053</b>	<b>7.623</b>	<b>5.964</b>
América do Norte	16.628	18.727	2.876	2.603	16.859	17.434	7.623	8.088	8.075	10.514	6.901	5.354
América Latina	4.211	6.524	1.122	1.651	3.152	4.394	1.974	2.661	478	670	800	655
Caribe	92	144	36	20	53	60	26	44	6	6	4	5
<b>Europa</b>	<b>40.993</b>	<b>47.402</b>	<b>4.883</b>	<b>4.984</b>	<b>26.524</b>	<b>31.950</b>	<b>19.124</b>	<b>28.125</b>	<b>8.181</b>	<b>11.040</b>	<b>9.781</b>	<b>8.299</b>
União Europeia	36.554	37.207	4.284	4.246	21.637	25.662	14.797	17.913	7.355	9.717	8.244	6.178
Sudeste Europeu	382	336	79	86	325	313	201	302	41	37	37	30
Associação Europeia de Comércio Livre	1.851	2.034	191	215	1.635	1.837	680	804	589	861	382	334
Outros países Europeus	3.624	9.658	528	666	4.004	5.586	4.423	10.466	767	1.280	1.580	2.283
<b>África</b>	<b>3.207</b>	<b>4.752</b>	<b>551</b>	<b>844</b>	<b>2.710</b>	<b>4.443</b>	<b>1.185</b>	<b>2.451</b>	<b>400</b>	<b>604</b>	<b>310</b>	<b>445</b>
África Subsaariana	823	1.539	221	383	1.169	2.018	334	965	91	168	61	125
Estados Árabes na África	2.389	3.225	334	467	1.563	2.450	862	1.505	311	441	254	330
<b>Ásia</b>	<b>46.913</b>	<b>84.072</b>	<b>9.285</b>	<b>11.355</b>	<b>45.754</b>	<b>64.150</b>	<b>39.692</b>	<b>60.953</b>	<b>19.968</b>	<b>32.818</b>	<b>14.800</b>	<b>14.896</b>
Ásia Central	142	569	15	11	194	317	102	304	6	80	62	149
Estados Árabes na Ásia	1.908	3.936	286	458	2.466	4.125	883	2.050	719	1.008	283	294
Sudeste da Ásia	33.662	50.330	6.854	8.491	36.498	50.194	33.248	49.993	17.598	28.957	13.139	13.030
Sul da Ásia	9.956	29.049	1.896	2.179	5.045	7.976	4.599	7.961	1.566	2.875	837	1.118
Ásia Ocidental	2.173	2.402	473	657	2.579	3.744	1.667	2.250	612	927	648	565
<b>Oceania</b>	<b>2.918</b>	<b>3.469</b>	<b>368</b>	<b>412</b>	<b>2.198</b>	<b>3.066</b>	<b>1.328</b>	<b>1.671</b>	<b>1.078</b>	<b>1.809</b>	<b>466</b>	<b>308</b>
<b>Outros grupos</b>												
Países menos desenvolvidos	325	1.126	82	132	289	630	95	295	32	111	33	67
Todos os Estados Árabes	4.091	6.868	558	833	3.785	6.187	1.581	3.219	886	1.340	498	577
OCDE	60.878	66.911	9.396	9.105	45.852	51.576	28.260	32.085	18.834	24.861	16.979	13.274
G20	91.303	128.003	15.220	16.808	76.010	96.361	58.375	84.400	28.953	43.399	27.521	25.161
Org. Coop. Islâmica	9.685	20.149	1.759	2.604	11.790	15.537	5.659	13.942	1.740	2.767	1.426	1.585
<b>Países selecionados</b>												
Argentina	218	250	116	120	205	336	162	179	59	64	32	20
Austrália	2.520	3.003	325	342	2.077	2.840	1.202	1.541	1.045	1.743	432	286
Brasil	2.037	2.640	684	1.032	1.641	2.181	1.331	1.654	256	293	405	341
Canadá	2.792	3.217	413	431	2.752	2.937	1.111	1.227	794	1.143	780	630
China	20.414	29.766	3.891	5.608	24.352	38.521	24.863	35.942	11.554	22.270	9.559	10.010
Egito	610	837	166	302	760	1.247	404	784	236	279	132	201
França	5.215	4.536	512	461	2.755	2.667	2.031	1.900	1.170	1.350	1.374	945
Alemanha	6.712	6.726	827	776	3.950	4.305	3.262	3.441	1.949	2.684	1.995	1.507
Índia	9.276	26.779	1.770	1.918	4.562	6.609	4.152	7.257	1.433	2.550	717	969
Indonésia	822	3.229	57	138	670	1.098	166	4.264	16	86	42	182
Irã	1.357	1.613	406	590	2.366	3.463	1.514	1.952	369	548	312	314
Israel	745	638	59	56	165	196	122	216	236	361	308	215
Itália	4.380	4.773	496	436	3.429	3.683	1.242	1.651	953	1.128	959	664
Japão	4.891	5.917	973	953	3.778	3.293	3.481	3.295	1.841	2.225	1.847	1.603
Coreia do Sul	2.426	3.029	1.304	1.108	2.900	3.786	2.510	3.009	2.630	3.452	645	592
Malásia	1.685	4.404	357	446	3.550	1.821	1.137	2.598	258	307	236	138
México	969	1.228	204	324	605	761	362	505	120	218	234	213
Rússia	1.986	5.704	254	273	2.527	3.259	2.949	8.357	455	903	1.161	1.898
Arábia Saudita	927	1.265	192	195	1.075	1.662	519	849	584	639	159	146
África do Sul	511	701	85	145	529	959	214	441	72	84	40	93
Turquia	1.094	2.073	247	355	943	1.544	929	1.242	181	240	224	159
Reino Unido	5.700	6.192	472	578	3.903	4.947	2.166	2.458	1.488	2.072	1.410	950
EUA	14.149	15.893	2.526	2.231	14.435	14.862	6.636	7.001	7.419	9.614	6.251	4.841

Nota: A soma dos números das várias regiões excede o número total porque os artigos com autores de diferentes regiões são contados para cada uma dessas regiões. As seis tecnologias transversais aqui apresentadas foram seguidas por bioinformática, internet das coisas, estudos estratégicos, de defesa e segurança, e tecnologia blockchain. Consultar a Tabela 1.1 para os dados regionais.

	Proporção global (%)											
	IA e robótica		Biotecnologia		Energia		Materiais		Nanociência e nanotecnologia		Optoeletrônica	
	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019
<b>Mundo</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Renda alta	63,87	50,51	59,07	50,20	57,62	52,94	49,64	43,78	67,58	60,66	62,88	57,52
Renda média-alta	32,32	34,06	39,09	49,87	42,53	49,53	51,06	52,11	42,56	53,46	40,02	44,55
Renda média-baixa	12,75	25,30	13,66	15,69	9,09	11,75	9,57	16,33	6,52	7,78	4,38	6,81
Renda baixa	0,27	0,70	0,47	0,64	0,29	0,56	0,14	0,31	0,11	0,22	0,11	0,25
<b>Américas</b>	<b>20,16</b>	<b>16,89</b>	<b>23,55</b>	<b>22,23</b>	<b>22,67</b>	<b>19,83</b>	<b>14,87</b>	<b>11,38</b>	<b>27,08</b>	<b>23,97</b>	<b>25,83</b>	<b>22,38</b>
América do Norte	16,25	12,67	17,21	13,91	19,43	16,12	11,97	8,69	25,86	22,80	23,38	20,09
América Latina	4,11	4,41	6,72	8,82	3,63	4,06	3,10	2,86	1,53	1,45	2,71	2,46
Caribe	0,09	0,10	0,22	0,11	0,06	0,06	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02
<b>Europa</b>	<b>40,05</b>	<b>32,07</b>	<b>29,23</b>	<b>26,63</b>	<b>30,57</b>	<b>29,55</b>	<b>30,02</b>	<b>30,23</b>	<b>26,20</b>	<b>23,94</b>	<b>33,14</b>	<b>31,14</b>
União Europeia	35,72	25,17	25,64	22,69	24,94	23,73	23,23	19,25	23,55	21,07	27,93	23,18
Sudeste Europeu	0,37	0,23	0,47	0,46	0,37	0,29	0,32	0,32	0,13	0,08	0,13	0,11
Associação Europeia de Comércio Livre	1,81	1,38	1,14	1,15	1,88	1,70	1,07	0,86	1,89	1,87	1,29	1,25
Leste Europeu	3,54	6,53	3,16	3,56	4,61	5,17	6,94	11,25	2,46	2,78	5,35	8,57
<b>África</b>	<b>3,13</b>	<b>3,22</b>	<b>3,30</b>	<b>4,51</b>	<b>3,12</b>	<b>4,11</b>	<b>1,86</b>	<b>2,63</b>	<b>1,28</b>	<b>1,31</b>	<b>1,05</b>	<b>1,67</b>
África Subsaariana	0,80	1,04	1,32	2,05	1,35	1,87	0,52	1,04	0,29	0,36	0,21	0,47
Estados Árabes na África	2,33	2,18	2,00	2,50	1,80	2,27	1,35	1,62	1,00	0,96	0,86	1,24
<b>Ásia</b>	<b>45,84</b>	<b>56,88</b>	<b>55,58</b>	<b>60,68</b>	<b>52,73</b>	<b>59,33</b>	<b>62,31</b>	<b>65,52</b>	<b>63,95</b>	<b>71,16</b>	<b>50,14</b>	<b>55,89</b>
Ásia Central	0,14	0,38	0,09	0,06	0,22	0,29	0,16	0,33	0,02	0,17	0,21	0,56
Estados Árabes na Ásia	1,86	2,66	1,71	2,45	2,84	3,81	1,39	2,20	2,30	2,19	0,96	1,10
Sudeste da Ásia	32,89	34,05	41,02	45,37	42,06	46,42	52,19	53,74	56,36	62,78	44,51	48,89
Sul da Ásia	9,73	19,65	11,35	11,64	5,81	7,38	7,22	8,56	5,02	6,23	2,84	4,19
Ásia Ocidental	2,12	1,63	2,83	3,51	2,97	3,46	2,62	2,42	1,96	2,01	2,20	2,12
<b>Oceania</b>	<b>2,85</b>	<b>2,35</b>	<b>2,20</b>	<b>2,20</b>	<b>2,53</b>	<b>2,84</b>	<b>2,08</b>	<b>1,80</b>	<b>3,45</b>	<b>3,92</b>	<b>1,58</b>	<b>1,16</b>
<b>Outros grupos</b>												
Países menos desenvolvidos	0,32	0,76	0,49	0,71	0,33	0,58	0,15	0,32	0,10	0,24	0,11	0,25
Todos os Estados Árabes	4,00	4,65	3,34	4,45	4,36	5,72	2,48	3,46	2,84	2,91	1,69	2,17
OCDE	59,48	45,27	56,24	48,65	52,84	47,70	44,36	34,49	60,32	53,90	57,52	49,81
G20	89,21	86,60	91,10	89,82	87,60	89,12	91,63	90,72	92,72	94,10	93,24	94,41
Org. Coop. Islâmica	9,46	13,63	10,53	13,91	13,59	14,37	8,88	14,99	5,57	6,00	4,83	5,95
<b>Países selecionados</b>												
Argentina	0,21	0,17	0,69	0,64	0,24	0,31	0,25	0,19	0,19	0,14	0,11	0,08
Austrália	2,46	2,03	1,95	1,83	2,39	2,63	1,89	1,66	3,35	3,78	1,46	1,07
Brasil	1,99	1,79	4,09	5,51	1,89	2,02	2,09	1,78	0,82	0,64	1,37	1,28
Canadá	2,73	2,18	2,47	2,30	3,17	2,72	1,74	1,32	2,54	2,48	2,64	2,36
China	19,95	20,14	23,29	29,97	28,06	35,63	39,03	38,63	37,00	48,29	32,38	37,56
Egito	0,60	0,57	0,99	1,61	0,88	1,15	0,63	0,84	0,76	0,60	0,45	0,75
França	5,10	3,07	3,06	2,46	3,18	2,47	3,19	2,04	3,75	2,93	4,65	3,55
Alemanha	6,56	4,55	4,95	4,15	4,55	3,98	5,12	3,70	6,24	5,82	6,76	5,65
Índia	9,06	18,12	10,59	10,25	5,26	6,11	6,52	7,80	4,59	5,53	2,43	3,64
Indonésia	0,80	2,18	0,34	0,74	0,77	1,02	0,26	4,58	0,05	0,19	0,14	0,68
Irã	1,33	1,09	2,43	3,15	2,73	3,20	2,38	2,10	1,18	1,19	1,06	1,18
Israel	0,73	0,43	0,35	0,30	0,19	0,18	0,19	0,23	0,76	0,78	1,04	0,81
Itália	4,28	3,23	2,97	2,33	3,95	3,41	1,95	1,77	3,05	2,45	3,25	2,49
Japão	4,78	4,00	5,82	5,09	4,35	3,05	5,46	3,54	5,90	4,82	6,26	6,01
Coreia do Sul	2,37	2,05	7,81	5,92	3,34	3,50	3,94	3,23	8,42	7,48	2,19	2,22
Malásia	1,65	2,98	2,14	2,38	4,09	1,68	1,78	2,79	0,83	0,67	0,80	0,52
México	0,95	0,83	1,22	1,73	0,70	0,70	0,57	0,54	0,38	0,47	0,79	0,80
Rússia	1,94	3,86	1,52	1,46	2,91	3,01	4,63	8,98	1,46	1,96	3,93	7,12
Arábia Saudita	0,91	0,86	1,15	1,04	1,24	1,54	0,81	0,91	1,87	1,39	0,54	0,55
África do Sul	0,50	0,47	0,51	0,77	0,61	0,89	0,34	0,47	0,23	0,18	0,14	0,35
Turquia	1,07	1,40	1,48	1,90	1,09	1,43	1,46	1,34	0,58	0,52	0,76	0,60
Reino Unido	5,57	4,19	2,83	3,09	4,50	4,58	3,40	2,64	4,77	4,49	4,78	3,56
EUA	13,82	10,75	15,12	11,92	16,64	13,74	10,42	7,53	23,76	20,85	21,18	18,16

Fonte: Scopus (Elsevier), excluindo artes, ciências humanas e sociais; tratamento de dados por Science-Matrix.





## VISÃO GERAL

Em maio de 2017, uma equipe multidisciplinar interage com uma menina nascida com microcefalia, no Hospital de Apoio à Criança, no Brasil. Entre 2015 e 2018, as autoridades sanitárias foram surpreendidas pelo aumento de casos desse distúrbio neurológico, que tem sido associado ao vírus zika, que é transmitido por mosquitos. Em abril de 2018, o Brasil perdia apenas para os EUA em volume de publicações científicas sobre o zika, respondendo por 15% da produção global. © Jefferson Rudy / Agência Senado, CC por 2.0 Licença Genérica

- Atualmente, observa-se o crescente uso de tecnologias digitais, incluindo nos setores de serviços bancários, saúde e agricultura. Um satélite geostacionário disponibiliza internet banda larga às regiões mais remotas do país.
- Sirius, uma das fontes de luz síncrotron mais sofisticadas do mundo, está em vias de conclusão.
- Indicadores relacionados ao ensino de pós-graduação e à pesquisa acadêmica têm mostrado progresso constante. Entretanto, as agências de financiamento federais reduziram os gastos com pesquisa.
- Embora as disparidades regionais no ensino de pós-graduação estejam diminuindo, as empresas intensivas em pesquisa continuam concentradas no Sul.
- Vários indicadores alertam o Sistema Nacional de Inovação sobre a queda nas despesas empresariais com P&D, depósito de patentes industriais e intensidade das exportações de produtos de alta tecnologia.
- O Brasil tem uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, mas é vulnerável a desastres ecológicos.
- Ciência, tecnologia e inovação foram prejudicadas pela volatilidade das políticas e pela falta de processos de avaliação crítica.



# 8 · Brasil

Hernan Chaimovich e Renato H. L. Pedrosa

## INTRODUÇÃO

### A desaceleração econômica prejudicou a inovação empresarial

Após um período relativamente longo de crescimento econômico e estabilidade política desde meados da década de 1990, em 2015, o Brasil entrou em recessão. Essa desaceleração econômica foi seguida por uma recuperação morna, com crescimento acumulado de apenas 3,8% no período 2017-2019 (Figura 8.1).

Uma vez que a economia ainda se encontrava em recuperação em 2018-2019, é altamente provável que os gastos domésticos brutos com P&D (GERD) diminuam ainda mais em 2020, mesmo que um PIB mais baixo possa aumentar a relação GERD/PIB. Indicadores de pesquisa e desenvolvimento (P&D), tanto no governo quanto em setores empresariais, já estavam em baixa em 2017, o último ano em que foram disponibilizados dados (Figura 8.2).

Desde 2014, a desaceleração econômica tem prejudicado a capacidade de inovação do setor privado. Os dados divulgados em 2020 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) logo após a sua Pesquisa de Inovação 2017 mostram uma queda acentuada dos gastos empresariais com pesquisa. Essa pesquisa engloba principalmente empresas públicas e privadas do setor de indústrias de transformação, assim como empresas nos setores de indústrias extrativas e serviços, desde que seu trabalho envolva tecnologia.<sup>1</sup> Entre 2014 e 2017, aumentou o número de empresas no setor de transformação que relatam ter uma equipe interna de P&D, mas seus gastos internos diminuíram. No setor de serviços, a situação se inverteu (Figura 8.2).

Essa última tendência pode ser um reflexo da maior participação do setor de serviços na economia, que foi responsável por 74% do PIB em 2017, em relação a 68% do PIB em 2010. No geral, a participação da indústria caiu de 27% para 21% do PIB no mesmo período de oito anos; o subsetor de transformação não foi exceção, uma vez que sua participação no PIB caiu de 15% para 12% no mesmo período (IBGE, 2020).

A pandemia da COVID-19 mergulhou o Brasil em recessão mais uma vez, com uma previsão de contração do PIB entre 5,0% e 5,8% ao final de 2020, segundo projeções do Banco Central do Brasil (BCB, 2020) e do Fundo Monetário Internacional (IMF, 2020), respectivamente. Em 2020, ocorreu a queda simultânea de uma série de indicadores econômicos importantes, incluindo os relacionados a entradas de investimento estrangeiro direto (IED) e à relação dívida pública/PIB (Figura 8.1).

À época em que este artigo foi escrito, em meados de outubro de 2020, havia mais de 5,2 milhões de casos confirmados de COVID-19 e 153 mil vidas já haviam sido perdidas, segundo o Johns Hopkins Coronavirus Resource Center; isso corresponde a uma taxa de mortalidade de 73 por 100 mil habitantes, a segunda maior do mundo em 19 de outubro.

Discordâncias políticas sobre como conter a propagação da pandemia levaram à demissão de dois ministros da Saúde.

Ter um sistema de saúde eletrônico centralizado facilitou a adaptação dos serviços de saúde à pandemia (Quadro 8.1).

## AGENDA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

### Enfraquecimento dos elos entre políticas

O IBGE<sup>2</sup> e a Secretaria de Governo, ministério diretamente vinculado à Presidência da República, são corresponsáveis por produzir e administrar indicadores para monitorar o progresso em direção aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS<sup>3</sup>) no Brasil até 2030. Porém, nem o IBGE nem a Secretaria de Governo tem qualquer responsabilidade por desenvolver políticas e programas relacionados aos ODS, que serão discutidos mais tarde.

Em meados de 2020, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações<sup>4</sup> publicou seu *Plano Estratégico 2020-2030*, que substitui a *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022*<sup>5</sup>. Mesmo que o novo plano mencione o desenvolvimento sustentável como um objetivo abrangente, há poucas metas socioeconômicas incluídas no mapa de indicadores e metas afins<sup>6</sup>, além de não elencar nenhuma meta ambiental.

A *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022* foi influenciada pela *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Ela abrange 12 temas estratégicos, a saber: aeroespacial e defesa; água; alimentos; biomas e bioeconomia; ciências e tecnologias sociais; clima; economia e sociedade digital; energia; minerais estratégicos; nuclear; saúde, e tecnologias convergentes e habilitadoras.

Em 2018, um esboço geral do projeto da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (ENDES) foi compartilhado *online* para consulta pública (Brasil, 2018b). Muitos dos tópicos listados no documento derivaram diretamente da *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. A partir de outubro de 2020, não houve nenhuma ação adicional sobre a ENDES, e as páginas governamentais *online* dedicadas a esse documento foram retiradas do ar.

Essas revisões abruptas da política e do planejamento da área de ciência, tecnologia e inovação (CTI) são sintomas de um problema sistêmico no Brasil. A prática de fixar metas e objetivos elevados apenas para substituí-los por novos em alguns anos (Chaimovich; Pedrosa, 2015) é um exercício inútil.

As políticas precisam de tempo para ser eficazes, uma vez que as partes atuantes necessitam de estabilidade de longo prazo para implementar mudanças reais.

Sua volatilidade é agravada pela ausência de disposições claras que obriguem os responsáveis por sua implementação a prestar contas, ou de qualquer avaliação crítica sobre as razões pelas quais certos objetivos não foram alcançados a fim de superar essas deficiências na elaboração de políticas futuras.

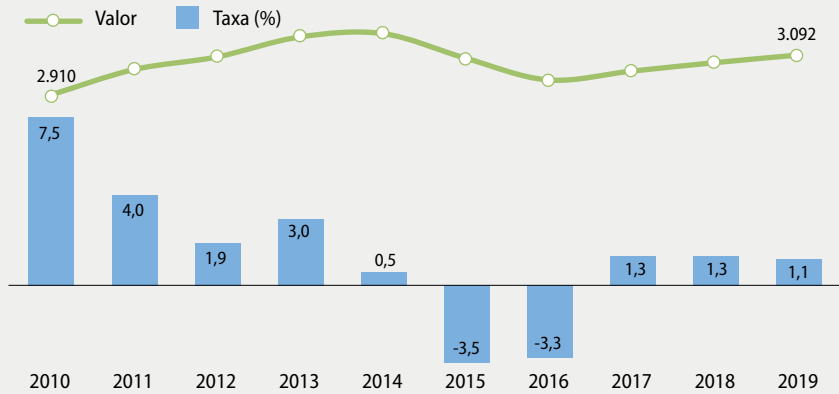
Eventos recentes também sugerem o enfraquecimento dos elos entre ciência e tecnologia, por um lado, e entre políticas e programas de inovação socioeconômica, por outro. Até recentemente, esses elos eram um dos pontos fortes do ecossistema brasileiro de inovação. Na próxima seção, algumas evidências dessa tendência são apresentadas.



**Figura 8.1: Tendências socioeconômicas no Brasil**

**Valor e crescimento do PIB, 2010-2019**

Em bilhões de PPC\$ (valores constantes de 2017) e variação (%)



Porcentagem da população brasileira que usa a internet

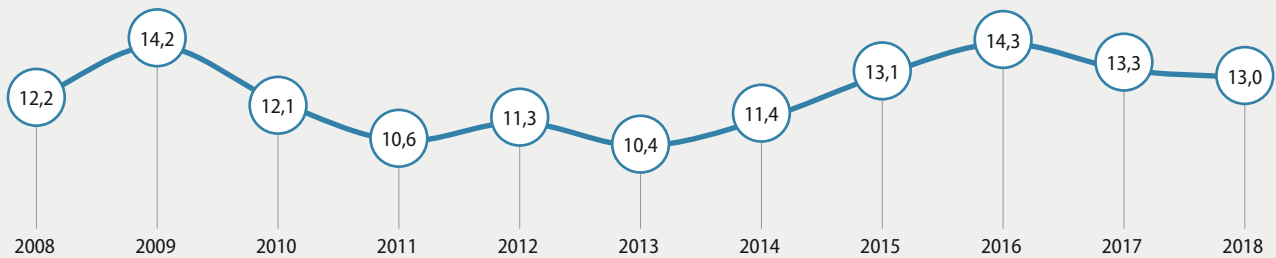
**67,9%**  
em 2019



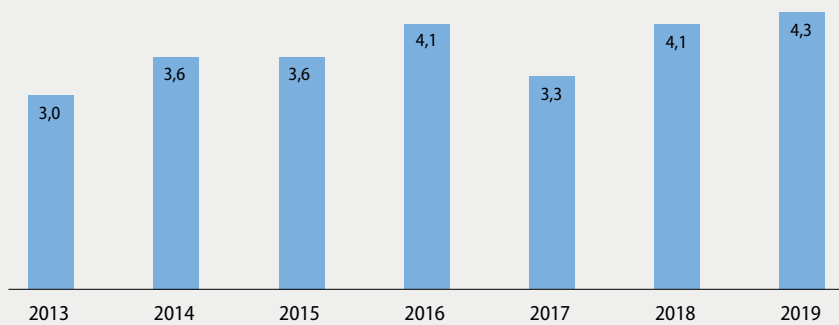
**58,3%**  
em 2015

*Estima-se um crescimento de 7,4% na geração total de eletricidade entre 2020 e 2024, e a energia solar deverá crescer 43%.*

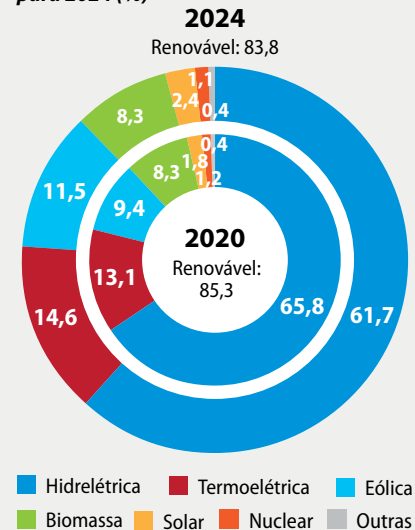
**Exportações de produtos de alta tecnologia como parcela das exportações de manufaturados, 2008-2018 (%)**



**Fluxos de IED como parcela do PIB, 2013-2019 (%)**

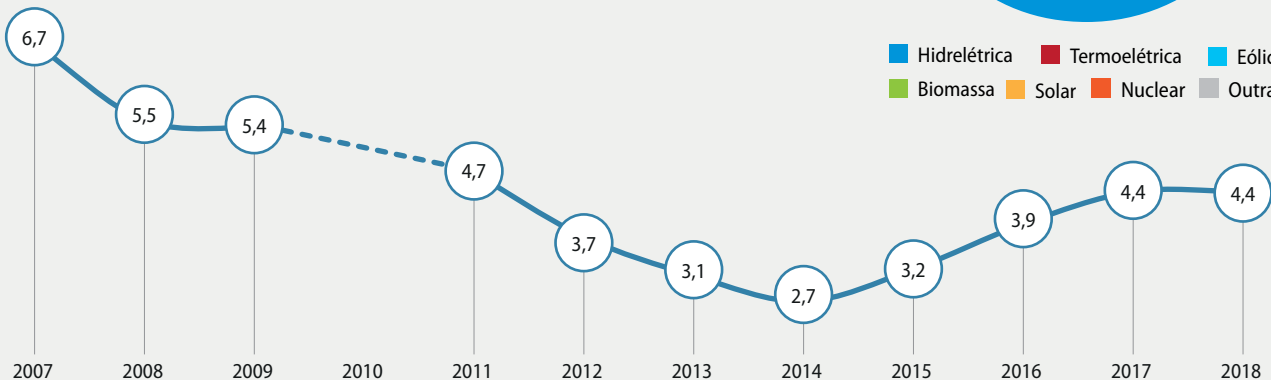


**Capacidade instalada de geração de eletricidade por tipo, 2020 e projeção para 2024 (%)**



**Parcela da população brasileira que vive com o valor diário de PPC\$ 1,90 ou menos, 2007-2018 (%)**

Em valores constantes de 2011



Fonte: Indicadores do Banco Mundial de Desenvolvimento, outubro de 2020; Penetração da internet: Portal de Dados da União Internacional de Telecomunicações; Energia: Operador Nacional do Sistema Elétrico.

## Inovação social à deriva

Com a proposta de Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social aparentemente descartada, não existe nenhuma política para conectar inovação científica e inovação socioeconômica. Essa abordagem integrada foi um dos pontos fortes de planejamento e formulação de políticas de inovação no

Brasil. A abordagem havia impulsionado, em especial, o rápido avanço de vários indicadores múltiplos de inclusão (Chaimovich; Pedrosa, 2015).

Há sinais de que o país está retrocedendo em termos de inclusão social. Por exemplo, o Brasil conseguiu reduzir a pobreza extrema e a insegurança alimentar<sup>7</sup>, o que levou a Organização das Nações Unidas para Alimentação e

### Quadro 8.1: Sistema e-Saúde faz a diferença durante a pandemia da COVID-19

A transformação digital do setor de saúde brasileiro ocorreu em alta velocidade em 2017, com a publicação da *Estratégia e-Saúde*, do Ministério da Saúde. A adoção das tecnologias da informação está sendo encorajada, a fim de melhorar o Sistema Único de Saúde (SUS). *Big data* e inteligência artificial estão sendo utilizados para o desenvolvimento de modelos de previsão e novos medicamentos, bem como para protocolos de diagnóstico e tratamento. Realidade virtual e robôs controlados remotamente estão sendo usados para treinar cirurgiões.

As equipes de hospitais estão utilizando uma ampla gama de aplicativos de celular para aprimorar a gestão e os cuidados com os pacientes. Registros médicos em papel estão sendo gradualmente substituídos por seu equivalente digital, de modo a colocar raios-X, prescrições e históricos médicos dos pacientes na ponta dos dedos dos profissionais. Pacientes que vivem em lugares remotos também podem consultar um médico por meio da telemedicina, vantagem real para um país tão vasto quanto o Brasil.

Desde fevereiro de 2019, a Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) tem contribuído para essa iniciativa digital, alinhada com a Estratégia e-Saúde e com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS). Vinculada ao Ministério da Educação, a EBSERH é uma empresa estatal responsável por gerenciar 40 hospitais universitários federais em todo o país. Esses hospitais oferecem serviços gratuitos para a população local e treinamento para provedores de saúde. A EBSERH é a única rede de hospitais universitários federais entre os 3.526 hospitais públicos do Brasil.

A EBSERH também é a maior rede de hospitais públicos no Brasil, com 55 mil funcionários e um orçamento anual de mais de US\$ 7 bilhões. Todos os anos, esses hospitais registram cerca de 7 milhões de consultas médicas, 300 mil cirurgias e 400 transplantes de

órgãos e tecidos. Anualmente, a EBSERH financia estágios para 4 mil estudantes de medicina, além de programas de residência para 10 mil novos médicos e outros profissionais de saúde.

#### Hospitais compartilham a mesma rede de comunicação

Os 40 hospitais universitários federais gerenciados pela EBSERH compartilham a mesma infraestrutura de rede de comunicação e um único sistema de informação central, o Prontuário Eletrônico do Paciente e Aplicativo para Gestão Hospitalar (AGHU), que, em abril de 2019, se tornou o único sistema de gestão que opera em todos os 40 hospitais universitários. O AGHU disponibiliza 18 módulos, incluindo registro eletrônico para pacientes, controle de prescrições e medicamentos, informações relativas à equipe, cadeia de abastecimento, registro civil, estatísticas vitais e financiamento da saúde, bem como gestão de equipamentos, medicamentos e outros suprimentos médicos.

O banco de dados do AGHU centraliza informações dos pacientes dos hospitais participantes. Permite a análise e a visualização de *big data* para apoiar as tomadas de decisão, incluindo o monitoramento de tendências epidemiológicas, como da COVID-19.

O banco de dados também está sendo utilizado para recrutar pacientes para projetos de pesquisa e testes clínicos, desenvolver modelos de previsão, conduzir testes de segurança dos pacientes quanto a infecções, e estender a telemedicina para a população em geral. Em 2020, a EBSERH estava em processo de integração do banco de dados do AGHU com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS)

do Ministério da Saúde. Criado em 2019, a RNDS irá, em última instância, agrupar informações sobre 110 milhões de pacientes e 15 milhões de procedimentos mensais. Antes da RNDS, quase não havia o compartilhamento de dados entre hospitais públicos.

#### A COVID-19 amplia a rede nacional de telemedicina

A pandemia da COVID-19 trouxe a oportunidade de se ampliar os serviços de telemedicina prestados por hospitais universitários federais por meio da Rede Universitária de Telemedicina (RUTE), que foi criada em 2006 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. A rede fornece infraestrutura de comunicação em universidades públicas e seus respectivos hospitais, em instituições de saúde e hospitais de ensino e pesquisa certificados. Isso permitiu a criação de cerca de 140 centros eletrônicos de telemedicina e saúde, que fornecem consultas virtuais e monitoramento remoto da saúde dos pacientes. Todos os hospitais universitários da EBSERH fazem parte dessa rede. A Lei da Telemedicina (Lei n. 13.989), adotada em 15 de abril de 2020, tornou possível ampliar esse serviço para áreas rurais e cidades remotas. Espera-se que populações ribeirinhas e indígenas da Amazônia possam ser atendidas em breve (Quadro 8.3).

A existência de um sistema centralizado possibilitou que planos de contingência fossem colocados em prática durante a pandemia da COVID-19, para lidar com a demanda de novos leitos de terapia intensiva e equipamentos de proteção pessoal (EPIs). Infraestrutura e sistemas virtuais foram aprimorados, para possibilitar que as equipes administrativas trabalhassem em casa e para acelerar a extensão da telemedicina, como, por exemplo, pelo uso de *call centers* e *chatbots* para rastrear casos de COVID-19 e monitorar a saúde de pacientes com doenças crônicas.

A pandemia da COVID-19 mostrou que as ferramentas digitais não substituem sistemas de saúde funcionais. No entanto, elas podem fortalecer a gestão da área da saúde e ampliar os cuidados de saúde às populações vulneráveis.

*Fonte:* Simone Scholze, diretora de Tecnologia da Informação na EBSERH, e Claudia Brandão, consultora de Planejamento de Tecnologia da Informação na EBSERH.

Agricultura (FAO) a declará-lo um país sem fome em 2014. Agora, a FAO considera que essa condição está em risco (Beraldo, 2020), como consequência do aumento dos níveis de pobreza nos últimos anos, combinado com os efeitos negativos da pandemia da COVID-19 sobre a economia e as principais metas dos ODS (Sumner et al., 2020; FAO et al., 2020).

Em 2018, 4,4% da população vivia em situação de extrema pobreza, mais do que o nível histórico de 2,7% em 2014 (Figura 8.1). A extrema pobreza é maior entre a população negra; afetou 8,8% dos negros em 2018, mais do que o dobro da taxa para brancos (3,6%) (IBGE, 2019).

Destaca-se que a reversão do declínio da pobreza extrema foi uma consequência da crise econômica de 2015-2016 e da recuperação insípida de 2017-2018. Essa reversão da tendência demonstra o quanto é importante que o Brasil assumira uma abordagem sistêmica na coordenação do planejamento social e da inovação.

Com a pandemia da COVID-19 ameaçando agravar o problema, o governo introduziu o Programa de Ajuda Emergencial em abril de 2020.

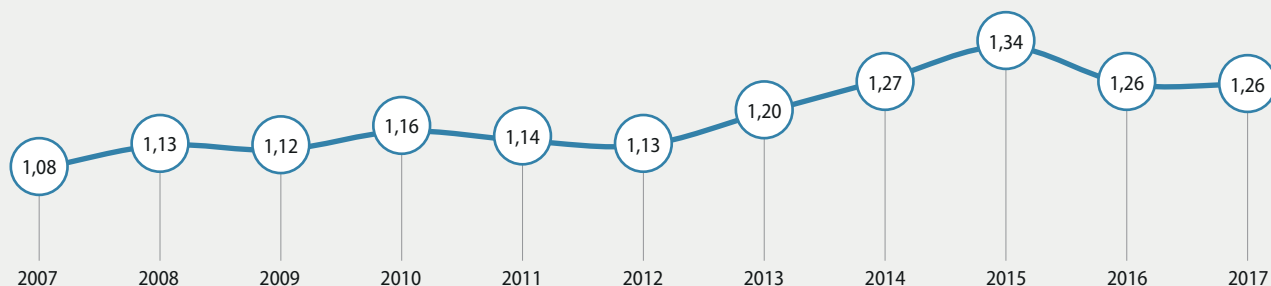
Financiado até o final do ano com o montante de R\$ 330 bilhões (cerca de 147 bilhões de PPC\$), o programa transferiu parcelas mensais de R\$ 600,00 (cerca de 266 PPC\$) diretamente para grupos vulneráveis, como beneficiários de auxílios já existentes e trabalhadores da economia informal. O programa foi implementado por meio de dois aplicativos móveis. Os brasileiros podem utilizar um (Auxílio Emergencial) para se inscrever no programa e o outro (Caixa Tem) para receber diretamente os recursos. Em junho, ambos os aplicativos tiveram mais de 80 milhões de downloads, o que corresponde a cerca de 40% da população. Em outubro, o dinheiro alcançou mais de 65 milhões de pessoas (Brasil, 2020; ITS Rio, 2020)<sup>a</sup>.

O governo planeja lançar um novo programa de verba direta em janeiro de 2021 denominado Renda Cidadã, que



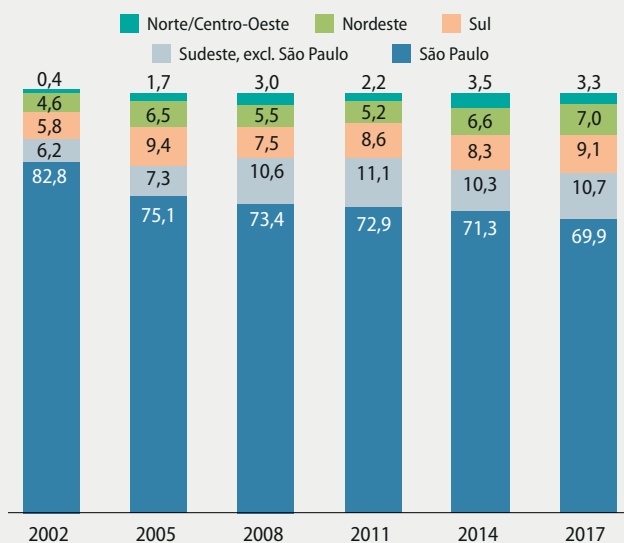
Figura 8.2: Tendências de gastos com pesquisa no Brasil

GERD como parcela do PIB, 2007-2017 (%)



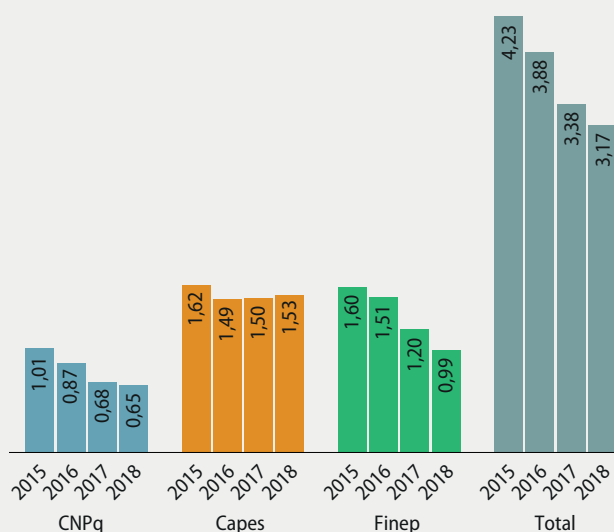
Entre 2015 e 2017, os investimentos em P&D no Brasil tiveram uma queda de 16%.

Parcela dos gastos dos governos estaduais com P&D por região, 2002-2017 (%)



Desembolsos de agências federais brasileiras de fomento à pesquisa, 2015-2018

Em bilhões de PPC\$, valores constantes de 2017



O gasto total dos órgãos federais encolheu 27% em 2015-2018, passando de US\$ 4,4 bilhões para US\$ 3,5 bilhões.

Observação: estes dados não incluem os gastos com bolsas de graduação do Programa Ciência sem Fronteiras, que estendeu financiamento a 75 mil estudantes de graduação entre 2011 e 2015 para permitir que eles passassem um semestre no exterior. A inclusão de despesas neste programa teria aumentado os desembolsos do CNPq e da Capes em 2015 e, em menor grau, em 2016, causando uma queda ainda maior nos gastos do período do que a mostrada no gráfico.

substituirá o Programa Bolsa Família, introduzido para famílias pobres em 2003 pelo governo Lula (ver Figura 7.2). A redução das desigualdades no ensino superior, em particular, tem sido outro ponto-chave da política educacional brasileira desde o início dos anos 2000. O oitavo objetivo da lei que estabelece o *Plano Nacional de Educação 2014-2024* foi elaborado para garantir 12 anos de escolaridade para a população pobre e para as pessoas que vivem em áreas rurais, com ênfase na igualdade entre negros e não negros (Chaimovich; Pedrosa, 2015). Essa meta foi replicada no *Plano Estratégico Institucional* para 2015-2018 do Ministério da Educação, que delineou vários instrumentos de políticas, incluindo o monitoramento do sistema de cotas para estudantes pobres e negros de universidades federais. Entretanto, essa meta não foi elencada no *Plano Estratégico Institucional* para 2020-2023.

### Mudança na política ambiental

Até 2018, o Brasil teve uma forte atuação na diplomacia climática. O país sediou a primeira Cúpula da Terra (1992),

que produziu o primeiro acordo global sobre o clima, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (1992); esse acordo, por sua vez, lançou as bases para o Protocolo de Quioto (1997) e para o Acordo de Paris (2015). O Brasil também sediou a terceira Cúpula da Terra, em 2012. Ao longo dos anos, cientistas brasileiros têm contribuído com relatórios periódicos de monitoramento do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC).

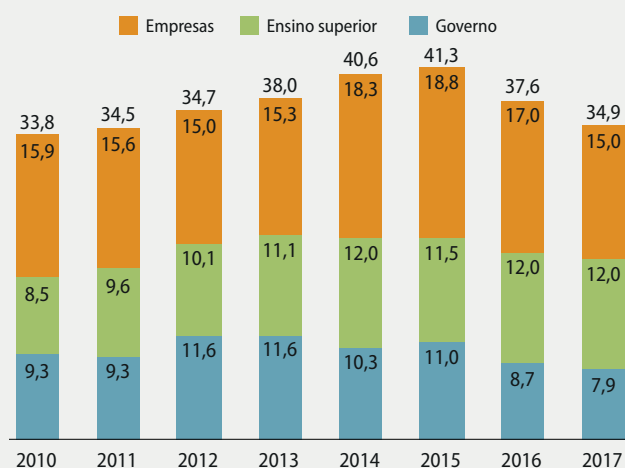
O Brasil também monitora as mudanças climáticas em âmbito nacional por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Entretanto, ocorreu uma mudança de políticas desde que a atual administração tomou posse, no início 2019. Isso resultou no relaxamento de leis e regulamentos ambientais. A administração questionou publicamente a base científica da origem antropogênica da mudança climática.

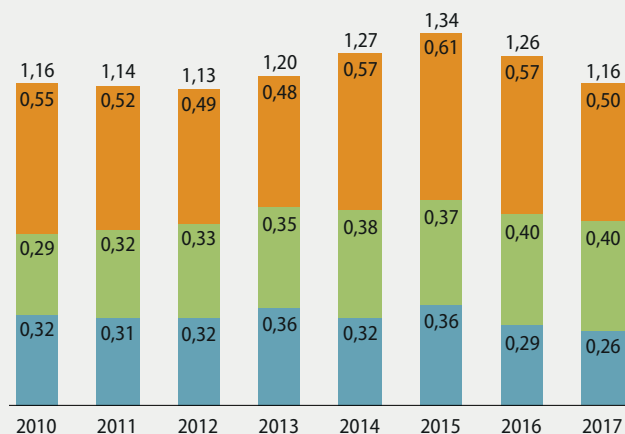
A decisão de afrouxar a legislação ambiental é ainda mais relevante, na medida em que o país testemunhou

#### GERD por setor de atuação, 2010-2017

GERD em bilhões de PPC\$ (valores constantes de 2011)



GERD como parcela do PIB (%)



Número de empresas brasileiras no setor de indústrias de transformação que reportou P&D interna

**5.930**  
em 2017



**5.877**  
em 2014

Gasto com P&D interna por empresas brasileiras no setor de indústrias de transformação

**US\$ 10,1 bilhões**  
em 2014



**US\$ 8,5 bilhões**  
em 2017

Número de empresas brasileiras no setor de serviços que reportou P&D interna

**1.682**  
em 2014



**1.394**  
em 2017

Gasto com P&D interna por empresas brasileiras no setor de serviços

**US\$ 3,74 bilhões**  
em 2017



**US\$ 3,55 bilhões**  
em 2014

Nota: "Governo" inclui despesas realizadas ou implementadas por organizações governamentais com fundos públicos, incluindo órgãos de financiamento a ciência/tecnologia, exceto aquelas realizadas por empresas. "Ensino superior" inclui apenas fundos universitários gerais, para instituições públicas e privadas. "Empresas" inclui todas as atividades de P&D realizadas ou contratadas por empresas, incluindo aquelas financiadas pelo governo.

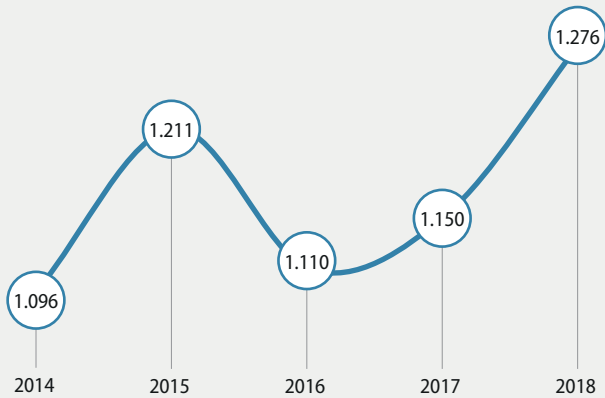
Fonte: GERD como parcela do PIB: Instituto de Estatística da UNESCO; GERD por setor: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Banco Mundial, dados empresariais de 2017 processados pelos autores do IBGE (2017); parcela de gastos por região: indicadores de CTI do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações; agências federais: Dados Abertos/Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (CNPq/Finep) e Geocapes/Capes/Ministério da Educação, processados pelo Grupo de Estudos da Fapesp; gastos em pesquisa por empresas brasileiras: IBGE (2017) e IBGE (2017).





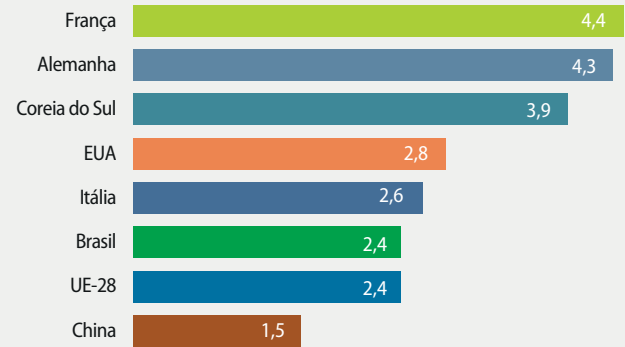
Figura 8.3: Tendências de inovação no Brasil

**Número de patentes IP5 concedidas ao Brasil, 2014-2018**

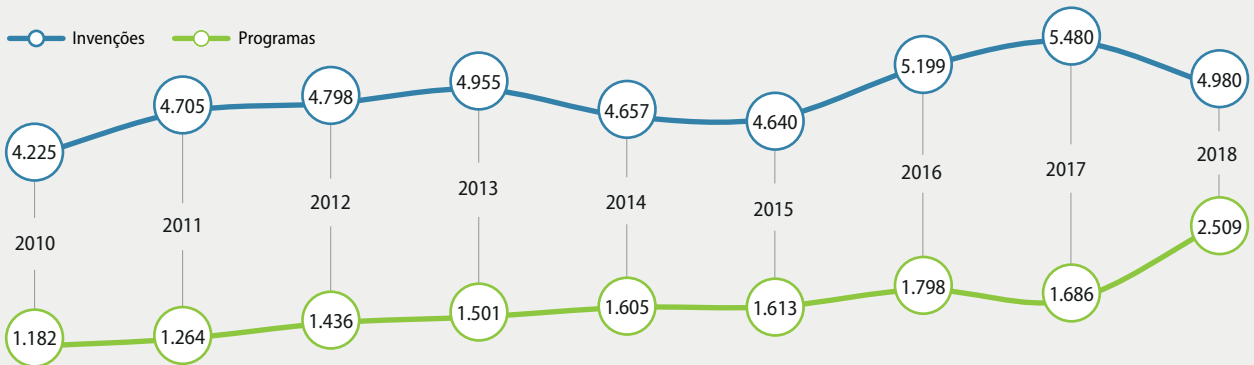


**Parcela de publicações científicas resultantes de colaboração entre universidade e indústria, 2015-2017 (%)**

Outros países e regiões são apresentados para fins de comparação

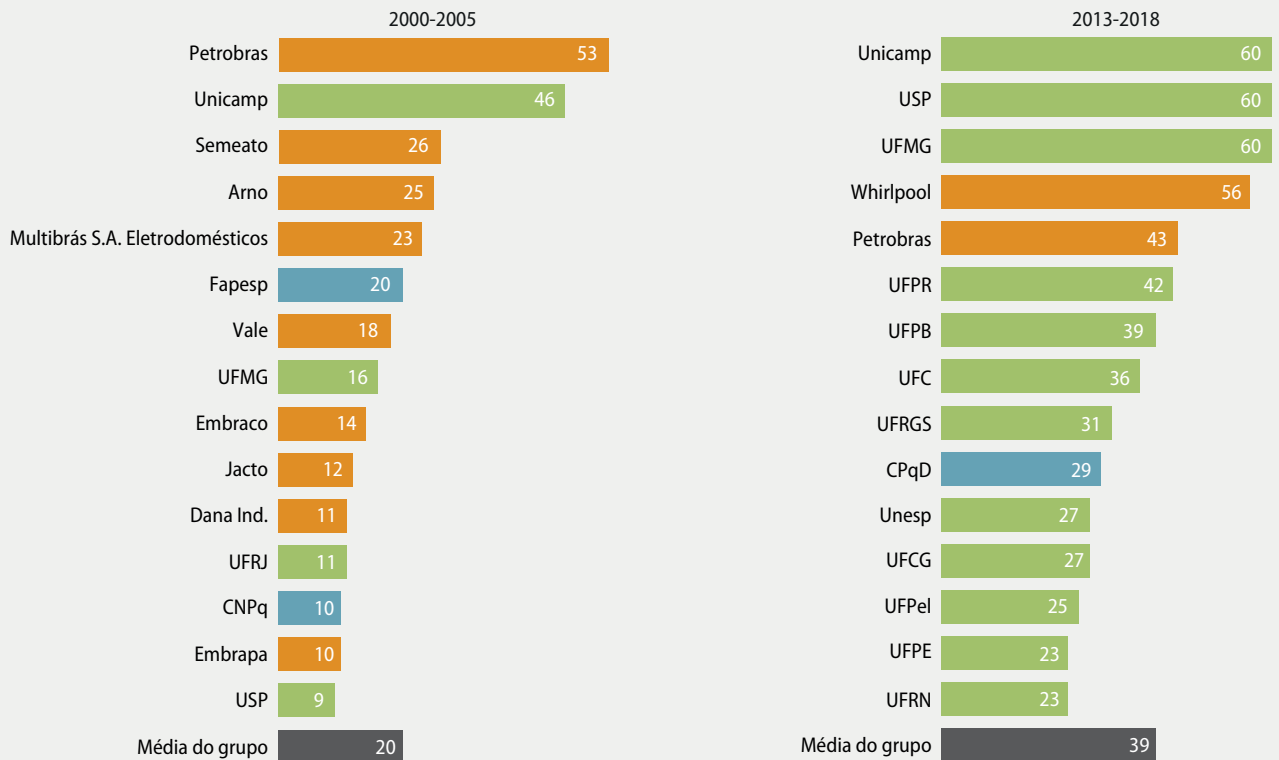


**Patentes de invenções e programas de software depositados no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), 2010-2018**



**Líderes em pedidos de patentes ao INPI entre entidades estabelecidas no Brasil, 2000-2005 e 2013-2018**

Empresa (laranja), Universidade (verde), Instituição pública de pesquisa (azul)



Observação: IP5 se refere a US Patent and Trademark Office, European Patent Office, Japanese Patent Office, Korean Intellectual Property Office e State Intellectual Property Office da China.

Fonte: Estatísticas do INPI; patentes IP5: PATSTAT, tratamento de dados pela Science-Metrix; parcela de publicações com coautores de universidades e empresas: Brito Cruz (2019).

uma série de desastres nos últimos anos. Por exemplo, em novembro de 2015, com o rompimento da barragem de Fundão, mais de 56 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos tóxicos de minério de ferro foram despejados no Rio do Carmo, um afluente do Rio Doce. Em janeiro de 2019, o colapso de uma barragem de rejeitos em Brumadinho, no sudoeste do Brasil, despejou toneladas de lama e minério de ferro no Rio Paraopeba, aumentando a concentração de metais pesados e destruindo faixas da Mata Atlântica, rica em biodiversidade. Em ambos os casos, a vida de dezenas de milhares de pessoas foi afetada de forma prolongada pela poluição generalizada (de Oliveira Andrade, 2020).

Em 2018, um relatório anual da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) alertou que 45 barragens brasileiras apresentavam alto risco de rompimento, incluindo cinco barragens de retenção de rejeitos de mineração (Alves, 2018). No mesmo ano, o governo anunciou o fim dos megaprojetos hidrelétricos na Amazônia, citando preocupações ambientais. Essas barragens foram financiadas, em grande parte, pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES).

Dados de satélite do INPE revelam um aumento de 34,4% no desmatamento na Amazônia nos 12 meses até julho de 2019, o maior nível desde 2008<sup>9</sup>. O Pantanal, outro importante bioma e a maior zona úmida tropical do mundo, também foi colocado sob estresse devido a incêndios florestais. De janeiro a outubro de 2020, esses incêndios devastaram uma área de 4,1 milhões de ha, mais do que o dobro para o mesmo período de 2019 (1,7 milhão de ha). Aproximadamente 27% de todo o bioma havia sido afetado desde 18 de outubro, uma proporção recorde (LASA, 2020). Considerando o papel fundamental que esses dois biomas têm na regulação do clima do Brasil e do subcontinente, há a necessidade de medidas de emergência para proteger a Amazônia e o Pantanal.

### Comitê gestor para a Década do Oceano

Com sua longa costa, o Brasil está comprometido, principalmente, com questões relativas ao oceano. Em 2018, o governo lançou uma Cátedra UNESCO para a Sustentabilidade do Oceano no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP). Em novembro de 2019, a cidade do Rio de Janeiro sediou o Workshop Regional do Atlântico Sul, um evento regional organizado pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) da UNESCO para preparar os países para a Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030); em 2020, o governo criou um comitê gestor nacional para a Década.

### Uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo

O Brasil, país rico em água, tem uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo (Quadro 8.3). Historicamente, o país sempre dependeu de usinas hidrelétricas para a geração de eletricidade. No entanto, a participação da energia eólica e solar e de biocombustíveis e biomassa na capacidade instalada de geração de eletricidade no Brasil passou de 14,7% em 2015, para 19,5% em 2020, e a projeção é que chegue a 22,1% em 2024. Quando se acrescenta a energia hidrelétrica a essa combinação, a contribuição de fontes renováveis para a geração de eletricidade aumentou de 80% para 85%, entre 2015 e 2020. Essa proporção deve permanecer estável até 2024 (Figura 8.1).

Isso torna o Brasil um dos poucos países que obtêm mais de 80% de sua capacidade de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis.<sup>10</sup>

Além disso, o uso de biocombustíveis no transporte está crescendo, com vendas de etanol hidratado saltando de 13 milhões de m<sup>3</sup> para 22,5 milhões de m<sup>3</sup>, entre 2014 e 2019. Embora a maioria dos biocombustíveis tenha como base o etanol, eles incluem cada vez mais outros tipos, como o biodiesel (ANP, 2019).

Entre 2020 e 2030, estima-se que até R\$ 1 bilhão (cerca de PPC\$ 440 milhões) em novos investimentos serão realizados apenas em biocombustíveis (EPE, 2019). Tal incentivo vem da RenovaBio, um programa nacional estabelecido em 2018-2019 que adotou um marco regulatório para o Sistema de Crédito de Descarbonização (CBIO) no Brasil (ANP, 2019), de acordo com o Acordo de Paris (OCDE; FAO, 2020).

Mais de 170 pequenas empresas e *startups* fizeram uso de conhecimentos ou tecnologias desenvolvidas pelo Programa Fapesp de Pesquisa em Bioenergia (Bioen), resultando em 17 depósitos de patentes. Desde a sua criação em 2008, o Bioen já investiu R\$ 170 milhões (cerca de US\$ 78 milhões) em projetos relacionados a ciências bioenergéticas e, especialmente, biocombustíveis, envolvendo mais de 300 cientistas do Brasil e do exterior (Fapesp, 2020a; 2020b).

## TENDÊNCIAS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

### Polos de inovação tecnológica: história de sucesso para as universidades

A *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022* estabelece uma série de metas para 2022 (Tabela 8.1), as quais complementam as do *Plano Nacional de Pós-graduação*, adotado em 2014 (Tabela 8.1).

Os *Planos de Ação* fornecem mais detalhes da *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022*, ao adicionar novos objetivos metas para a inovação tecnológica até 2022. O documento básico contém uma extensa seção sobre centros e parques de tecnologia e inovação. Entre outras medidas, propõe o desenvolvimento de mais centros ou núcleos de inovação tecnológica nas universidades.

Os centros que já existem são uma consequência da Lei de Inovação Tecnológica de 2004 (Chaimovich; Pedrosa, 2015), que estipulou que todas as instituições científicas no país deveriam criar um polo de inovação tecnológica. Cada um desses centros foi estabelecido com o fim de facilitar a transferência de tecnologia para empresas e outras organizações, ajudar seus próprios pesquisadores com o registro de propriedade intelectual, e desenvolver incubadoras para *startups* inovadoras. Essa política explica, em parte, o enorme aumento, desde então, de pedidos de registro de patentes e programas de *software*. A lei também facilitou as relações de cooperação entre universidades e empresas. Anteriormente, as regras relativas ao emprego público em vigor nas universidades impunham severas restrições a esse tipo de colaboração.

Há evidências de que os polos de inovação tecnológica tiveram um impacto positivo sobre a inovação nas universidades, especialmente no que diz respeito às patentes e à colaboração científica com a indústria (Quadro 8.2). Segundo estudo de Brito Cruz (2019), universidades brasileiras que são fortes em pesquisa mostram níveis de colaboração com a indústria similares aos de outros países (Figura 8.3). Além disso, essa forma de interação tem se expandido rapidamente nas últimas duas décadas. Isso mostra a eficácia dos polos de inovação tecnológica.

### Empresas registram menor número de patentes

A inovação empresarial tem se mostrado menos dinâmica nos últimos anos, como atesta a queda observada no depósito de patentes pelo setor industrial (Figura 8.3). Isso acompanhou a queda nos gastos das empresas com P&D durante a recessão de 2015-2016. Na verdade, o investimento empresarial está diminuindo de maneira geral, junto com a participação da produção industrial no PIB e a participação do Brasil no comércio exterior, principalmente no que se refere às exportações de produtos manufaturados de alta tecnologia (Figura 8.1).

O número de patentes de invenções depositadas no INPI recuou 9% entre 2017 e 2018. Provavelmente, esse é um efeito retardado do menor investimento realizado pelo setor de

indústrias de transformação. O setor de serviços fez o oposto, elevando os investimentos em P&D. Isso levou a um aumento (+ 49%) nos pedidos de patentes de programas de *software*, o que possivelmente reflete a crescente digitalização da sociedade brasileira (Figura 8.3), incluindo a da própria indústria.

Apesar de começar devagar, o uso de tecnologias digitais por parte do governo e dos setores empresariais está aumentando. Para melhorar a conectividade em todo o país, em 2017, o Ministério da Defesa implementou o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (Quadro 8.3). Tecnologias digitais também estão sendo introduzidas em setores tão variados quanto saúde (Quadro 8.1), bancos (Quadro 8.4) e agricultura (Quadro 8.5).

Tabela 8.1: Progresso rumo às metas para 2022 da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

Indicador	Situação em 2014	Situação em 2017	Meta para 2022
Relação GERD/PIB (%)	1,27	1,16	2,00
Gasto privado com P&D como parcela do PIB (%)	0,60	0,63	1,00
Gasto público com P&D como parcela do PIB (%)	0,67	0,53	1,00
Gasto do governo federal com P&D como parcela do PIB (%)	0,45	0,39	0,80
Índice de inovação das empresas (%)	36,0	33,6	50,0
Número de empresas ativas em P&D	5.600	5.500	10.000
Parcela de empresas inovadoras que utilizam programas governamentais de apoio a CTI (%)	39,9	26,2	40,0
Número de pesquisadores e equipes técnicas envolvidos em P&D industrial	105.452	89.689	120.000
Número de pesquisadores por milhão de habitantes	888	–	3.000
Cursos de graduação em engenharia como parcela do total de diplomas (%)	6,6	10,0 <sup>+1</sup>	12,0
Número de cursos de doutorado finalizados	17.286	22.894 <sup>+1</sup>	28.987 <sup>-2</sup>

-n/+n: os dados se referem ao n. de anos antes ou depois do ano de referência.

Observação: a grande maioria das despesas privadas com pesquisa vem do setor empresarial. As universidades privadas contribuíram com apenas 0,03% do GERD em 2014. "Gasto público" abrange organizações de pesquisa, que contribuíram com 0,35% do GERD em 2014, assim como fundos universitários gerais. "Gasto do governo federal" cobre instituições federais de pesquisa e inclui os fundos universitários gerais utilizados por instituições federais, que contribuíram com 0,19% do GERD em 2014.

Fonte: Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (2016); IBGE (2014 e 2017); Censo do Ensino Superior do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e do Ministério da Educação (2014); Censo do Ensino Superior do INEP e do Ministério da Educação (2018); Banco de dados Geocapes; Plano Nacional de Pós-Graduação 2014 da Capes e Ministério da Educação (2014); despesas privadas em P&D: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações.

### Quadro 8.2: Polos de inovação tecnológica – o caso da Inova, Agência de Inovação da Unicamp

As primeiras patentes depositadas pela Universidade de Campinas (Unicamp), no estado de São Paulo, datam de 1984, quando a universidade tinha menos de 20 anos. Sua Agência de Inovação, a Inova, começou em 1989, como um escritório de transferência de tecnologia, antes de chegar à sua estrutura atual, em 2003.

A universidade foi a colíder do número de patentes depositadas no Brasil no período 2013-2018 (Figura 8.3) e acumulou 1.087 patentes em 2019, ficando atrás apenas da Petrobras, a gigante estatal de petróleo. Atualmente, a Unicamp possui 131 licenças em vigor (INOVA, 2020).

Aproximadamente 717 empresas podem ser consideradas como derivadas da universidade, tendo sido fundadas por ex-estudantes ou professores. Com relação a essas empresas, mais de 50 delas iniciaram seu desenvolvimento na incubadora da universidade, a Incamp. Durante um período de 12 meses, entre 2018 e 2019, essas empresas quase dobraram suas receitas, chegando a US\$ 3,9 bilhões, quando então empregavam diretamente mais de 31 mil funcionários.

Duas dessas *startups* são qualificadas como "unicórnios", ou seja, têm valor de mercado de mais de US\$ 1 bilhão. Uma delas teve suas origens em uma das "empresas juniores", onde

estudantes de graduação desenvolvem projetos com ajuda do corpo docente e estudantes mais experientes. Esses projetos tendem a ser pequenos em escopo e são desenvolvidos por meio de contratos empresas externas.

As empresas derivadas são especializadas nos seguintes setores, em ordem decrescente: tecnologia da informação; consultoria; engenharia; saúde e bem-estar; e outros serviços.

Patentes e licenciamentos cobrem todas as áreas de conhecimento, com preponderância de especialização em química, engenharia e saúde.

Fonte: Compilado pelos autores

Em dezembro de 2019, o Brasil sediou o Fórum Regional da UNESCO sobre Inteligência Artificial na América Latina e Caribe, que atraiu ministros e empresas privadas de toda a região, bem como organismos internacionais. Em 2020, a UNESCO auxiliou o governo no mapeamento das melhores práticas mundiais, como um prelúdio para a formulação de uma estratégia nacional de inteligência artificial (IA).

A tendência de queda no depósito de patentes pela indústria não é nova. O crescimento foi impulsionado principalmente pelas universidades. De fato, em 2018, as empresas brasileiras representavam apenas 29% das patentes de invenções e 37% dos programas de *software* depositados no INPI por entidades estabelecidas no país. Institutos de pesquisa, universidades e outras organizações sem fins lucrativos representaram mais de

### Quadro 8.3: Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas – expansão da integração digital em todo o país

Em 2017, o Ministério da Defesa implementou o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas, que foi projetado para aplicações militares e civis e custou R\$ 2,8 bilhões (cerca de US\$ 1,4 bilhão).

Embora o satélite abranja todo o território nacional, ele é especialmente relevante para a vasta região amazônica brasileira. Na época do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, a área coberta pelo satélite, de 5 milhões de km<sup>2</sup> (59% do território brasileiro), era habitada por 20 milhões de pessoas. Isso significa uma densidade populacional de apenas 4 pessoas/km<sup>2</sup>.

O Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas foi desenvolvido pela empresa franco-italiana Thales Alenia Space, por meio de um contrato com a Visiona Espacial, uma *joint venture* entre a Embraer, fabricante de aeronaves brasileira, e a Telebras, empresa estatal de telecomunicações criada em 2012 para o propósito específico de ser o principal contratante do programa do satélite.

Graças ao componente do contrato relativo a treinamento e transferência de tecnologia, a Visiona Espacial foi capaz de desenvolver gradualmente seus próprios projetos. Ela providenciou, por exemplo,

a organização da segurança das comunicações nos Jogos Olímpicos de 2016 no Rio de Janeiro.

A empresa também projetou e construiu o primeiro satélite de alta resolução com aplicativos para estações meteorológicas e projetos que utilizam a chamada *internet das coisas*. Com o INPE, desenvolveu sistemas de alerta precoce para desastres naturais e nos satélites; com a Tesera, empresa canadense, desenvolveu tecnologia para a execução de inventários florestais.

Fonte: Compilado pelos autores

### Quadro 8.4: O Brasil adota banco aberto, pagamentos instantâneos e IA

A expressão “banco aberto” diz respeito a como informações e dados dos clientes são compartilhados entre os bancos, incluindo via sistemas de pagamento instantâneo. O Banco Central do Brasil começou a discutir esse conceito no início de 2018 (Damaso, 2019), antes de aprovar diretrizes gerais para um sistema de banco aberto em abril de 2019 (BCB, 2019).

Desde então, a legislação pertinente tem sido aprovada, inclusive para estabelecer normas para o compartilhamento de dados e direitos do consumidor, esclarecer regras para *fintechs* e preparar o caminho para um sistema nacional gratuito de pagamentos instantâneos.

#### Um serviço de dez segundos

Em 12 de junho de 2020, o Banco Central estabeleceu o Sistema de Pagamentos Instantâneos (SPI) e a Conta de Pagamentos Instantâneos (BCB, 2020), que agora é denominada PIX. Uma vez que esteja totalmente operacional, esse sistema irá fornecer um sistema gratuito em tempo real (dentro de dez segundos) para pessoas físicas e empresas que desejarem realizar transferências bancárias

e pagamentos em qualquer lugar do território nacional.

O Banco Central disponibilizou o PIX para o cadastramento de chaves no dia 5 de outubro de 2020, e em cinco dias foram realizadas quase 25 milhões de adesões (Agência Brasil, 2020). Isso mostra como a iniciativa despertou interesse, além de revelar o alto nível de confiança do público nos serviços bancários digitais.

#### Sementes plantadas décadas atrás

A transformação digital do sistema bancário brasileiro no decorrer das três décadas passadas foi uma das poucas consequências positivas da Lei de Informática nacional, altamente protecionista, em vigor na década de 1980 e início da década de 1990.

Apesar de restringir o acesso de indústrias e empresas do setor de serviços à tecnologia de computadores mais avançada disponível em âmbito internacional, dificultando assim a competição da indústria brasileira na arena global (Chaimovich; Pedrosa, 2015), a lei estimulou os grandes bancos privados nacionais a se envolverem diretamente no estabelecimento de empresas de *hardware* e *software*.

Quando os mercados brasileiros foram abertos à competição internacional na década de 1990, poucas empresas de *hardware* sobreviveram.

No entanto, mais tarde, a experiência adquirida com relação à tecnologia da informação ajudaria os bancos a desenvolverem suas plataformas e, mais recentemente, serviços com base em inteligência artificial. Isso foi acompanhado por extensas tecnologias e infraestruturas de comunicação, que agora são utilizadas pelo novo serviço de pagamentos instantâneos. Por exemplo, o Bradesco, um dos dois maiores bancos privados do país, tem estado na vanguarda da revolução digital no Brasil graças ao estabelecimento de um Digilab em 1979. O Bradesco foi o primeiro banco brasileiro a ter *interface* de IA.

Desenvolvido pela IBM e lançado em 2016, esse *chatbot* é capaz de reconhecer o português brasileiro, graças à *expertise* do Bradesco nessa área.\*

\* Marcelo Frontini, chefe dos canais digitais do projeto de IA do Bradesco, forneceu essa informação aos autores em uma entrevista, realizada em fevereiro de 2020.

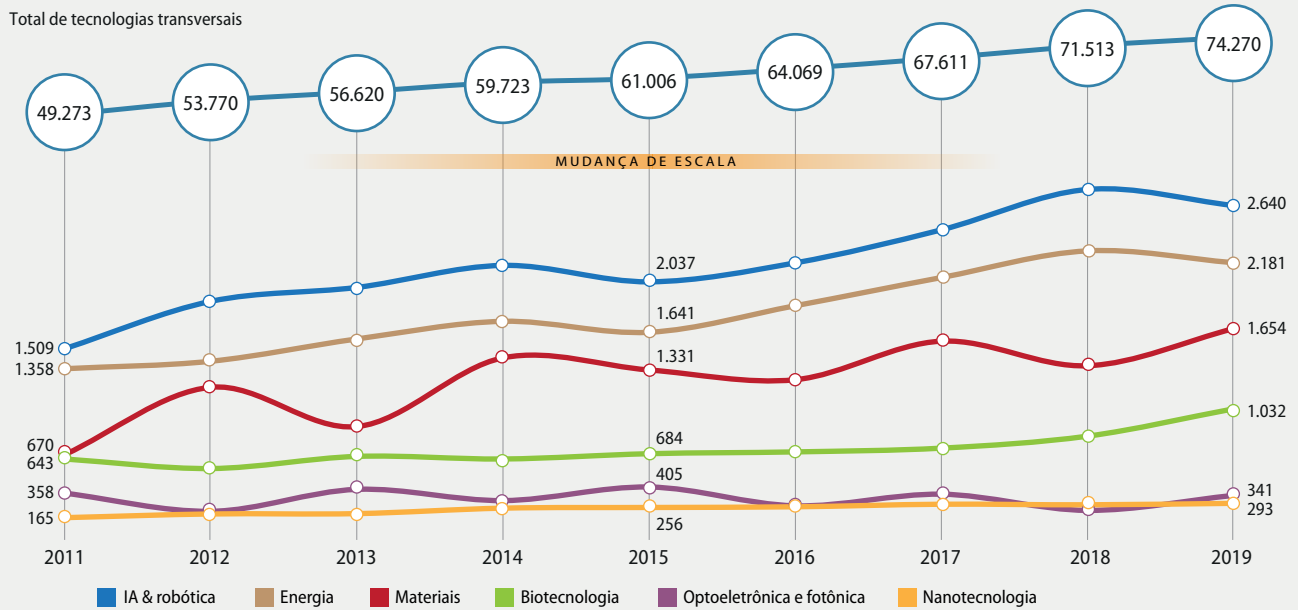
Fonte: Compilado pelos autores



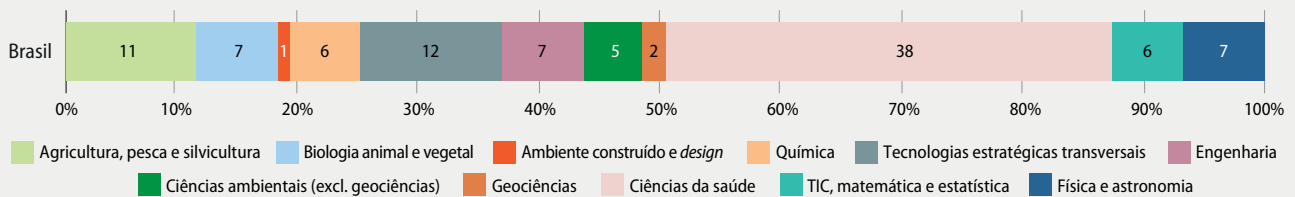
## Figura 8.4: Tendências de publicações científicas no Brasil

### Volume de publicações científicas, 2011-2019

Total de tecnologias transversais



### Publicações científicas por campo geral da ciência, 2017-2019 (%)



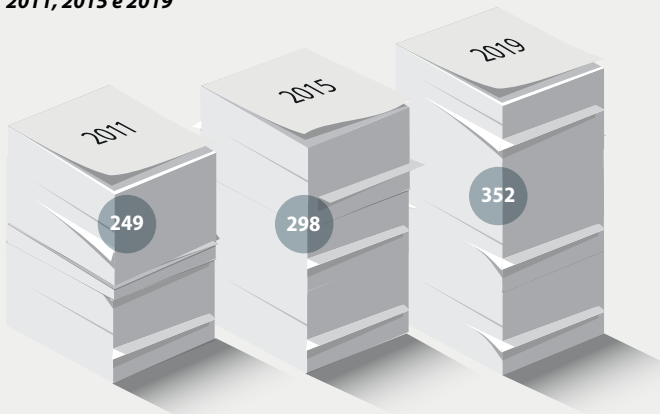
**0,91**

Média de citações para o Brasil, 2014-2016; a média para o G20 é de 1,02.

**34%**

Parcela de publicações com coautores estrangeiros, 2017-2019; a média para o G20 é de 25%.

### Publicações científicas por milhão de habitantes, 2011, 2015 e 2019



### Como a produção de temas relacionados aos ODS evoluiu desde 2012?



Cientistas brasileiros estão publicando pelo menos três vezes mais do que a proporção média global nos seguintes temas: conhecimento tradicional; ajuda a pequenos produtores de alimentos; uso sustentável de ecossistemas terrestres, e estado da biodiversidade terrestre. A produção brasileira em agroecologia é 4,5 vezes a média global.

Na pesquisa na área de saúde, a intensidade da produção é de 4,2 vezes a média global para doenças transmissíveis tropicais. Além disso, o número de publicações sobre vírus novos ou reemergentes que podem infectar humanos aumentou 250%, de 643 (2012-2015) para 1.605 (2016-2019) no contexto da epidemia de zika. Apesar dessa expertise científica, o Painel COVID-19 da OMS reportou, em outubro de 2020, que o Brasil tinha o terceiro maior número de casos de indivíduos infectados por coronavírus, depois dos EUA e da Índia.

O Brasil produz menos do que a proporção média global em temas sobre energias limpas em estudo, com exceção da energia hidrelétrica (o dobro da intensidade média): 827 (2012-2015) e 1.191 (2016-2019) publicações; e biocombustíveis e biomassa (2,4 vezes a média global): 2.433 (2012-2015) e 3.222 (2016-2019) publicações.

Para mais detalhes, ver o Capítulo 2.

### Cinco principais parceiros do Brasil em coautorias científicas, 2017-2019 (número de publicações)

	1º colaborador	2º colaborador	3º colaborador	4º colaborador	5º colaborador
Brasil	EUA (25.770)	Reino Unido (10.880)	Alemanha (8.757)	Espanha (8.695)	França (8.670)

Fonte: Scopus (excluindo artes, humanidades e ciências sociais); tratamento de dados pela Science-Metrix.



## Quadro 8.5: Agricultura digital – conectividade para produção de alimentos e biocombustíveis

Os últimos cinco anos viram uma rápida expansão das tecnologias digitais na área da agricultura. Esse é um setor econômico vital para o Brasil, terceiro maior produtor (depois da China e dos EUA) e segundo maior exportador (depois do EUA) de produtos agrícolas.

Uma das principais aplicações das tecnologias digitais é conectar e integrar os equipamentos usados para o trabalho nos campos, como os tratores (Zaparolli, 2019). Há dois tipos de solução que podem ser empregadas: uma é usar a infraestrutura de telecomunicações disponível, e a outra é empregar sistemas

locais de radiofrequência. Um exemplo do primeiro é a ConectarAgro, que utiliza acesso à internet por banda larga e envolve a subsidiária da Telecom Italia (TIM) no Brasil, bem como várias empresas brasileiras especializadas em equipamentos agrícolas, e outras especializadas em automação, *software* e conectividade (Tiago, 2019).

Um exemplo notável do segundo tipo é a parceria entre o CPqD, instituto de pesquisa sem fins lucrativos com sede em Campinas - atualmente, a maior organização de registro de *software* no Brasil -, e a Usina São Martinho, um dos maiores produtores canavieiros mundiais.

A parceria desenvolveu um sistema de internet das coisas que utiliza radiofrequência para conectar equipamentos agrícolas em regiões rurais sem infraestrutura pública de telecomunicações. Desde então, essa abordagem foi adotada por outras empresas agrícolas; o sistema também foi licenciado para empresas de equipamentos, como a John Deere (Zaparolli, 2019).

Fonte: Compilado pelos autores.

30% dos pedidos de patentes e 42% dos depósitos de programas de *software*, e o o restante é depositado por pessoas físicas (Fapesp, 2017).

Isso significa que, em 2018, as organizações sem fins lucrativos (excluindo pessoas físicas) representaram mais da metade das patentes e dos programas de *software* depositados por entidades estabelecidas no Brasil. Em 2012, esse montante chegou a 30%, e em 2000, a apenas 7%, sendo que a última taxa se equipara à observada em outras regiões. Por exemplo, universidades europeias e outras organizações sem fins lucrativos representaram apenas 6% dos pedidos de patentes para o *European Patent Office* no período 2012-2016 (Fapesp, 2017).

Uma comparação entre os períodos de 2000-2005 e 2013-2018 revela que o setor industrial quase desapareceu quando se consideram as dez principais organizações que depositaram patentes de invenções no Brasil. Apenas a Petrobras ficou entre as dez primeiras em 2013-2018, em quarto lugar (com 54 patentes depositadas); além disso, apenas a filial brasileira da Case New Holland, um conglomerado holandês, ficou entre as 25 principais organizações brasileiras, em 12º lugar (com 30 patentes depositadas), junto com 21 universidades e dois institutos de pesquisa (Figura 8.3). Para efeitos de comparação, apenas quatro universidades estavam entre as 25 principais no período 2000-2005.

Além disso, ocorreu apenas um pequeno aumento no número de patentes depositadas durante esses períodos, bem abaixo do nível de depósitos de patentes realizados por muitas outras economias emergentes, especialmente na Ásia. Esse é outro sinal de estagnação na área de inovação tecnológica no Brasil.

### Metas para estimular a inovação industrial

A *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022* estabelece metas específicas para 2022 com relação à inovação industrial, como, por exemplo:

- aumentar em 20% o número de empresas e pessoas empregadas em parques científicos e tecnológicos;
- apoiar 250 projetos de pesquisa e inovação realizados por novas empresas instaladas em tais parques;
- apoiar o estabelecimento de 1.000 novas empresas inovadoras de alto crescimento (*startups*) em parques tecnológicos

e polos de inovação; e *A Estratégia Nacional* recomenda maior cooperação entre órgãos do governo federal e órgãos estaduais de fomento científico, a fim de ampliar o apoio a pequenas empresas e promover a colaboração na coleta de dados e desenvolvimento de indicadores (Brasil, 2018a, p. 34).

- aumentar de 11 para 30 o número de laboratórios associados a um programa nacional de apoio a laboratórios de prototipagem.

Por outro lado, o que chama atenção é que nem a *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação* nem o *Plano Nacional de Pós-graduação* elencam metas relacionadas a patentes e publicações científicas. O foco aqui é principalmente os indicadores de *inputs*, como despesas, número de empresas ativas em inovação e número de pesquisadores.

## TENDÊNCIAS DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

### A comunidade científica enfrenta o desafio

Mesmo com a tendência de estagnação dos pedidos de patentes pelo setor industrial, os indicadores relacionados à pós-graduação e à pesquisa acadêmica têm mostrado progresso constante. Esse dinamismo produziu alguns avanços notáveis, como as respostas rápidas às crises do zika vírus e da pandemia da COVID-19, respectivamente em 2016 e 2020 (Quadro 8.6). Cientistas e engenheiros brasileiros também projetaram e construíram o Sirius, uma fonte de luz síncrotron altamente sofisticada que será crucial para a pesquisa básica (Quadro 8.7).

Embora o volume de publicações científicas tenha aumentado desde 2011, há menos progresso em áreas importantes, como pesquisas ambientais e na área energética. Deu-se pouco foco à geração de energia, apesar de esforços localizados, como o Bioen. Entre 2012 e 2019, publicações brasileiras sobre desenvolvimento e uso de meios de transporte sustentáveis representaram apenas metade da média (0,53) global neste tópico. Cientistas brasileiros também publicaram mais sobre energia hidrelétrica do que outros tipos de energias renováveis, apesar de a biomassa e a energia eólica e solar terem desempenhado um papel maior na geração de eletricidade. O número de publicações brasileiras sobre energia hidrelétrica é o dobro da média global (Figura 8.4).

## Quadro 8.6: Cientistas brasileiros enfrentam o desafio da zika e da COVID-19

Em 2015, cientistas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em Recife, foram os primeiros a associar o aumento da incidência de recém-nascidos com a cabeça anormalmente pequena e dano cerebral (microcefalia) com um surto do zika vírus, transmitido a suas mães pelo mosquito *Aedes aegypti*.

Um estudo realizado pela Fapesp descobriu que, em abril de 2018, o Brasil ficou atrás apenas dos EUA com relação ao volume de publicações científicas sobre o zika, sendo responsável por 15% do total (Figura 8.5). A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e a USP, duas instituições brasileiras com tradição em pesquisa sobre doenças tropicais, ficaram na primeira e na terceira posições, com o Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos EUA aparecendo em segundo lugar.

Entre publicações com cem ou mais citações, 28% são de autoria de cientistas brasileiros, montante que chegou a 45% quando o assunto incluiu microcefalia.

### Desenvolvimento da vacina para a COVID-19

No final de julho de 2020, já havia uma quantidade próxima de 21 mil publicações sobre a COVID-19 em bancos de dados científicos *online*. Dessas publicações, 584 foram produzidos por cientistas brasileiros, o que os colocou em 11º lugar com relação à produção mundial, à frente de países com fortes sistemas de pesquisa científica, como Suíça, Países Baixos, Japão e Coreia do Sul.

Cientistas da USP produziram 142 publicações (42ª posição em âmbito mundial), à frente da Universidade da Califórnia, em São Francisco (130) e da Universidade Cornell (135), e atrás das Universidades de Stanford (156) e Yale (158), todas nos EUA. A Fiocruz produziu 40 publicações.

Um estudo conjunto entre Brasil e Reino Unido descobriu que a cidade de Manaus, no estado do Amazonas, atingiu imunidade de rebanho depois que cerca de 66% da população foi infectada com a COVID-19 entre março e setembro de 2020. Os pesquisadores estimaram a taxa de mortalidade em 0,28% em uma população na qual apenas 6% das pessoas têm mais de 60 anos de idade (Buss et al., 2020).

A Fapesp lançou editais para propostas de pesquisa sobre a COVID-19 e, até julho de 2020, havia investido mais de PPC\$ 100 milhões em projetos novos e convertidos, incluindo sete projetos relativos ao desenvolvimento de uma vacina. Um desses projetos está sendo liderado por J. Kalil, na Faculdade de Medicina da USP. A vacina proposta deve ser barata, a fim de produzir e propiciar imunidade às populações genética e etnicamente diversas ao redor do mundo.

A Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e a Fiocruz estão coordenando a terceira fase de ensaios clínicos da vacina desenvolvida, realizados com 5 mil voluntários brasileiros em conjunto com a Universidade Oxford, no Reino Unido, e a empresa britânica AstraZeneca.

O Instituto Butantan, de São Paulo, fazia o mesmo com a vacina chinesa Sinovac, até o governo interromper os testes em novembro de 2020.

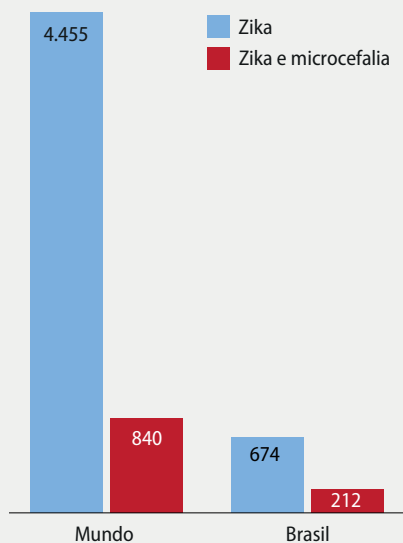
A Fiocruz e o Instituto Butantan têm uma longa história de desenvolvimento e produção de vacinas para várias doenças.

Fonte: Compilado pelos autores.



Figura 8.5: Tendências das publicações brasileiras sobre zika e microcefalia

**Volume de publicações brasileiras sobre zika e microcefalia e total global, 2014-2018**



**Principais instituições relacionadas a publicações sobre zika e microcefalia, 2014-2018**

	Todas as publicações, 2014-2018		Publicações com pelo menos cem citações*	
	Zika	Zika e microcefalia	Zika	Zika e microcefalia
Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro	218	69	11	8
Centro de Prevenção e Controle de Doenças (EUA)	202	34	10	3
USP	155	38	8	7
Universidade do Texas, Divisão Médica, Galveston (EUA)	105	24	5	5
Universidade de Harvard (EUA)	10	22	4	3
Universidade Johns Hopkins (EUA)	97	28	5	5
Universidade de Londres (Reino Unido)	91	33	2	2
Universidade Emory (EUA)	73	17	5	3
Inserm (França)	73	14	4	–
UFRJ	72	27	6	2

\* A partir de abril de 2018.

Fonte: Pesquisa Fapesp (2018). Dados: publicações científicas sobre zika e microcefalia. Compilação do acervo principal da Web of Science, todos os tipos de publicação, CC-VY-NC-ND. Ver: <<https://tinyurl.com/yywvkg6u>>.

## Quadro 8.7: Sirius – a mais complexa infraestrutura científica já construída no Brasil

A Sirius é a maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no Brasil e uma das primeiras fontes de luz síncrotron de quarta geração em âmbito mundial.

O projeto foi elaborado por brasileiros que passaram os últimos seis anos construindo o acelerador de elétrons em Campinas, com um investimento federal de cerca de US\$ 500 milhões. Quando estiver totalmente operacional, em 2021, terá 40 feixes de luz.

A Sirius faz parte do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, que opera desde 1997. Está vinculada ao Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais

(CNPEM), a primeira organização social no país\*. O CNPEM também mantém laboratórios nas áreas de biociências, nanotecnologia e bioetanol.

Um dos maiores desafios relacionados à construção da Sirius tem sido manter o acelerador térmico e vibracional estável quando ocorre a aceleração dos elétrons ao redor do anel de armazenamento, em velocidades fenomenais para a produção de luz.

Em dezembro de 2019, a Sirius produziu suas primeiras microtomografias de raios-X, que mostraram imagens extremamente detalhadas de minerais e o coração de um rato.

As aplicações industriais da Sirius incluirão o desenvolvimento de maneiras de promover

a quebra de asfaltenos para permitir o bombeamento de óleo de alta viscosidade; a elucidação do processo elementar de catálise na produção de hidrogênio a partir do etanol; e a interpretação das interações das plantas com os patógenos para o controle de doenças dos cítricos.

Fonte: Compilado pelos autores.

\* As organizações sociais são privadas, sem fins lucrativos, desenvolvidas e financiadas principalmente por meio de contratos federais. O CNPEM opera sob um contrato com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Informação e Comunicação. Para obter mais informações sobre as organizações sociais, ver (Chaimovich; Pedrosa, 2015).

## TENDÊNCIAS DE GASTOS COM PESQUISA

### Os gastos com pesquisa diminuíram desde a recessão

A *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022* recomendou que cada um dos setores governamentais e privados aumentasse suas despesas com pesquisa para 1,0% do PIB até 2022.

Essa meta não será alcançada, pois, até 2017, o GERD caiu para o nível de 2010 (1,26% do PIB), após atingir o pico de 1,34% em 2015 (Figura 8.2). Pelo contrário, em vista do desempenho econômico brasileiro no período 2018-2019 e as consequências da pandemia da COVID-19 em 2020, as perspectivas para as despesas com pesquisa em termos de valores absolutos são desanimadoras. Apesar da projeção de queda para o PIB, o investimento empresarial em P&D como parcela do PIB deverá encolher.

É necessário mencionar que o nível de gastos empresariais com pesquisa é um indicador relativamente fraco de inovação tecnológica para países como o Brasil, pois o volume maior é investido na adaptação de tecnologias existentes. Todavia, desde o último Relatório de Ciências da UNESCO, ocorre uma queda simultânea nos indicadores de depósitos de patentes para invenções de indústrias e o comércio de bens de consumo de alta tecnologia (Chaimovich; Pedrosa, 2015).

O ensino superior é o único setor a ter apresentado um aumento nas despesas com pesquisa desde 2015 (Figura 8.2). Entretanto, essa tendência pode ter curta duração. Instituições de educação terciária, públicas e privadas, viram um corte em suas receitas desde 2017, e o ano de 2020 se apresenta com perspectivas ainda piores.

### Cortes por órgãos federais

Existem sinais de que a pós-graduação, a menina dos olhos do ecossistema da inovação brasileira, pode estar entrando em um período de estagnação. O período entre 2015 e 2018 testemunhou uma queda acentuada no gasto orçamentário do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que irriga a pesquisa pública, e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), que fomenta a

pesquisa empresarial. Para o CNPq, a queda foi de 36% e, para a Finep, de 38% (Figura 8.2).

Dados recentes mostram uma queda no número de bolsas de doutorado concedidas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), órgão responsável pelo financiamento, credenciamento e garantia da qualidade de programas de pós-graduação, o que implica a redução de seus gastos para 2019 e provavelmente para 2020 (Capes, 2020).

De modo geral, entre 2015 e 2018, o gasto orçamentário dos órgãos federais diminuiu em 25%. Dada a drástica queda nas receitas federais na esteira da recessão econômica causada pela pandemia da COVID-19, espera-se que os dados de 2020 mostrem reduções adicionais para os três órgãos.

Esses cortes acabarão se refletindo quanto ao número de diplomas de pós-graduação e publicações científicas, bem como em termos de inovação tecnológica: patentes, *softwares*, novos produtos etc.

Além disso, uma vez que muitos estados dependem quase que exclusivamente de fundos federais para pesquisa e inovação, em especial pós-graduação e pesquisa científica, a tendência atual pode, por fim, exacerbar as disparidades entre os estados do Sul e do Sudeste – especificamente São Paulo –, de um lado, e os estados do Norte, do Nordeste e do Centro-Oeste, do outro.

## TENDÊNCIAS DE RECURSOS HUMANOS

### Mais doutorados, porém um futuro incerto

O amplo sistema universitário público sempre foi a espinha dorsal da ciência brasileira. Por sua vez, ele está fundamentado em um forte e diversificado sistema de ensino de pós-graduação. Também ocorreu um crescimento robusto do número de doutorados realizados; a meta para 2022, de 29 mil novos diplomas, poderia ser alcançada (Tabela 8.1) se fosse mantido o ritmo médio de crescimento anual de 6,3%, visto ao longo de 2015-2019 (Capes, 2020). Programas de graduação, por outro lado, dependem mais do setor privado (Chaimovich; Pedrosa 2015). A meta de que 12% de todos os diplomas de graduação em engenharia sejam conferidos até 2022 apresenta boas chances de ser alcançada.

De 2010 a 2015, o número de bolsas de doutorado concedidas pela Capes quase dobrou. Depois de progredir anualmente em 14% até 2015, o ritmo de crescimento desacelerou para apenas 4% no período acumulado de três anos até 2018 (Figura 8.6). Como os programas de doutorado levam pelo menos quatro anos para amadurecer, os efeitos dessas tendências somente serão refletidos no número de diplomas concedidos em 2020 e nos anos posteriores.

### Mulheres avançam no ensino superior

Nas últimas décadas, as mulheres avançaram mais rapidamente do que os homens nas conquistas educacionais, o que reflete uma

tendência geral ligada mais intimamente à mudança de atitudes sociais do que a qualquer política governamental específica. Desde 2005, a maioria dos novos graduados é composta por mulheres. Em 2017, elas representaram 54% dos graduados.

Em 2017, apenas os campos de engenharia e ciências exatas e da terra foram dominados por graduados do sexo masculino (66%). As ciências da saúde, por outro lado, foram dominadas pelas mulheres (67%) (Capes, 2020).<sup>11</sup>

### Crescimento lento no número de pesquisadores

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações não atualizou os dados agregados relativos ao número de pesquisadores do

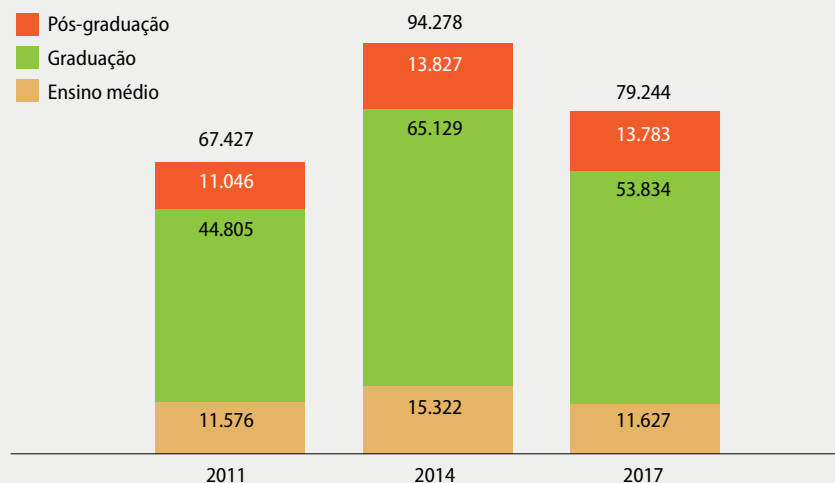


Figura 8.6: Tendências de recursos humanos no Brasil



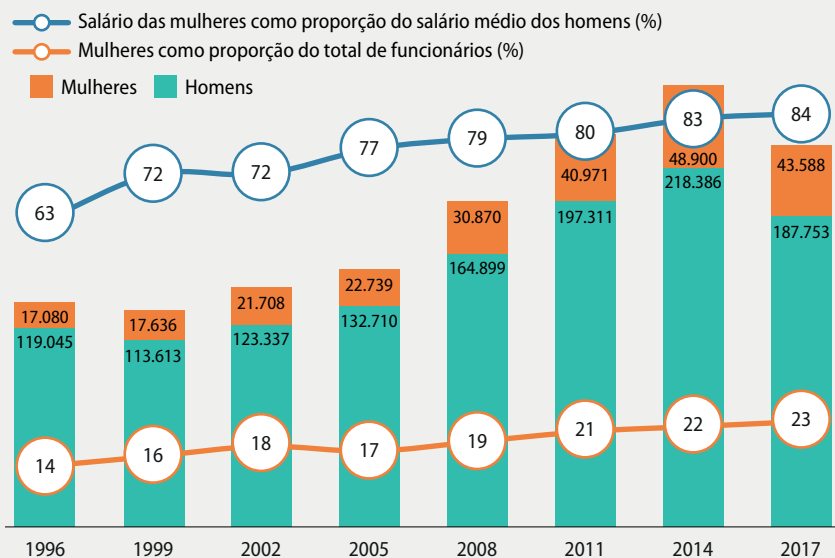
### Pesquisadores (HC) empregados no setor empresarial no Brasil, 2011, 2014 e 2017

Por maior nível de educação



A taxa de pesquisadores sem graduação superior e de diplomas universitários caiu de 17,2% em 2011, para 14,7% em 2017.

### Emprego na área de engenharia no Brasil, 1996-2017



Menos engenheiras (11%) do que engenheiros (14%) perderam seus empregos no período 2014-2017, marcado pela recessão.

### Pesquisadores (HC) no Brasil

**316.822**  
em 2014

### Pesquisadores acadêmicos (HC) no Brasil

**66.026**  
em 2017



**61.197**  
em 2015

### Bolsas de doutorado concedidas pela Capes

**43.327**  
em 2019



**42.779**  
em 2015



**21.941**  
em 2010

O número de bolsas de doutorado concedidas pela Capes diminuiu pela primeira vez em uma década, uma queda de 2,7% entre 2018 e 2019.

país desde 2014. Entretanto, existem formas de se contornar esse obstáculo, pelo menos parcialmente. Graças à Pesquisa de Inovação do IBGE e aos dados da Capes sobre matrículas em programas de pós-graduação em universidades e em alguns institutos de pesquisa do país, uma *proxy* do número de pesquisadores que participam de pesquisas acadêmicas, podemos tirar algumas conclusões quanto à situação da comunidade de pesquisa brasileira.

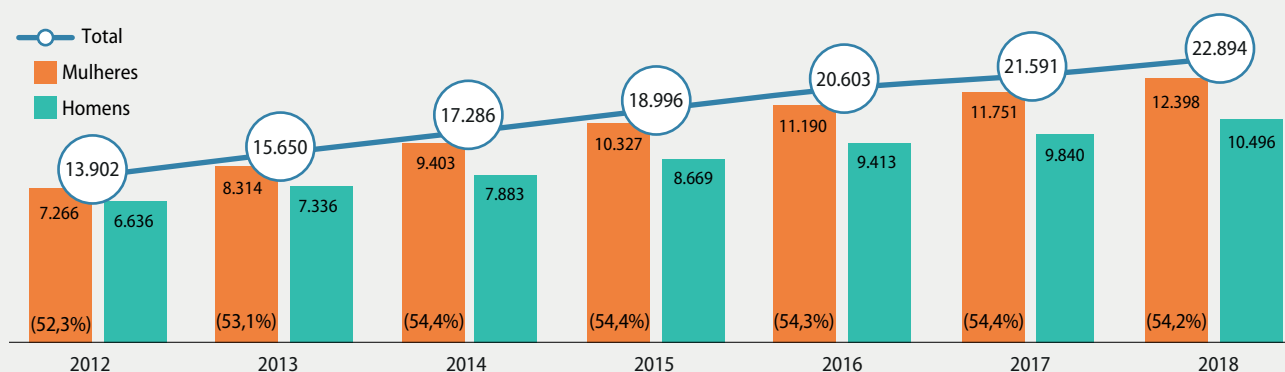
De 2015 a 2017, o número de pesquisadores apresentou um avanço anual de 3,9%. Embora o ritmo de crescimento tenha sido mais lento do que no período de 2005 a 2010 (5,8%), ou de 2010 a 2015 (6,1%), os programas de pós-graduação não foram

tão atingidos pela recessão de 2015-2016 como outras áreas de ciência e tecnologia (Figura 8.6).

Quando consideramos o pessoal de pesquisa como um todo, incluindo técnicos e pessoal de apoio, percebemos que a expansão que acompanhou o *boom* econômico até 2014 desde então se reverteu. Os pesquisadores que cursam o ensino médio foram os mais afetados pelos cortes no orçamento entre 2014 em 2017. Um quarto deles (24%) perdeu seus empregos, em comparação a 17% do pessoal de pesquisa com graduação e 0,3% daqueles com pós-graduação.

Os dados de 2014 e 2017 incluem os totais de funcionárias, mas sem referência ao nível de escolaridade. As mulheres

**Número de doutorados concedidos por sexo, 2012-2018**



*O período de 2010-2015 testemunhou o ritmo de crescimento mais rápido no ensino de pós-graduação desde 2005.*

**Número de estudantes brasileiros matriculados em pós-graduação**

**66.026**  
em 2017



**61.197**  
em 2015



**45.460**  
em 2010



**34.243**  
em 2005

**Participação de pesquisadores entre os docentes das universidades de São Paulo e Rio de Janeiro**

**50%**  
em 2005



**43%**  
em 2010



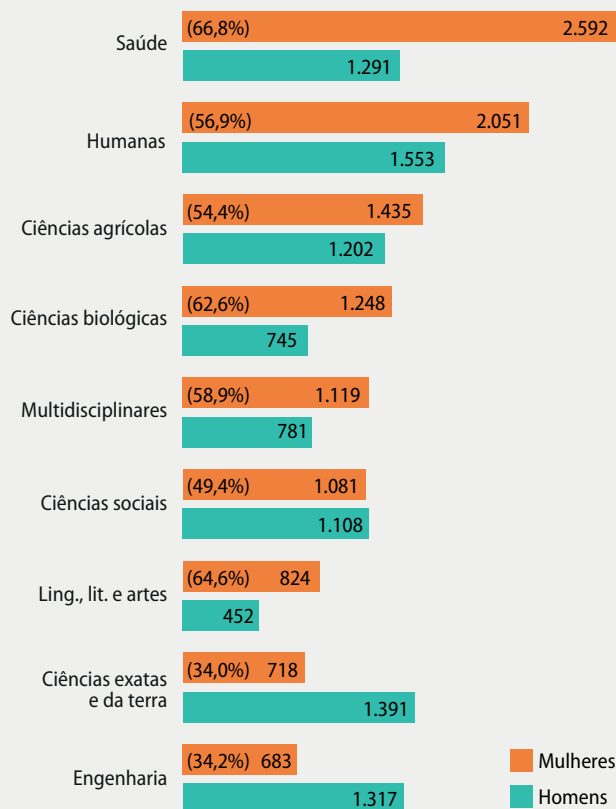
**40%**  
em 2015



**38%**  
em 2017

**Doutorados concedidos por área de estudo e sexo, 2017**

A parcela de mulheres é apresentada entre parênteses



Fonte: Pesquisadores acadêmicos: Capes (2020); pesquisadores em negócios: IBGE (2011, 2014 e 2017); emprego em engenharia: Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), dados processados pelos autores; doutorado: base de dados do Geocapes e Plataforma Sucupira.



representavam 21% do pessoal de pesquisa (19.660) em 2014, e 24% (18.673) em 2017, o que sugere que elas foram menos afetadas por cortes no orçamento do que seus colegas homens. A partir disso, podemos supor que mais mulheres do que homens que trabalham no campo da pesquisa atingiram níveis mais altos de educação. Encontramos o mesmo padrão na área de engenharia.

### **Redução da disparidade salarial de gênero**

Um objetivo da *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022* consistiu em melhorar a participação das mulheres em profissões relacionadas a ciências e engenharia. Políticas federais e estaduais iniciadas antes de 2015 levaram a uma melhoria notável nessa área. Por exemplo, a diferença salarial entre homens e mulheres diminuiu para níveis históricos.

Apesar da recessão de 2015, as engenheiras mantiveram sua trajetória ascendente dos últimos 20 anos. Em 2017, elas representavam 23% dos profissionais de engenharia no país (Figura 8.6). Ao longo dos três anos até 2017, 14% de engenheiros perderam seus empregos, em comparação com 11% de engenheiras. Essas profissionais ainda ganham apenas 84% do salário dos seus colegas do sexo masculino, embora a disparidade salarial esteja diminuindo gradualmente (Figura 8.6). As mulheres também tendem a ter um nível mais alto de conquistas educacionais do que os homens: 12,0% das engenheiras realizaram pós-graduação em 2017, em comparação com 7,4% de seus colegas homens.

A discrepância nas conquistas educacionais persiste para mulheres que se identificam como negras: 9,0% possuem pós-graduação, em comparação com 5,8% dos homens negros. No geral, os negros representam um em cada cinco profissionais de engenharia no Brasil: 21% de homens e 22% de mulheres.

Ao menos na área de engenharia, a disparidade salarial é mais intimamente associada ao sexo de uma pessoa do que à sua etnia. Os salários médios de homens negros (R\$ 12.071) e brancos (R\$ 12.949) eram semelhantes em 2017, e o mesmo pode ser dito para as mulheres (R\$ 10.563 para brancas, e R\$ 10.161 para negras).

## TENDÊNCIAS DE DISPARIDADES REGIONAIS

### **Políticas começam a dar frutos**

A *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022* estabeleceu o objetivo de reduzir disparidades nas áreas de ciência e engenharia. Políticas federais e estaduais implementadas antes de 2015 estão começando a dar frutos agora. O Brasil conseguiu reduzir a concentração histórica do ensino de pós-graduação nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, que abrigam as maiores e mais tradicionais universidades públicas do país. Em 2005, esses dois estados representavam 68% dos doutorados no país. Em 2010, essa proporção caiu para 59% e, depois, para 49% (2015) e 45% (2018) (Capes, 2020).

Essa tendência de descentralização deve continuar, embora em um ritmo mais lento, uma vez que é, em parte, consequência da expansão do sistema federal de universidades entre 2005 e 2012, o qual já foi concluído.

A expansão do ensino de pós-graduação nos próximos anos seria algo benéfico para o grupo de universidades federais e alguns sistemas estaduais mais novos, mas isso pode não se

materializar, tendo em vista a redução do número de bolsas de estudo de pós-graduação estipuladas em 2019 pelo novo governo, bem como as restrições existentes ao investimento.

Em termos de distribuição regional dos membros do corpo docente, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro têm as maiores concentrações, mas suas proporções combinadas diminuíram ao longo dos anos, uma vez que o número de professores tem aumentado em outros lugares. Esses dois estados representavam cerca de 50% do corpo docente de pesquisa em 2005, 43% em 2010, 40% em 2015, e 38% em 2017.

### **Disparidades regionais em inovação empresarial**

Apesar de alguns esforços por parte dos governos central e local, os estados do Sudeste e do Sul do Brasil ainda hospedam cerca de 90% de empresas intensivas em pesquisa.<sup>12</sup> Na verdade, em 2014 e 2017, apenas o estado de São Paulo foi responsável por 49% da participação nas despesas com pesquisa interna por setor. Para colocar esses dados em contexto, em 2017, São Paulo respondeu por 22% da população brasileira e por 32% do PIB nacional.

Assim, persistem grandes diferenças entre o Norte e o Sul, onde a inovação empresarial é uma realidade, apesar de alguns avanços desde o início de 2000 na descentralização da economia brasileira, em um momento no qual estados do Nordeste experimentaram um crescimento mais rápido do que os de outras regiões.

### **Disparidades regionais no financiamento estatal de pesquisa**

Existem também grandes disparidades regionais no financiamento estatal de P&D, apesar de ter ocorrido algum progresso nas últimas duas décadas, especialmente porque o governo expandiu o sistema federal das universidades em certos estados.

Porém, se excluirmos o financiamento federal, o estado de São Paulo responde por uma parcela ainda maior das despesas públicas com pesquisa por estado do que das despesas empresariais com P&D (Figura 8.2). Desde 2014, esse indicador teve poucas mudanças.

A preeminência de São Paulo em P&D com financiamento federal pode ser atribuída a uma combinação de universidades públicas fortes (USP, Unicamp, Unesp) e fundos de pesquisa sustentáveis administrados pela Fapesp. Essa fundação goza de autonomia operacional, graças ao financiamento em forma de participação anual de 1% dos impostos estaduais sobre vendas, por disposição inscrita na Constituição do Estado. A Constituição também prevê que apenas 5% do orçamento da Fapesp seja utilizado para fins administrativos, limitando assim seus potenciais usos indevidos (Chaimovich; Pedrosa, 2015).

Até agora, as disparidades existentes no financiamento científico estatal têm sido compensadas pelos gastos de órgãos federais, mas, conforme foi visto, sua capacidade de financiar CTI foi comprometida nos últimos anos.

## CONCLUSÃO

### Realizações científicas e sociais notáveis

A qualidade e a quantidade da produção científica brasileira progrediram consideravelmente desde 2011, como foi mostrado pelas tendências de publicação. Os cientistas brasileiros enfrentaram o desafio de duas epidemias sucessivas, a da zika em 2015 e a da COVID-19 em 2020. Nesse último caso, organizações e pesquisadores brasileiros se uniram a esforços internacionais para produzir vacinas contra a doença.

Cientistas e engenheiros brasileiros também estão em vias de completar a Sirius, uma das mais sofisticadas fontes de luz síncrotron do mundo. Essa é uma conquista admirável.

Ainda, o Brasil lançou um novo satélite geostacionário capaz de proporcionar acesso à internet de banda larga para as partes mais remotas do país, o que tem repercussões socioeconômicas positivas.

Tecnologias digitais como a IA estão começando a ser usadas por setores governamentais e áreas econômicas mais inovadoras e competitivas, como bancos e agricultura. O novo sistema de pagamentos instantâneos do Banco Central promete revolucionar as transações financeiras no país, uma das primeiras iniciativas desse tipo em âmbito mundial. Sistemas de IA e a internet das coisas também estão sendo desenvolvidos e implementados em empresas de produção de alimentos e biocombustíveis.

Outra história de sucesso são os polos de inovação tecnológica em *campi* universitários. Eles impulsionaram a geração de patentes, a colaboração científica com a indústria e a incubação de *startups* de base tecnológica.

Também houve avanços na redução das disparidades regionais em ciências e no ensino de pós-graduação. Na área de engenharia, as mulheres foram menos afetadas pelos cortes no orçamento do que seus colegas do sexo masculino, o que reflete seus níveis mais elevados de conquistas educacionais – e, talvez, também a disparidade salarial de gênero, mesmo que esta tenha caído para um nível historicamente baixo.

No que diz respeito às políticas ambientais, existem iniciativas como o sistema de créditos de descarbonização (CBIO) (ANP, 2019), que está em sintonia com o Acordo de Paris (2015). O Brasil continua sendo um dos poucos países que podem declarar ter mais de 80% de sua eletricidade gerada por fontes renováveis. O Programa RenovaBio e o plano de investimento em biocombustíveis 2020-2030 (EPE, 2019) sugerem que os biocombustíveis impulsionarão cada vez mais o transporte e a geração de eletricidade, permitindo assim que o Brasil permaneça como um líder neste campo.

### Ressurgimento das desigualdades sociais

Essas são as boas notícias. Outras tendências são menos encorajadoras. Nas últimas décadas, as políticas sociais brasileiras tiveram sucesso em reduzir os níveis de pobreza e desigualdade. Essa tendência positiva já estava sob pressão em 2015, quando o país entrou em recessão (Chaimovich; Pedrosa, 2015). A subsequente recuperação econômica ao longo de 2017-2019 se mostrou muito modesta para prevenir o ressurgimento das desigualdades sociais.

Nos últimos dois anos, esse problema recebeu atenção política insuficiente, a julgar pelo crescente número de pessoas que estão voltando à situação de pobreza extrema. Com a pandemia da COVID-19 tendo infligido grandes dificuldades

em um amplo segmento da população, o problema deve ser priorizado para garantir a coerência da agenda de desenvolvimento sustentável do país.

O governo também tem demonstrado pouco interesse em políticas de ação afirmativa, apesar de estas serem capazes de melhorar o acesso de negros e de grupos étnicos minoritários ao ensino superior público e à profissionalização.

### Necessidade de maior monitoramento ambiental

No campo da proteção ambiental, mesmo em uma época de legislação e estatutos regulatórios robustos, tem sido difícil transformar esse marco jurídico em ações concretas. A situação piorou nos últimos dois anos, uma vez que a legislação e os mecanismos de controle foram revertidos.

Crises ambientais graves, envolvendo o rompimento de barragens e a crescente incidência de incêndios na Floresta Amazônica e na região do Pantanal atestam que o monitoramento e o sistema de prevenção são insuficientes.

### Queda em depósitos de patentes pela indústria

Uma preocupação política importante deve ser a queda nos pedidos de patentes pelo setor industrial. Os gastos das empresas com P&D diminuíram drasticamente. Isso faz parte de uma tendência mais ampla. O investimento empresarial geral está sendo reduzindo, assim como a participação da produção industrial no PIB e a participação do Brasil no comércio exterior, principalmente no que diz respeito à exportação de produtos manufaturados. Estes são sinais de alerta, pois são indicadores de uma economia inovadora. O ritmo lento da transformação digital pela indústria é uma consequência óbvia dessa falta de inovação por parte do setor industrial.

Até mesmo o ensino de pós-graduação, a menina dos olhos do sistema nacional de inovação, parece estar entrando em um período de estagnação, ou pior; desde 2015, com os cortes nos gastos realizados pelos órgãos federais, o financiamento da pesquisa tem diminuído, às vezes em um nível considerável.

### Necessidade de melhor avaliação das políticas

As tendências negativas mencionadas acima podem estar impedindo a implementação da *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022*, que foi influenciada pela *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*, ou de sua versão revisada, o *Plano Estratégico 2020-2030*.

De forma mais ampla, os sucessivos planos nacionais de ciência, tecnologia e inovação tendem a definir metas elevadas, mas são necessários mais instrumentos políticos de longo prazo para alcançar suas metas quantificáveis. Também é necessária uma avaliação minuciosa dos motivos para a não realização de determinados objetivos e metas, para que os planos mais recentes adotem objetivos mais realistas e instrumentos políticos mais eficazes para que aqueles sejam alcançados.

Também seria desejável que se retornasse ao modelo de integração estreita entre ciência, planejamento e implementação de inovação socioeconômica, que foi tão positivo para o país no passado.

Os indicadores disponíveis sugerem que o sistema brasileiro de inovação chegou a uma encruzilhada. Muitos dos ganhos das décadas passadas serão perdidos se tais indicadores-chave não forem rapidamente revertidos.

## METAS-CHAVE PARA O BRASIL

O Brasil planeja:

- aumentar a intensidade de pesquisa em 1%, tanto para governo como para setores privados até 2022;
- entregar 29 mil novos diplomas de doutorado no prazo de um ano, (até 2022); e
- conferir 12% de todos os diplomas de graduação em engenharia até 2022.

**Renato Hyuda de Luna Pedrosa** (nascido em 1956, no Brasil) é professor adjunto do Departamento de Política Científica e Tecnológica na Unicamp. Teve o título de PhD em matemática conferido pela Universidade da Califórnia, em Berkeley (EUA).

**Hernan Chaimovich** (nascido em 1939, no Chile) é conselheiro especial da Diretoria Científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Publica regularmente artigos científicos em periódicos, revistas e jornais relacionados a ensino superior, ciências e políticas tecnológicas. O prof. Chaimovich teve o título de PhD em ciências biológicas conferido pela USP.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. *Quase 25 milhões de chaves do Pix são cadastradas em cinco dias*. Brasília, 9 out. 2020.

ALVES, R. *Relatório de segurança de barragens 2017*. Brasília: Agência de Águas e Saneamento Básico, 2018.

ANP. *Resolução ANP N. 802*. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2019. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-802-de-5-de-dezembro-de-2019-231852634>>.

BERALDO, P. "Brasil está voltando ao mapa da fome", diz chefe de agência da ONU. *Estadão*, 12 maio, 2020.

BCB. *Circular n° 4.027*. Brasília: Banco Central do Brasil, 12 jun. 2020.

BCB. *Voto 73/2019*. Brasília: Banco Central do Brasil, 23 abr. 2019.

BRASIL. Ministério da Cidadania. *Auxílio emergencial e bolsa família são destaque em reunião do governo brasileiro com o FMI*. Brasília, 30 set. 2020. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y4cx6tx5>>.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. *Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação 2016-2022: sumário executivo*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2018a. Disponível em: <[https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/Arquivos/PlanosDeAcao/PACTI\\_Sumario\\_executivo\\_Web.pdf](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/Arquivos/PlanosDeAcao/PACTI_Sumario_executivo_Web.pdf)>.

BRASIL. Ministério da Economia. *Apresentação do ministro Esteves sobre Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Endes)*. Brasília, 2018b. Disponível em: <[https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/apresentacoes/planejamento/2018/apresentacaoesteves\\_endes.pdf/view](https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/apresentacoes/planejamento/2018/apresentacaoesteves_endes.pdf/view)>.

BRITO CRUZ, C. H. Benchmarking university–industry collaboration in Brazil. In: Reynolds, Elizabeth B.; Schneider, Ben Ross; Zylberberg, Ezequiel (Eds.). *Innovation in Brazil: advancing development in the 21<sup>st</sup> century*. London: Routledge, 2019. p. 120-143.

BUSS, L. F. et al. COVID-19 herd immunity in the Brazilian Amazon. *Medrxiv*, 21 Sep. 2020. Disponível em: <<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.09.16.20194787v1>>.

CAPES. *GEOCAPES – Sistema de Informações Georreferenciadas: plataforma de acesso aberto*. Brasília: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Ministério da Educação, 2020.

CHAIMOVICH, Hernan; PEDROSA, Renato H. L. Brazil. In: SCHNEEGANS, S.; ERÖCAL, D. (Eds.). *UNESCO Science Report: towards 2030*. Paris: UNESCO Publishing, 2015, p. 210-229.

DAMASO, O. *Open banking: apresentação*, Banco Central do Brasil, 2019. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y37erogt>>.

DE OLIVEIRA ANDRADE, R. Dam disaster risk means independent reviews a must: researchers. *SciDevNet*, 20 Feb. 2020.

DINIZ, Eduardo H. *10 anos de internet banking: desvendando o processo de incorporação de tecnologia em banco brasileiro através de uma abordagem sociotécnica*. São Paulo: Escola de Administração de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, 2006.

EPE. *Anuário estatístico de energia elétrica 2016: ano base 2015*. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, 2016.

EPE. *Investimentos e custos operacionais e de manutenção no setor de biocombustíveis*. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, dez. 2019.

FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. *The State of food security and nutrition in the world 2020*. Rome: Food and Agriculture Organization; New York: International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund; Geneva: World Food Programme and World Health Organization, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9692en>.

FAPESP. Patentes de invenção. Dados. *Revista Pesquisa Fapesp*, São Paulo Research Foundation, n. 257, jul. 2017. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y28fueor>>.

FAPESP. *Programa Fapesp de Pesquisa em Bioenergia (Bioen)*. 2020a. Disponível em: <<https://fapesp.br/14757/bioen-2020-2030-proposta-de-programa>>.

FAPESP. *Programa Fapesp de Pesquisa em Bioenergia (Bioen)*. 2020b. Disponível em: <<http://www.bioenfapesp.org/>>.

IBGE. *Pesquisa de inovação – PINTEC 2011*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?=&t=downloads>>.

IBGE. *Pesquisa de inovação – PINTEC 2014*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?=&t=downloads>>.

IBGE. *Pesquisa de inovação – PINTEC 2017*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?=&t=downloads>>.

IBGE. *Pretos e pardos estão mais escolarizados, mas desigualdade em relação aos brancos permanece*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 13 Nov. 2019.

IBGE. *Sistema de contas nacionais trimestrais*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y427n4ks>>.

ITS RIO. Brazil's 'Auxílio Emergencial' and 'Caixa Tem' apps. Institute for Technology and Society of Rio de Janeiro. *Medium*, 16 Jun. 2020.

IMF. *World economic outlook: a long and difficult ascent*. Washington, DC: International Monetary Fund, Oct. 2020.

INOVA. *2019 annual report*. Campinas: Unicamp Inova Innovation Agency, 2020.

LASA. *Área queimada: Pantanal 2020*. Rio de Janeiro: Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y2jduqhd>>.

NASA. *Fires char the Pantanal*. National Aeronautics and Space Administration Earth Observatory, 27 Aug. 2020.

OECD; FAO. *OECD-FAO agricultural outlook 2020-2029*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; Rome: Food and Agriculture Organization, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>.

OWID. *Electricity production by source*. Oxford, United Kingdom: Our World in Data, 2020.

SUMNER, A.; HOY, C.; ORTIZ-JUAREZ, E. *Estimates of the impact of covid-19 on global poverty*. Helsinki: United Nations University World Institute for Development Economics Research, 2020. (WIDER working paper 2020/43).

TIAGO, E. Cresce a venda de máquina conectada: campos digitais, valor setorial.: *Valor Econômico, Agronegócio*, São Paulo, 2019.

ZAPAROLLI, D. Agricultura 4.0. *Revista Pesquisa Fapesp*. São Paulo, São Paulo Research Foundation, ed. especial, 2019.

## NOTAS

- 1 Indústrias extrativas de mineração, petróleo e gás também foram consultadas na Pesquisa Nacional de Inovação 2017, assim como empresas do setor de serviços, desde que ligadas à tecnologia. Por exemplo, provedores de telecomunicações e internet estão incluídos, bem como de instalações de energia elétrica e gás.
- 2 O IBGE é responsável pelo desenvolvimento e pela produção de indicadores para os ODS, em parceria com outros ministérios e órgãos federais, como o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; o Ministério do Meio Ambiente; a agência de estatística do Ministério da Educação, e o Ministério da Saúde.
- 3 Ver (em português): <<https://odsbrasil.gov.br/>>.
- 4 Em 2016, por meio da Lei nº 13.341, o governo agregou a pasta de Comunicações ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, que passou a se chamar Ministério da Ciência, Tecnologia, Informação e Comunicações. Quatro anos depois, o governo Bolsonaro restaurou o Ministério das Comunicações, revivendo assim o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.
- 5 Como os dados mais recentes disponíveis abrangem o período até 2018, ao discutir objetivos e metas para a ciência e a tecnologia, os autores se referem à Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022, e não ao documento mais recente.
- 6 Ver: <<https://tinyurl.com/STI2020-2030>>.
- 7 A pobreza extrema corresponde a uma renda diária inferior a PPC\$ 1,90.
- 8 Em setembro de 2020, o governo federal anunciou que o valor das parcelas mensais seria reduzido para R\$ 300, com mais quatro parcelas previstas para dezembro do mesmo ano.
- 9 O INPE divulgou a perda de 10.129 km<sup>2</sup> de floresta tropical entre agosto de 2018 e julho de 2019, uma área de extensão próxima à do Líbano.
- 10 Entre os 36 países que produziram pelo menos 100 TWh de eletricidade em 2019, o Brasil ficou atrás apenas da Noruega (98%) na participação de fontes renováveis de energia. A média foi de 38% para a Europa, 30% para a China e 17% para os EUA (OWID, 2020).
- 11 No sistema brasileiro, a medicina é um curso de graduação, enquanto todos os doutorados em ciências da saúde são acadêmicos, ao contrário de alguns outros países. O mesmo também acontece quanto ao direito, que faz parte das ciências sociais no agrupamento apresentado.
- 12 Os dados por regiões e estados das Pesquisas de Inovação do IBGE estão disponíveis apenas para as indústrias de mineração/petróleo e transformação. Como essas indústrias responderam por 69% do total de P&D interno das empresas no Brasil, as participações nos gastos empresariais totais com P&D por estado não devem variar muito em relação ao setor industrial.

# RELATÓRIO DE CIÊNCIAS DA UNESCO

## A corrida contra o tempo por um desenvolvimento mais inteligente

### RESUMO EXECUTIVO E CENÁRIO BRASILEIRO

É impressionante ver como as prioridades de desenvolvimento se alinham nos últimos cinco anos. Países de todos os níveis de renda estão priorizando sua transição, em paralelo, para economias digitais e “verdes”. Essa dupla transição reflete um duplo imperativo. Por um lado, o tempo urge para que os países alcancem seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030. Por outro lado, os países estão convencidos de que sua competitividade econômica no futuro dependerá da rapidez com a qual realizarão a transição para sociedades digitais. O subtítulo do Relatório de Ciências da UNESCO, “a corrida contra o tempo por um desenvolvimento mais inteligente”, é uma referência a essas duas prioridades.

Esta sétima edição do Relatório analisa a trajetória de desenvolvimento que os países têm seguido nos últimos cinco anos sob a perspectiva da governança científica. Ele documenta a rápida transformação social que está acontecendo atualmente, a qual oferece novas oportunidades de experimentação social e econômica, mas que também corre o risco de ampliar as desigualdades sociais, a menos que sejam implementadas garantias.

O Relatório conclui que os países terão de investir mais em pesquisa e inovação se quiserem ter sucesso em sua dupla transição, digital e verde. Desde 2014, mais de 30 países já aumentaram seus gastos com pesquisa, de forma alinhada a seus compromissos com os ODS. Apesar desse avanço, oito em cada dez países ainda aplicam menos de 1% do PIB em pesquisa, o que perpetua sua dependência de tecnologias estrangeiras.

Uma vez que caberá ao setor privado conduzir grande parte dessa dupla transição, verde e digital, os governos têm se esforçado para facilitar a inovação no setor privado, por meio de novos instrumentos de políticas, como centros de inovação digital, nos quais as empresas podem “testar antes de investir” em tecnologias digitais. Alguns governos também buscam melhorar o *status* dos pesquisadores, por meio de aumentos salariais e outros recursos. Desde 2014, a quantidade mundial de pesquisadores aumentou.

A pandemia da COVID-19 dinamizou os sistemas de produção de conhecimento. Essa dinâmica se fundamenta na tendência ao aumento da colaboração científica internacional, o que é um bom sinal para o enfrentamento de outros desafios globais, como a mudança climática e a perda de biodiversidade. No entanto, de acordo com um novo estudo da UNESCO, a pesquisa sobre sustentabilidade ainda não faz parte da corrente principal das publicações acadêmicas, embora os países estejam investindo mais em tecnologias verdes do que no passado.

