

Marco Antonio Vargas¹
Nathalia Guimarães Alves²
Matias Mrejen³

Ciência, tecnologia e inovação em tempos de pandemia: implicações da Covid-19⁴

RESUMO

O artigo analisa os impactos decorrentes da pandemia Covid-19 na organização e fomento das atividades de ciência, tecnologia e inovação em saúde, no mundo e no Brasil, tendo em vistas dois aspectos. O primeiro, relativo aos mecanismos de coordenação e apoio a essas atividades que passaram a ser adotados no enfrentamento da pandemia. O segundo, relativo à evolução recente da produção científica sobre a Covid-19. A análise explicita a importância estratégica das instituições públicas de pesquisa e de fomento na organização e coordenação das atividades de ciência, tecnologia e inovação em saúde, e a crescente incorporação de novas plataformas tecnológicas associadas à 4ª Revolução Tecnológica nessas atividades. Entretanto, reforça a percepção sobre as assimetrias existentes na produção de conhecimento científico em âmbito mundial e evidencia a necessidade de atuação estratégica do Estado na articulação entre os interesses públicos e privados em prol da produção em saúde e da garantia de acesso à população.

Palavras-chave

Covid-19; Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS); Ciência, tecnologia e inovação em saúde; Análise bibliométrica; Redes de colaboração; Políticas de CT&I.

ABSTRACT

The paper analyses the impacts resulting from COVID-19 pandemic on the organization of and incentive to science, technology and innovation in health activities worldwide and nationally, focusing on two aspects. One is related to the adopted mechanisms of coordination of and support to these activities in order to face the pandemic. The other is related to the recent evolution of scientific production on Covid-19. The analysis highlights the strategic importance of public research and incentive institutions in the organization and coordination of science, technology and innovation in health activities and the increasing incorporation of new technological platforms associated with the industrial revolution 4.0. It reinforces, however, the perception of existing worldwide asymmetries in the production of scientific knowledge and stresses the need of a strategic approach from the State in the coordination of public and private interests in favor of health production and ensuring the population's access to health.

Keywords

Covid-19; Health Economic-Industrial Complex (HEIC); Science, technology and innovation in health; Bibliometric analysis; Collaboration networks; ST&I policies.

1. Universidade Federal Fluminense (UFF), e-mail: mvargas@economia.uff.br

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e-mail: nathaliaalves@globo.com

3. Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (IEPS), e-mail: mmrejen@gmail.com

4. Este artigo conta com apoio financeiro da Fiocruz por meio do projeto "Desafios para o Sistema Único de Saúde no contexto nacional e global de transformações sociais, econômicas e tecnológicas - CEIS 4.0". As opiniões expressas refletem a visão dos autores.

1. Introdução

Desde o início da pandemia Covid-19, diversos países têm ampliado consideravelmente seus mecanismos de apoio às atividades de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no campo da saúde. Tal esforço parte do reconhecimento do papel crucial da ciência e da tecnologia no enfrentamento de crises dessa magnitude e envolve tanto o financiamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em vacinas e outros produtos necessários no combate imediato à pandemia, como a mobilização de redes internacionais de cooperação científica e tecnológica.

Em função da sua escala e impactos, a pandemia logrou, por um lado, situar as políticas científicas, tecnológicas e de inovação em saúde num espaço privilegiado do debate sobre desenvolvimento sustentável, reforçando a percepção, já presente na crise de 2008, de que Sistemas Nacionais de Inovação robustos e políticas de CT&I sistêmicas e inclusivas assumem uma importância fundamental na superação de crises. Adicionalmente, o esforço de ampliar as atividades de CT&I em saúde para o enfrentamento da pandemia Covid-19 tem contribuído para acelerar o processo de incorporação das novas plataformas tecnológicas associadas à chamada Indústria 4.0 nas atividades de P&D no campo da saúde. As novas tecnologias associadas ao uso de *big data*, inteligência artificial (IA), internet das coisas (IoT), computação em nuvem, entre outras, demonstram o caráter pervasivo e multidimensional das inovações no campo da saúde e têm sido amplamente adotadas nos diversos subsistemas que integram o Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS) (GADELHA, 2003).

Por outro lado, a crise ocasionada pela Covid-19, com suas múltiplas dimensões, demonstrou a fragilidade da retórica de equidade e colaboração entre o Norte e o Sul globais, comumente empregada por organismos multilaterais como a Organização Mundial da Saúde (OMS). Ainda que historicamente seja possível observar a existência pontual de esforços transnacionais de saúde no caso de intervenções específicas de tratamento de epidemias, a rápida disseminação da pandemia Covid-19 desafiou a capacidade dos governos e da OMS de implementar uma resposta coordenada global à pandemia (TELLEZ, 2020). Um dos exemplos mais emblemáticos deste fato reside no aumento significativo de práticas protecionistas no comércio internacional que passaram a ser adotadas por diversos países desde o início da pandemia. Na medida em que a escalada inicial da Covid-19 acarretou a escassez de diversos produtos e insumos em

saúde, tais como equipamentos de proteção individual, leitos e ventiladores hospitalares, kits de testes de diagnóstico, entre outros, os governos nacionais passaram a lançar mão de ações que envolveram desde a restrição às exportações de produtos e insumos em saúde até a apreensão e desvios de cargas de produtos médicos.⁵

O impacto decorrente da escassez de produtos e insumos de saúde foi notadamente maior em países com maior fragilidade da sua base produtiva em saúde e com maior grau de dependência externa em relação à aquisição de medicamentos, vacinas, reagentes e equipamentos médicos. No caso específico do Brasil, dos 25 produtos de saúde para o combate à Covid-19 listados pela Organização Mundial do Comércio (OMC) como estratégicos na categoria de equipamentos, o país apresenta forte dependência de importações dos Estados Unidos, que respondem por cerca de um terço do total de importações brasileiras desses produtos. Estados Unidos, China, Alemanha e Japão respondem conjuntamente por mais de 70% das importações brasileiras dos 25 equipamentos listados que são, entre outros, respiradores, termômetros e aparelhos de raio X (WTO, 2020).

Nesse aspecto, a pandemia demonstrou a importância que assume o fortalecimento da infraestrutura científica, tecnológica e de inovação em saúde e, particularmente, a articulação dessa infraestrutura com os diferentes segmentos da base produtiva em saúde, como um dos pilares fundamentais na construção de uma efetiva soberania nacional.

Diante do quadro apresentado, este artigo traz uma análise de caráter exploratório sobre os impactos decorrentes da pandemia Covid-19 na organização e fomento das atividades de CT&I em saúde no mundo e no Brasil. Em particular, o artigo analisa as implicações da pandemia no tocante aos esforços globais de CT&I a partir de dois aspectos principais. O primeiro, relativo aos mecanismos de coordenação e apoio às atividades de CT&I que passaram a ser adotados nos países desenvolvidos e no Brasil, com o objetivo de promover respostas mais ágeis em termos do desenvolvimento de vacinas, terapias e testes de diagnóstico para enfrentamento da pandemia. O segundo aspecto remete a uma análise sobre a evolução recente da produção científica mundial e nacional sobre a Covid-19 a partir de bases de dados de publicações e patentes. Tal análise permite, inicialmente, avaliar a inserção brasileira no campo da produção científica internacional sobre o tema, ao mesmo tempo que permite expli-

5. Ver: <https://www.wto.org/english/news_e/news20_e/rese_03apr20_e.pdf> e <<https://www.cartacapital.com.br/saude/eua-sao-acusados-de-reter-itens-medicos-destinados-a-outros-paises/>>. Acesso em: 7 set. 2020.

citar a importância estratégica das instituições públicas de pesquisa e de fomento à pesquisa do país na geração, difusão e financiamento das atividades de CT&I em saúde. Da mesma forma, a análise sobre as diferentes áreas que integram a produção de conhecimento científico sobre a Covid-19 serve como um indicador importante para a compreensão do caráter multidisciplinar e interdisciplinar associado à produção do conhecimento científico e tecnológico na área da saúde, e da crescente incorporação de novas plataformas tecnológicas associadas à quarta revolução tecnológica nas bases de conhecimento associadas ao processo de inovação em saúde.

O artigo está organizado em três seções, além desta introdução. A próxima seção discute as implicações da crise causada pela pandemia para as atividades de CT&I e apresenta um panorama dos mecanismos de apoio implementados por alguns países. A terceira seção apresenta uma análise bibliométrica de dados de publicações e patentes coletados das bases *Web of Science* e *Derwent Innovations Index*, respectivamente, relacionados à Covid-19 no Brasil e no mundo. A quarta e última seção da nota técnica apresenta as conclusões do artigo.

2. Implicações da Covid-19 para articulação dos esforços globais de CT&I

Desde a crise financeira internacional ocorrida em 2008, os potenciais impactos de crises econômicas e sociais sobre os sistemas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) se tornaram tópico de interesse e reflexão no mundo. Países com economias mais intensivas em conhecimento e sistemas de inovação mais desenvolvidos sofreram relativamente menos do que países que destinam menos recursos para a área de CT&I e possuem sistemas de inovação mais frágeis (UNCTAD, 2020).

Duas particularidades associadas às atividades de P&D justificam a necessidade de um foco prioritário a essas atividades em tempos de crise. Por um lado, como os resultados dos investimentos em atividades de pesquisa e inovação estão sujeitos a altos níveis de risco e incerteza, é necessário manter garantias de continuidade e compromissos de longo prazo nos apoios à CT&I. Por outro lado, as dificuldades na formação e retenção em atividades de P&D de recursos humanos capacitados exigem

sistemas de pesquisa que garantam incentivos apropriados de forma persistente e continuada, diante da cumulatividade dos processos de construção de capacitações em ciência e tecnologia (ABI YOUNES *et al.*, 2020; UNCTAD, 2020). Tais particularidades colocam o Estado como um ator central no equacionamento de políticas públicas que permitam articular tanto a dimensão econômica como a dimensão social, particularmente no campo das inovações em saúde.

Com a emergência da pandemia global de Covid-19 no início de 2020, observou-se a aceleração dos processos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) apoiados por financiadores públicos e privados. Como resultado, centenas de ensaios clínicos de vacinas e medicamentos candidatos, novos ou já existentes, foram registrados desde o início de 2020 (OECD, 2020; LIU *et al.*, 2020). A testagem de múltiplas abordagens aumenta a probabilidade de pelo menos um ou alguns candidatos serem bem-sucedidos. Entretanto, a experimentação não coordenada e a falta de adesão a padrões compartilhados em pesquisa comprometem a geração de evidências; aumentam a frequência de ensaios clínicos que não são conclusivos; e elevam o dispêndio de tempo e de recursos financeiros e humanos (TELLEZ, 2020).

Uma das frentes onde a cooperação internacional para enfrentamento da pandemia tem se mostrado mais relevante diz respeito ao conjunto de iniciativas para o desenvolvimento de vacinas e medicamentos para a imunização e tratamento da Covid-19.

No caso de novas vacinas, o potencial para proteger sociedades inteiras de surtos de doenças infecciosas só é realizado se uma grande parte da população é imunizada. É necessária a provisão de um número grande de doses a preços acessíveis para atender as demandas dos sistemas nacionais de saúde (OECD, 2020). Isso exige o acesso internacional às tecnologias relevantes, rápida capacidade de difusão e acesso a baixo custo.

Todas as vacinas em desenvolvimento são novas e provavelmente serão patenteáveis (OECD, 2020). Grandes empresas farmacêuticas estão envolvidas em projetos para desenvolvimento de vacinas e para fabricação e distribuição do produto. À medida em que essas empresas buscam rentabilidade, a proteção de patentes e outros mecanismos de proteção de direitos de propriedade intelectual são considerados centrais para seu engajamento estratégico. No entanto, tais interesses geralmente entram em conflito com o interesse mais amplo da saúde pública em garantir ampla disponibilidade e provisão a preços acessíveis para enfrentar uma pandemia mundial (TELLEZ, 2020).

Da mesma forma, a maioria dos medicamentos em ensaios clínicos para o tratamento da Covid-19 já está autorizada para outras doenças, mas os medicamentos também estão sob proteção de mecanismos de propriedade intelectual em algumas jurisdições. Várias opções estão surgindo para o gerenciamento de direitos de propriedade intelectual durante esta crise, por exemplo, combinando modelos de “inovação aberta”, *pools* de patentes e licenças voluntárias (OECD, 2020; TELLEZ, 2020).

O acordo da OMC sobre Aspectos Relacionados ao Comércio dos Direitos de Propriedade Intelectual (Trips) permite alguma margem de manobra aos governos nacionais na aplicação de flexibilidades nos regimes de proteção de patentes quando relacionados a objetivos políticos nacionais para proteção de interesses essenciais de segurança, inclusive na garantia de condições de acessibilidade e proteção da saúde pública. Entretanto, a existência de mecanismos de flexibilidade e salvaguardas previstas pelo Trips não constituem, por si só, uma garantia de acesso a medicamentos e outros insumos de saúde, particularmente no caso de países periféricos (CASAS, 2009). Um exemplo dessas limitações são os controles de exportações de equipamentos e insumos médicos durante a pandemia, como as regras proibindo a compra de materiais e equipamento de proteção pessoal impostas pelos Estados Unidos aos países beneficiários de fundos de ajuda externa (BAKER, 2020).

Adicionalmente, observa-se que as companhias biofarmacêuticas não têm contribuído de forma significativa com o *pool* de patentes instaurado pela OMS. Essas empresas estão recebendo bilhões de dólares de financiamento, na maioria dos casos sem contrapartidas explícitas sobre os prazos, preços e países que terão acesso às vacinas, ou diretamente priorizando os maiores financiadores (BAKER, 2020). Nesse sentido, a disputa entre os Estados Unidos e a China pela obtenção da vacina está relacionada tanto com o aspecto simbólico da disputa geopolítica entres esses dois países quanto com o objetivo de garantir a atenção prioritária à demanda em saúde no plano nacional. De fato, tanto a China e os Estados Unidos quanto os países europeus agrupados na *Inclusive Vaccines Alliance* (França, Alemanha, Itália e os Países Baixos) estão realizando esforços ativos para garantir o acesso prioritário à vacina (KUPFERSCHMIDT, 2020)

A OMS, por sua vez, tem buscado criar plataformas de colaboração internacional que permitam acelerar os processos de PD&I e garantir acesso global equitativo a diagnósticos, vacinas e tratamentos seguros e eficazes. Uma dessas iniciativas é o Acelerador de Acesso às Ferramentas Covid-19 (*ACT-Accelerator*), que constitui uma plataforma de colaboração global entre entidades públicas e privadas para P&D. Uma

segunda iniciativa é o Covid-19 Technology Access Pool (C-TAP), um *pool* de patentes, conhecimentos e dados vinculados à Covid-19 (UNCTAD, 2020). Os *pools* de patentes funcionam como uma coleção de patentes com diferentes titulares que são disponibilizadas em conjunto de forma gratuita ou por um valor preestabelecido. Iniciativas desse tipo têm sido adotadas pelas Nações Unidas em ocasiões prévias para drogas contra o HIV, a hepatite C e a tuberculose. Embora a participação seja voluntária, diante de situações de necessidade pública, os governos podem também impor mecanismos de licenciamento compulsório aos titulares das patentes (ABI YOUNES *et al.*, 2020).

Dentre as iniciativas nacionais de mobilização do sistema de CT&I para enfrentamento da Covid-19 destaca-se, nos Estados Unidos, a Operação Warp Speed, para a qual foram alocados aproximadamente US\$ 10 bilhões: mais de US\$ 6,5 bilhões por meio da Biomedical Research and Development Authority (Barda) e US\$ 3 bilhões dos National Institutes of Health (NIH).⁶ A Operação Warp Speed é uma parceria entre diferentes organismos do Department of Health and Human Services (HHS), entre elas, Barda e os NIH, e o Departamento de Defesa e tem ações articuladas com outras agências do governo federal dos Estados Unidos e empresas privadas. A operação tem como objetivo coordenar as diferentes iniciativas do HHS em relação à pandemia Covid-19, como a Accelerating Covid-19 Therapeutic Interventions and Vaccines (Activ), uma parceria público-privada para coordenar as estratégias de pesquisa e acelerar o desenvolvimento de possíveis vacinas e tratamentos, e a NIH's Rapid Acceleration of Diagnostics (RADx),⁷ uma iniciativa destinada a acelerar a inovação na produção e implementação de testes e tecnologias de diagnóstico para a Covid-19.

Alguns aspectos da operação têm recebido críticas. No contexto do conflito latente entre os Estados Unidos e a China, vacinas desenvolvidas por empresas chinesas foram excluídas da possibilidade de receber financiamento. Adicionalmente, o projeto inclui explicitamente provisões para priorizar o acesso dos Estados Unidos às primeiras doses da vacina e não está articulado com a participação dos Estados Unidos em iniciativas internacionais para a obtenção da vacina (por exemplo, o Acelerador ACT da OMS e a Coalition for Epidemic Preparedness Innovations - Cepi). Internamente, a iniciativa tem recebido críticas pela falta de transparência nos critérios para alocar

6. Ver em HHS (2020a).

7. Ver em HHS (2020b).

fundos entre as diferentes empresas⁸ e pela falta de mecanismos de articulação com a iniciativa Activ (COHEN, 2020a, 2020b).

Na Alemanha, destaca-se a iniciativa de criação de uma rede de coordenação das atividades de pesquisa entre as faculdades de medicina do país, para a qual o Ministério de Educação e Pesquisa destinou €150 milhões. Um dos principais objetivos da rede é a unificação dos dados de todos os pacientes de Covid-19 tratados em hospitais universitários que sirvam para realizar pesquisa sobre tratamento clínico da doença e administração da pandemia, assim como para a tomada de decisões de política. No Reino Unido a estratégia de coordenação governamental de ações para enfrentamento da pandemia está associada ao Scientific Advisory Group for Emergencies (Sage). No contexto da pandemia Covid-19, o Sage tem baseado as suas orientações nas conclusões consensuadas entre diferentes grupos científicos especializados: o New and Emerging Respiratory Virus Threats Advisory Group (Nervtag), o Scientific Pandemic Influenza Group on Modelling (SPI-M) e o Independent Scientific Pandemic Influenza Group on Behaviours (SPI-B).

No caso brasileiro, a atuação do governo federal no tocante à criação de mecanismos de articulação entre atores do sistema de CT&I para enfrentamento da pandemia tem se mostrado controversa. Embora no começo da pandemia o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) tenha criado um comitê de assessoramento para coordenar ações (a Rede Vírus Emergentes – RedeVírus), com participação de membros da Academia Brasileira de Ciências (ABC), da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), universidades e instituições de pesquisa, as orientações da rede não tiveram um papel central no desenho das políticas do governo federal (DE NEGRI; KOELLER, 2020). A inação no desenho de políticas de resposta à crise gerada pela Covid-19 no país, tem sido criticada tanto por organizações científicas nacionais vinculadas à saúde pública (FRENTE PELA VIDA, 2020) quanto por atores relevantes da comunidade científica internacional (THE LANCET, 2020).

Apesar desses problemas de coordenação, o Ministério da Saúde tem garantido a liberação de recursos orçamentários por meio de diversas Medidas Provisórias que foram incluídas na Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 10/2020 denominada de “Orçamento de Guerra”. Dessa forma, o governo federal já logrou direcionar mais de

8. O montante dos fundos é significativo. A operação assinou um contrato com AstraZeneca que pode alcançar \$1,2 bilhão de dólares e contratos que podem alcançar \$500 milhões com Johnson & Johnson e Moderna (COHEN, 2020b).

R\$ 3 bilhões para o financiamento de ações de enfrentamento à pandemia que vem sendo desenvolvidas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), um dos elos centrais do Sistema de Inovação em Saúde no Brasil. Tais atividades envolvem a ampliação da capacidade de testagem para a Covid-19, produção de vacinas e medicamentos e programas de assistência à saúde que incluem a construção de um Centro Hospitalar destinado a pacientes graves contaminados pela Covid-19, além de recursos para pesquisa básica.⁹

A exemplo do papel estratégico da Fiocruz no sistema nacional de inovação em saúde, diversas iniciativas de universidades, institutos de pesquisa e governos subnacionais têm sido relevantes para desenvolver ações de coordenação entre atores do sistema de CT&I. Por exemplo, os projetos vinculados com as duas vacinas em fase de testes mais avançados no Brasil não possuem participação do governo federal e são fruto de iniciativas lideradas no país pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp, 2020) e pelo Instituto Butantan, do estado de São Paulo (FAPESP, 2020). Adicionalmente, foram desenvolvidas diferentes ações de coordenação e cooperação entre diferentes atores do sistema de CT&I para compartilhar e produzir conhecimento sobre a Covid-19. Por exemplo, a Rede CoVida - Ciência, Informação e Solidariedade, criada pelo Centro de Integração de Dados e Conhecimentos para Saúde (Cidacs/Fiocruz Bahia) e a Universidade Federal da Bahia (UFBA) (FIOCRUZ, 2020); ou, a iniciativa Covid-19 Data Sharing/BR, criada pela Fapesp, e a Universidade de São Paulo (USP).¹⁰

O governo brasileiro também disponibilizou R\$ 50 milhões para financiar pesquisa relacionada à Covid-19 (R\$ 30 milhões provenientes de recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT e R\$ 20 milhões do Ministério da Saúde). A esses editais, financiados com o orçamento previamente disponível no Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), adicionou-se a liberação de crédito de R\$ 362 milhões para ações vinculadas com P&D proveniente de fundos contingenciados do FNDCT. Juntamente a isso, os governos estaduais têm destinado recursos adicionais à pesquisa relacionada com a Covid-19 por meio de chamadas específicas feitas pelas Fundações de Amparo à Pesquisa.

9. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/orgaos/36201-fundacao-oswaldo-cruz>. Acesso em: 7 set. 2020.

10. Rede CoVida - Ciência, Informação e Solidariedade. (Site). Disponível em: <https://Covid19br.org/>. Acesso em: 30 ago. 2020; Covid-19 Data Sharing/BR. (Site). Disponível em: <https://repositoriodatasharingfapesp.uspdigital.usp.br>. Acesso em: 30 ago. 2020.

3. A produção científica em Covid-19 no Brasil e no mundo: atores institucionais e redes de colaboração em CT&I

A análise desenvolvida nesta seção visa avaliar a inserção brasileira no campo da produção científica internacional sobre a Covid-19, ao mesmo tempo que permite identificar a importância relativa de diferentes países e atores institucionais no processo de geração, difusão e financiamento das atividades de CT&I em saúde relacionadas com a pandemia. Adicionalmente, a análise sobre as diferentes áreas que integram a produção de conhecimento científico sobre a Covid-19 serve como um indicador importante para a compreensão do caráter interdisciplinar e pervasivo associado às bases de conhecimento científico e tecnológico em saúde.

A análise apresentada se baseia no levantamento de dados de publicações e patentes coletados das bases de dados *Web of Science* e *Derwent Innovations Index*, respectivamente, ambas disponibilizadas pela Clarivate Analytics.

Os dados de publicação da coleção principal da *Web of Science* contemplam artigos, editoriais, capítulos de livros, textos para discussão, notas, periódicos, livros, séries de livros, relatórios, conferências e outros materiais acadêmicos indexados em 23 idiomas referentes ao período 1945-2020, tendo sido a primeira observação da amostra verificada em 1968. A base de dados fornece, ainda, informações sobre áreas de conhecimento, nome dos autores e redes de coautoria, instituição e país de afiliação de autores e coautores, autores institucionais, corporativos e consórcios de pesquisa, organizações financiadoras dos estudos, nomes de revistas e encontros relativos às publicações.

Os dados disponibilizados na *Derwent Innovations Index* contemplam informações sobre 30,5 milhões de registros básicos de invenções e famílias de patentes descritos em 65 milhões de documentos de patentes, com cobertura de 50 autoridades de patentes em todo o mundo. As informações contemplam o período 1963-2020 e abrangem indicadores sobre áreas de conhecimento relacionadas aos documentos de patentes, nomes e códigos de inventores e depositantes, além de códigos de classe e códigos da Classificação Internacional de Patentes. Não é possível pela tabulação dos dados realizar análises por países de inventores e depositantes.

A coleta de dados foi feita a partir da seleção de um conjunto de palavras-chave relacionadas ao coronavírus e a sua nova versão associada à pandemia

Covid-19.¹¹ Apesar do foco majoritário no novo coronavírus, o conjunto de palavras-chave utilizado apresenta uma abrangência que contempla outras variações do vírus, como os associados às doenças Sars e Mers. Tal opção metodológica permitiu avaliar a evolução da produção de conhecimento científico associada ao coronavírus ao longo de um período mais amplo.

A mutação recente do coronavírus que possibilitou o contágio humano e deu origem à pandemia Covid-19 constitui um evento novo. Entretanto, as variações do vírus e as suas possibilidades de mutação já vinham sendo estudadas e acompanhadas em todo mundo desde a década de 1960. Em termos do número total de publicações, ao longo do período 1968-2020 foram observadas 22.152 publicações científicas referentes ao coronavírus. As publicações mundiais sobre o tema cresceram a uma média anual de 22% no período 1968-2019 e sofreram um abrupto crescimento de 895% quando comparadas as publicações de janeiro a junho de 2020 com o ano anterior (Figura 1).

O aumento sustentado do número de estudos no período 1968-2019 indica o caráter cumulativo do conhecimento científico. Uma vez que novas peças de conhecimento são construídas com base em conhecimento prévio acumulado, os investimentos de longo prazo em pesquisa básica e aplicada são críticos para a construção de capacitações científico-tecnológicas que estão diretamente relacionados à capacidade de resposta em caráter emergencial quanto a temas específicos em tempos de crise.

A participação das publicações brasileiras sobre o tema corresponde a 1,9% das publicações mundiais no período 1968-2020 e 2,1% quando analisado o período janeiro-junho de 2020. Estados Unidos, China, Inglaterra, Itália, Alemanha e Canadá destacam-se entre os países que mais publicaram estudos sobre coronavírus ao longo do período considerado. Brasil publicou 420 estudos sobre o tema, um montante de documentos que é compatível com o número de publicações de outros países em desenvolvimento, como Índia (492), Rússia (127) e África do Sul (135).

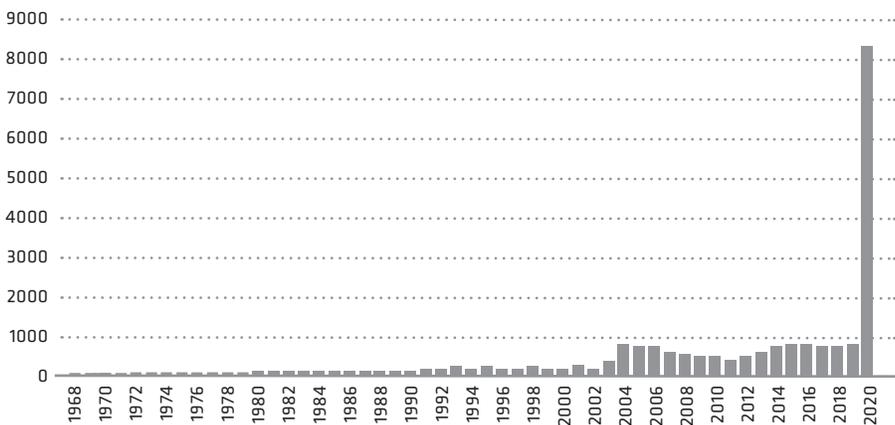
A análise do conjunto de áreas do conhecimento associadas às publicações sobre o coronavírus no mundo revela o caráter amplo e multidimensional do processo de

11. Os dados foram coletados em 11 de junho de 2020, segundo metodologia de seleção de palavras-chave relacionadas à emergência do novo coronavírus: Coronavirus OR coronavirus OR 2019-ncov OR "ncov 2019" OR 2019ncov OR "Covid 19" OR Covid2019 OR Covid-2019 OR "Covid 2019" OR "cov 19" OR cov2019 OR "severe acute respiratory infection" OR "severe acute respiratory infections" OR "severe acute respiratory disease" OR "coronavirus 2" OR "coronavirus 2" OR sreg-cov-2 OR sars-cov-2 OR sars2 OR "sars cov 2" OR "novo coronavirus" OR "new coronavirus" OR "novel coronavirus" OR "nuevo coronavirus" OR "coronavirus disease".

geração de conhecimento relacionado ao tema da pandemia. Ao longo do período analisado, observa-se a existência de 217 áreas de conhecimento relacionadas à pesquisa sobre o coronavírus. A grande área de ciências da saúde e biomedicina representa 91% das publicações mundiais no período total de análise e 86% em 2020. Apesar da prevalência esperada das ciências da vida, áreas de conhecimento relacionadas à tecnologia, como engenharia e ciências da computação (4% - 5%); às ciências físicas, como química, física e matemática (2%); às ciências sociais, como psicologia, ciências sociais, direito e economia (2% - 7%); e até mesmo às artes e humanidades, como filosofia da ciência e religião (0,3% - 1%) são verificadas na amostra bibliográfica.

As publicações brasileiras, por sua vez, estão dispersas por 63 áreas de conhecimento em 2020 e 75 áreas de conhecimento no período 1989-2020. A Tabela 1 apresenta as vinte áreas de conhecimento com o maior registro de publicações no mundo. No Brasil, além das áreas contempladas na Tabela 1, destacam-se, ainda, no período 1989-2020, as áreas de agricultura, medicina tropical, parasitologia, psiquiatria, outros tópicos em ciências da vida e biomedicina, ecologia e ciências ambientais. Apesar de sua elevada importância relativa nas publicações mundiais relacionadas ao coronavírus, áreas de conhecimento, como biofísica, anestesia, oftalmologia, biomedicina e ciências da vida, biotecnologia e microbiologia aplicadas, outros tópicos em ciências sociais, biologia computacional matemática e patologia apresentaram frequência reduzida ou nula no Brasil.

Figura 1 | Publicações mundiais sobre coronavírus (1968-2020)



Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Web of Science*.

Tabela 1 | Áreas de conhecimento altamente relacionadas à pesquisa sobre coronavírus.

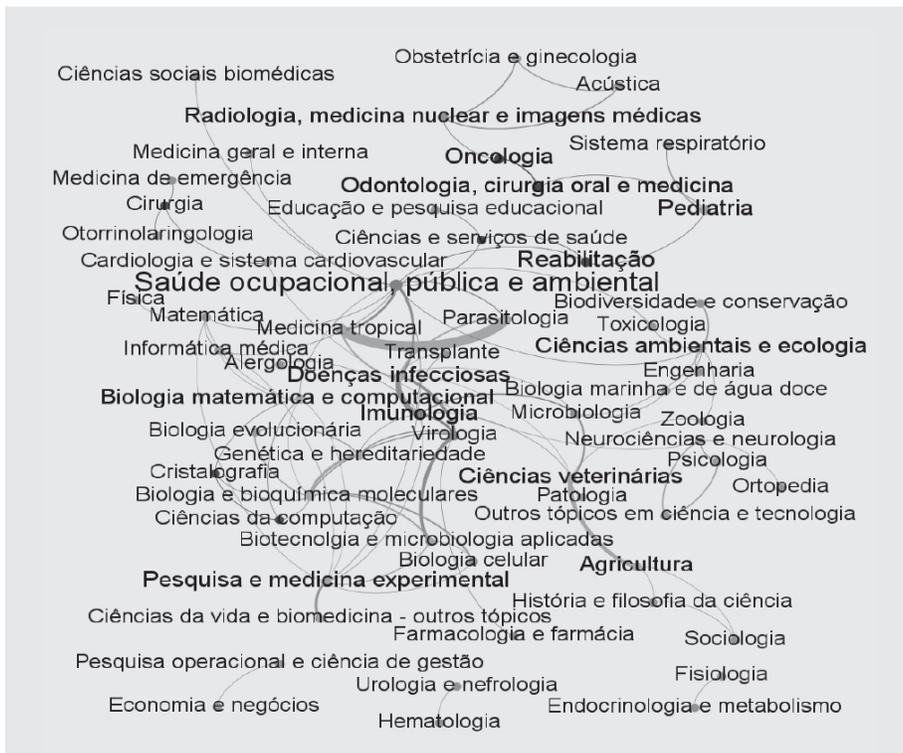
Áreas de pesquisa	Brasil (1945-2020)	Brasil (2020)	Mundo (1945-2020)	Mundo (2020)
Virologia	43	7	4558	258
Ciências veterinárias	69	2	2229	107
Medicina interna geral	27	21	2153	1562
Doenças infecciosas	35	5	2090	434
Imunologia	17	3	1790	222
Biologia e bioquímica moleculares	13	1	1701	241
Microbiologia	27	2	1678	180
Saúde ocupacional, pública e ambiental	36	28	1093	629
Outros tópicos em ciência e tecnologia	15	6	949	287
Farmácia e farmacologia	4	3	893	311
Pesquisa experimental em medicina	10	2	868	243
Biotecnologia e microbiologia aplicadas	9	0	861	67
Biologia celular	4	1	610	176
Cirurgia	4	4	484	459
Pediatria	13	5	405	192
Química	2	1	405	135
Sistema respiratório	7	4	401	172
Neurologia e neurociências	5	5	394	226
Biofísica	0	0	357	48
Genética e hereditariedade	8	1	323	36

Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Web of Science*.

A observação de dupla contagem dos estudos mundiais registrados por áreas de conhecimento (2.658 em 2020 e 9.289 em 1968-2020) corrobora as hipóteses de multidisciplinariedade e interdisciplinaridade da base de conhecimentos associada à produção científica sobre coronavírus. Em outras palavras, além de essa produção científica estar relacionada a múltiplas áreas de conhecimento, essas áreas de conhecimento estão interligadas entre si a partir de pares de interdependências. A base de conhecimentos evoluiu não apenas a partir da criação de novas peças de conhecimento fundamental, mas também a partir de novas combinações de peças de conhecimento preexistentes e dissimilares. Cada publicação pode estar associada a uma ou mais áreas de conhecimento, resultando em uma rede de áreas de conhecimento direta ou indiretamente correlacionadas através de fluxos interdisciplinares de conhecimento.

A Figura 2 apresenta a rede de áreas de conhecimento associadas às publicações sobre coronavírus no período 1989-2020 no Brasil. As 420 publicações identificadas em todo o período de análise apresentaram 561 registros por áreas de conhecimento. É possível observar a importância relativa em termos de grau de interligação e centralidade das áreas de conhecimento: saúde pública, ambiental e ocupacional; pesquisa e medicina experimental; doenças infecciosas; imunologia; bioquímica e biologia molecular; biologia matemática e computacional; ecologia e ciências ambientais; virologia; ciências veterinárias; matemática; microbiologia; informática médica; microbiologia e biotecnologia aplicadas; genética e hereditariedade; neurociências e neurologia; medicina tropical; parasitologia e medicina celular.

Figura 2 | Multidisciplinaridade e interdisciplinaridade das áreas de conhecimento das publicações brasileiras (1989-2020)



Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Web of Science*.

No mundo, a crescente incorporação de plataformas tecnológicas relacionadas à Revolução 4.0 nas bases de conhecimento no campo da saúde fica evidenciada pela articulação entre as áreas núcleo de ciências da vida e biomedicina com áreas de conhecimento como biologia computacional matemática (110), tecnologia de laboratório médico (93), ciência da computação (81), informática médica (64), ciência da informação (14), instrumentos e instrumentação (13), espectroscopia (11), telecomunicações (6), microscopia (6), sistemas de controle de automação (3), mecânica (3), sensoriamento remoto (2), ciência da imagem e tecnologia fotográfica (1).¹² No Brasil, a incorporação dos conhecimentos científicos que amparam os avanços na indústria 4.0 em estudos relacionados ao coronavírus ainda é tímida, mas vem se intensificando nos últimos dois anos com a incorporação de áreas como biologia computacional matemática (2), ciência da computação (1) e informática médica (1), além de áreas como matemática (2), acústica (2) e engenharia (1). A estreita relação dessas áreas com áreas de ciências da vida e da saúde são evidenciadas na Figura 2.

A pervasividade tecnológica associada à pesquisa sobre o coronavírus também é evidenciada a partir da análise dos dados de patentes.¹³ Entre 1963 e 2020, foram identificadas 2.520 patentes associadas às pesquisas sobre coronavírus sendo que, deste total, 178 em 2019 e 143 até junho de 2020. A observação de dupla contagem de patentes por áreas de conhecimento indica que cada patente faz referência a mais de uma área de conhecimento tecnológico. No período total de análise foram observados 6.891 documentos excedentes associados à dupla contagem. Ou seja, casos em que um mesmo código de identificação de patentes foi contabilizado em duplicata por estar relacionado a mais de uma área de aplicação tecnológica.

A Tabela 2 consolida os documentos de patentes por áreas de conhecimento. A maioria das patentes relacionadas ao coronavírus estão associadas à: química; farmácia e farmacologia; biotecnologia e microbiologia aplicadas.

12. E, em menor grau, engenharia (191), matemática (71), acústica (22), ciência de gestão de pesquisa de operações (9), métodos matemáticos em ciências sociais (7), metalurgia e engenharia metalúrgica (4) e tecnologia da ciência nuclear (1).

13. A pervasividade tecnológica se refere à possibilidade de novas combinações de peças de conhecimento tecnológico provenientes de paradigmas tecnológicos ou campos de tecnologia dissimilares. Um exemplo possível é o das aplicações nanobiotecnológicas, em que cada aplicação descrita em uma patente se relaciona tanto à biotecnologia quanto à nanotecnologia, dada a elevada pervasividade de cada um desses paradigmas tecnológicos.

Tabela 2 | Patentes por áreas de conhecimento

Áreas De Conhecimento	Anos		
	1963-2020	2019	2020
Química	2.482	178	128
Farmácia e farmacologia	2.428	175	122
Biotecnologia e microbiologia aplicadas	1.922	143	105
Agricultura	1.052	100	55
Instrumentos e instrumentação	425	28	39
Engenharia	365	29	30
Ciência de polímeros	351	19	21
Tecnologia de alimentos	123	6	6
Medicina interna geral	90	1	14
Tecnologia fotográfica e ciência da imagem	74	6	11
Ciência da computação	51	2	8
Ciência de materiais	26		8
Recursos hídricos	5		
Eletroquímica	4		
Telecomunicações	4		2
Tecnologia das ciências nucleares	2		
Sistemas de controle de automação	1		
Tecnologia de construção	1		1
Combustíveis e energia	1		
Engenharia metalúrgica e metalurgia	1		
Processamento mineral e mineração	1		
Ótica	1		
Ciência dos esportes	1		

Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Derwent Innovations Index*.

A pervasividade tecnológica também pode ser observada em termos de códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP). As 2.520 patentes identificadas no período total de análise estão associadas a 2.995 códigos CIP diferentes. É comum que uma mesma patente faça referência a vários códigos de uma mesma vizinhança tecnológica.

Quando analisados os códigos ao nível de subclasses de patentes (4 dígitos), observa-se que quatro códigos representaram conjuntamente 61% das patentes relacionadas ao coronavírus por códigos CIP em 2020 e 73% das patentes em 2019, são eles: preparações para fins médicos, dentários ou sanitários (A61K), atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais (A61P), micro-

-organismos ou enzimas; suas composições; propagação, preservação ou manutenção de micro-organismos; mutação ou engenharia genética e cultura (C12N); composições ou papéis de teste para os micro-organismos; processos de preparação de tais composições; controle responsivo à condição em processos microbiológicos ou enzimológicos (C12Q).

Observa-se a prevalência de códigos relacionados a atividades farmacêuticas e biotecnológicas. Entretanto, a ocorrência de códigos de patentes associados a campos tecnológicos dissimilares como materiais avançados, manufatura avançada, tecnologia informática, engenharia civil, fotônica, nanotecnologia, entre outros campos, corrobora a hipótese de pervasividade tecnológica nas patentes relacionadas ao coronavírus.

A Figura 3 ilustra a rede de interdependências entre campos tecnológicos descritos ao nível de subclasses de patentes (4 dígitos) para uma amostra restrita das 500 patentes mais citadas ao longo do período 1963-2020 sobre coronavírus.

A interface entre o avanço tecnológico sobre coronavírus e as novas tecnologias associadas à Quarta Revolução Tecnológica é explicitada pela verificação de patentes em subcódigos CIP como: técnica de comunicação multiplex (H04J),¹⁴ transmissão de informação digital (H04L), comunicação telefônica (H04M), comunicação de imagens (H04N); seleção de métodos, circuitos, ou aparelhos para estabelecer seletivamente uma conexão para transferir informações (H04Q); redes de comunicação sem fio (H04W); dispositivos para produzir, modificar ou utilizar um fluxo de elétrons ou íons para controle (H01J); dispositivos semicondutores (H01L); processamento elétrico de dados digitais (G06F); computadores analógicos (G06G); identificação, apresentação, suporte e manipulação de transportes de dados (G06K); sistemas de processamento de dados (G06Q); processamento ou geração de dados de imagem (G06T); dispositivos ou sistemas de microestrutura (B81B); máquinas, aparelhos ou dispositivos para ou métodos de embalar artigos ou materiais (B65B); aparelhos para enzimologia ou microbiologia (C12M); dispositivos, aparelhos ou métodos de salvamento (A62B); eletroterapia; magnetoterapia; terapia por radiação; terapia por ultrassom (A61N); dispositivos para introduzir matérias no corpo (A61M). A interrelação entre essas peças tecnológicas com os demais paradigmas tecnológicos que amparam as atividades do CEIS pode ser observada na Figura 3.

14. Descrito como (Código de subclasse CIP, número de patentes verificadas).

Figura 3 | Rede de campos tecnológicos por subclasses de patentes



Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Derwent Innovations Index*.

Entre as organizações internacionais que mais publicaram estudos relacionados ao novo coronavírus em 2020, destacam-se: University of London, Harvard University, University of California System, Huazhong University of Science Technology, Wuhan University, University College London, Harvard Medical School, University of Hong Kong, University of Toronto, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, University of Milan e Chinese Academy of Sciences.

No Brasil destacam-se a USP com 40 publicações e a Fiocruz com 21 publicações internacionalmente indexadas relacionadas ao coronavírus no período de janeiro a junho de 2020. No tocante à filiação institucional dos autores das publicações brasileiras sobre coronavírus no período 1989-2020, destacam-se por sua centralidade e grau de intermediação a Universidade de São Paulo, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Fundação Oswaldo Cruz, a Universidade Estadual de Londrina, a Universidade Estadual de Campinas, a Universidade Federal de Minas Gerais, a Universidade Federal de São Paulo, a Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Universidade Federal do Paraná.

Um aspecto importante das publicações realizadas por pesquisadores brasileiros é a elevada frequência de colaboração científica com autores e instituições internacionais de países como Estados Unidos da América, Inglaterra, Itália, Alemanha, Canadá, França, Austrália, Espanha, China e Índia.¹⁵

Em termos da estrutura de financiamento das pesquisas, a análise das publicações permite evidenciar o importante papel do financiamento público tanto em âmbito nacional como internacional. Destacam-se departamentos e institutos dos NIH dos Estados Unidos da América, agências e programas chineses de financiamento, como o National Natural Science Foundation e o National Key Research and Development Programme, além da União Europeia, entre os principais financiadores por número de estudos apoiados relacionados ao coronavírus no mundo. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq) aparece na 19ª colocação entre as principais instituições internacionais de apoio à pesquisa. Quando se consideram todas as nomenclaturas que fazem referência ao CNPq na base de dados do *Web of Science* é possível identificar pelo menos 105 estudos sobre coronavírus apoiados pela agência brasileira.¹⁶

15. As principais parceiras nas colaborações internacionais sobre coronavírus foram as instituições: University of London, Brown University, Harvard University, State University System of Florida, University of Liverpool, University Campus Bio Medico Rome Italy, University of California System, University of Toronto, University Of Virginia, Assistance Publique Hopitaux Paris e Kings College London, além do Coronavirus Research Group. Em 2020 destacam-se ainda as colaborações por meio de alianças de pesquisa como o Brazilian PreEP1519 Study Group, o CloroCovid-19 Team, o Parent in Science Movement e o Viruses Executive Committee.

16. É importante ressaltar que cada publicação pode envolver um número expressivo de autores e coautores. Cada autor é filiado a uma instituição de pesquisa e pode receber individualmente alguma forma de apoio por agências nacionais e regionais de fomento à pesquisa. Dessa forma, é possível que um mesmo estudo seja apoiado por múltiplas agências financiadoras nacionais e internacionais por meio de relações de coautoria.

dades.¹⁷ Entre as empresas, destacam-se gigantes farmacêuticas, como AstraZeneca, Novartis, Glaxo Smithkline, Schering, Janssen e Johnson & Johnson. As empresas Wyeth e Pfizer, ambas controladas pelo Grupo Pfizer, detêm ao menos oitenta patentes relacionadas ao vírus, colocando o grupo Pfizer em posição privilegiada no desenvolvimento de vacinas e antirretrovirais. Empresas dedicadas ao segmento de saúde animal, como Zoetis, Intervet e Merial, além da multisetorial 3M, também se destacam pela elevada concentração de patentes. Biofarmacêuticas integradas, como a Coley Pharm, parcialmente controlada pela Sanofi-Aventis, a holandesa Crucell controlada pela Johnson & Johnson e a Kineta figuram na lista de empresas com maior número de patentes relacionadas ao coronavírus (Tabela 3).

Tabela 3 | Maiores empresas detentoras de patentes em coronavírus (1963-2020)

Nome de depositante	1963-2020	2019	2020
Wyeth	43		
AstraZeneca	42		
Zoetis	39	1	
Pfizer	37		
Intervet Inc.	29	6	
Novartis	28		
Boehringer Ingelheim	27		1
3M Innovative Properties	25		
Glaxo Smith Kline	20		
Kineta Inc.	16		
Smithkline Beecham Corp.	16		
Schering	15		
Crucell Holland Bv.	12		
Coley Pharm Group Inc.	10		
Merial Ltd.	10		
Janssen	9	1	
Merial Inc.	9		
Johnson & Johnson	9		
Isis Pharm Inc.	8		

Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Derwent Innovations Index*.

17. Uma grande proporção das patentes antecede o período da pandemia Covid-19. Esse resultado é coerente com os prazos de concessão e sigilo de patentes, com a cumulatividade do conhecimento e com o monitoramento do vírus em um período mais longo do tempo. Não foi possível a identificação de empresas e instituições brasileiras entre as detentoras de patentes relacionadas ao coronavírus.

A mutação do vírus associado ao contágio humano e à pandemia abre uma janela de oportunidade que possibilita o surgimento de novas empresas de biotecnologia que busquem explorar oportunidades tecnológicas neste campo. Neste aspecto, empresas de biotecnologia que historicamente não detinham um volume elevado de patentes em pesquisas de coronavírus, apresentaram novas patentes em 2019 e 2020.

Entre as agências governamentais e institutos de pesquisa sem fins lucrativos que se destacam como detentoras de patentes relacionadas ao coronavírus, observa-se o predomínio de instituições chinesas, coreanas e norte-americanas. O departamento norte-americano de serviços humanos e de saúde (HHS, na sigla em inglês), por exemplo, detém 57 documentos de patentes em temas relacionados ao coronavírus, superando inclusive o número de patentes detido por grandes empresas e conglomerados individualmente. Além dos Estados Unidos, agências governamentais e institutos públicos de controle e prevenção de doenças de países como Coreia e China atuam ativamente na geração de novo conhecimento científico-tecnológico comercialmente explorável em temas relacionados ao coronavírus.

Institutos de pesquisa não governamentais como o Institut Pasteur e o Dana-Farber Cancer Institute, afiliado à Harvard Medical School, também figuram na lista compilada na Tabela 4. Embora não diretamente ligados ao Estado, as pesquisas conduzidas por esses institutos são historicamente apoiadas por iniciativas de políticas públicas de diversos países. A rede internacional do Instituto Pasteur, sediado na França, inclui 32 instituições localizadas em 25 países nos 5 continentes. No Brasil, a Fundação Oswaldo Cruz é uma das 32 instituições que integram a rede internacional do Institut Pasteur.

As universidades que lideram a pesquisa acadêmica em temas relacionados ao coronavírus detêm cerca de 13% das patentes sobre o tema. Além das universidades listadas na Tabela 5 que se destacam pelo número total de patentes registradas no período 1963-2020, a Huazhong Agricultural University (HZAU), localizada em Wuhan na China, a Chonbuk National University, localizada na Coreia do Sul, a Da An Gene, empresa que integra a estrutura da Sun Yat-Sen University, e a East China University of Science and Technology (ambas chinesas) se destacam pelo número de patentes no período 2019-2020.

Tabela 4 | Agências governamentais e institutos de pesquisa: maiores detentores de patentes em coronavírus (1963-2020)

Nome de depositante	1963-2020	2019	2020
US Dept. Health Human Services	57		1
Korea Res. Inst. Bioscience and Biotechnology	25	3	
Tianjin Int. Biomedical United Inst.	17		
Inst. Pasteur	14		
Korea Cent. Disease Control Prevention	14	4	1
National Health Res. Inst.	12		
Inst. Beijing Viral Disease Control and Prevention	11	1	1
CNRS Cent. Nat. Rech. Sci.	11	1	
Dana Farber Cancer Inst. Inc.	11	1	
Cent. Nat. Rech. Sci.	10		

Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Derwent Innovations Index*.

Tabela 5 | Universidades: maiores detentoras de patentes em coronavírus (1963-2020)

Nome de depositante	1963-2020	2019	2020
Univ. Tsinghua	20	2	
Univ. California	19	2	
Univ. Texas System	19		
Harvard College	17	4	
Univ. North Carolina	16	1	
Univ. South China Agric.	14	5	3
Univ. Kansas State Res. Found.	13	2	1
Univ. Nankai	12	3	
Univ. Emory	11	2	
Univ. Katholieke Leuven	11		
Univ. Henan Agric	10	3	1
Univ. Yonsei Ind. Academic Coop. Found.	10	2	1
Univ. Vanderbilt	10	1	1
Univ. Colorado	10	1	
Univ. Fudan	10		1

Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Derwent Innovations Index*.

4. Considerações finais

A ciência e a tecnologia sempre foram as armas mais poderosas usadas pela humanidade no combate às pandemias e emergências sanitárias de uma maneira geral. Assim como em outras crises sanitárias de proporções globais, a pandemia Covid-19 tem imposto desafios gigantescos no tocante aos esforços mundiais em CT&I. Em primeiro lugar, uma pandemia dessas proporções impõe a necessidade de uma elevada articulação e cooperação internacional para que os esforços realizados em atividades de P&D sejam sustentáveis no tempo, para que exista uma estrutura produtiva capaz de atender as necessidades de produção de vacinas e tratamentos e para definir regras que permitam gerenciar os direitos de propriedade intelectual de forma compatível com a necessidade de acesso global e equitativo às potenciais vacinas e tratamentos.

Embora a OMS e organizações internacionais tenham desenvolvido diversas iniciativas nesse sentido, observa-se que o acirramento da disputa comercial entre os Estados Unidos e a China, juntamente com as profundas assimetrias históricas que caracterizam o acesso a vacinas e medicamentos entre países desenvolvidos e não desenvolvidos, representam ameaças significativas para a superação da pandemia em todas as suas dimensões.

No caso dos países desenvolvidos, os blocos regionais e os governos nacionais reagiram aos desafios impostos pela pandemia provendo mecanismos adicionais de financiamento tanto para pesquisa acadêmica em assuntos relacionados com a Covid-19, quanto para atividades de P&D diretamente dedicadas à obtenção, no menor prazo possível, de uma vacina efetiva. Além disso, os governos nacionais lograram criar diversos mecanismos de coordenação e articulação entre diferentes atores do sistema de CT&I para agilizar as atividades de pesquisa e desenvolvimento vinculadas à Covid-19.

No Brasil, não obstante a insuficiência de articulação institucional na organização das medidas de enfrentamento das dimensões sanitária e socioeconômica da pandemia, observa-se o papel relevante desempenhado por universidades e institutos públicos de pesquisa, juntamente com governos estaduais, na articulação e coordenação das atividades de CT&I para o enfrentamento da pandemia Covid-19.

Nesse aspecto, a exemplo do que ocorre no mundo, a produção de conhecimento científico sobre coronavírus no Brasil é dominada por universidades e institutos

públicos de pesquisa. Instituições como a Fiocruz e a USP se destacam tanto por sua relevância nacional como internacional na produção científica relacionada ao tema. Adicionalmente, em âmbito nacional, a produção de conhecimento científico relacionado ao coronavírus tem amplas contribuições das universidades públicas federais.

Da mesma forma, é importante ressaltar que tais instituições desempenham um papel crucial no estabelecimento de redes internacionais de colaboração científica, expressas tanto no volume de coautorias em publicações como na participação em projetos conjuntos de PD&I. A parceria estabelecida entre a Fiocruz, a Universidade de Oxford e a farmacêutica AstraZeneca para compra de lotes e transferência de tecnologia para produção de uma vacina contra Covid-19, por meio da ferramenta Encomenda tecnológica (Etec), constitui um dos exemplos sobre a importância do papel que vem sendo desempenhado pelas instituições públicas de pesquisa na coordenação das atividades de CT&I voltadas ao combate à pandemia no país.¹⁸

A importância do apoio público às atividades de CT&I em saúde no contexto da Covid-19 se reflete também na elevada participação de instituições públicas no fomento à pesquisa. A prevalência das universidades e institutos públicos de pesquisa e a importância do apoio de agências nacionais de fomento nas pesquisas sobre coronavírus é coerente com a literatura de economia da ciência, tecnologia e inovação, embora ganhe notoriedade em tempos de crise diante dos impactos sanitários e socioeconômicos da pandemia.

Em âmbito mundial, destaca-se a atuação de instituições como os NIH nos Estados Unidos e a National Natural Science Foundation na China, além de diversas instituições públicas nacionais de fomento à ciência no Japão, no Canadá e em países da União Europeia. No Brasil, resalta-se a importância de instituições como o CNPq, a Capes e a Finep, assim como das fundações estaduais de amparo à pesquisa no fomento à produção científica nacional. Tal fato reforça a preocupação sobre a sustentabilidade das atividades científicas diante dos sucessivos cortes e contingenciamentos no orçamento público de CT&I que têm sido observados nos últimos anos no país.

18. O acordo em questão, assinado pelo Ministério da Saúde, envolve um investimento de 127 milhões de dólares e inclui não apenas os lotes de vacinas, mas também a transferência de tecnologia para que a produção possa ser completamente internalizada e nacional (FIOCRUZ, 2020). Disponível em: <<https://agencia.fiocruz.br/covid-19-fiocruz-firmara-acordo-para-produzir-vacina-da-universidade-de-oxford>>. Acesso em: 10 set. 2020.

Por fim, a análise apresentada neste artigo reforça a percepção sobre as assimetrias existentes no processo de geração, difusão e financiamento da pesquisa em saúde em âmbito mundial e evidencia a necessidade de atuação estratégica do Estado na mediação deste processo. A provisão de vacinas e medicamentos a preços acessíveis aos sistemas de saúde de diversos países, em especial dos países mais pobres e em desenvolvimento, salienta a importância do papel do Estado como uma instância central na articulação entre os interesses públicos e privados em prol do interesse social. Essa questão perpassa não apenas a distribuição assimétrica das capacitações científico-tecnológicas e produtivas entre os países, mas também questões associadas à regulação de propriedade intelectual, comércio e provisão de insumos e bens finais, disponibilidade de recursos, aparato institucional e regulatório, além das características e idiosincrasias dos sistemas nacionais de inovação e saúde em cada país.

Referências

- ABI YOUNES, G. *et al.* Covid-19: Insights from Innovation Economists. (Preprint). École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), p. 1-34, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3575824>. Acesso em: 30 jul. 2020.
- BAKER, B. U. S. China and EU First Nationalism and Covid-19 Technology Hoarding Push the Rest of the World to the End of the Line. *Health GAP. Global Access Project*. Publicado em: 5 jun. 2020. Disponível em: <https://healthgap.org/u-s-china-and-eu-first-nationalism-and-Covid-19-technology-hoarding-push-the-rest-of-the-world-to-the-end-of-the-line/>. Acesso em: 3 ago. 2020.
- CASAS, C. N. P. R. *O complexo industrial da saúde na área farmacêutica: uma discussão sobre inovação e acesso no Brasil*. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.
- COHEN, J. Unveiling ‘Warp Speed,’ the White House’s America-first push for a coronavirus vaccine. *Science*, 12 maio 2020a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1126/science.abc7056>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- COHEN, J. Operation Warp Speed’s opaque choices of Covid-19 vaccines draw Senate scrutiny. *Science*, 2 jul. 2020b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1126/science.abd6430>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- DE NEGRI, F.; KOELLER, P. Public Policies for Research and Innovation in the Face of the Covid-19 Crisis. *IPEA - Center for Research on Science, Technology and Society*. (Site). Publicado em: 6 abr. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/en/all-contents/articles/articles/203-public-policies-for-research-and-innovation-in-the-face-of-the-covid-19-crisis-3>. Acesso em: 30 jul. 2020.

- FAPESP. Vacina em teste no Butantan terá R\$ 82,5 milhões da Fapesp e do Todos pela Saúde. Agência FAPESP. Publicado em: 21 ago. 2020. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/vacina-em-teste-no-butantan-tera-r-825-milhoes-da-fapesp-e-do-todos-pela-saude/33936/>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. Covid-19: Fiocruz firmará acordo para produzir vacina da Universidade de Oxford. *Agência Fiocruz*. (Site). Publicado em: jun. 2020. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/covid-19-fiocruz-firmara-acordo-para-produzir-vacina-da-universidade-de-oxford>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- FRENTE PELA VIDA. *Plano Nacional de Enfrentamento à Pandemia da Covid-19*. Publicado em: 30 jun. 2020. Disponível em: http://cebes.org.br/site/wp-content/uploads/2020/07/PEP-COVID-19-minuta-15_vf.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.
- GADELHA C. A. G. O complexo industrial da saúde e a necessidade de um enfoque dinâmico na economia da saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 2, n. 8, p. 521-535. 2003.
- HHS. Department of Health and Human Services. *Trump Administration Announces Framework and Leadership For Operation Warp Speed*. Publicado em: 15 maio 2020. Disponível em: <https://www.hhs.gov/about/news/2020/05/15/trump-administration-announces-framework-and-leadership-for-operation-warp-speed.html>. Acesso em 30 jul. 2020.
- HHS. Department of Health and Human Services. *Fact Sheet Explaining Operation Warp Speed*. Publicado em: 16 jun. 2020. Disponível em: <https://www.hhs.gov/about/news/2020/06/16/fact-sheet-explaining-operation-warp-speed.html>. Acesso em: 10 set. 2020.
- KUPFERSCHMIDT, K. ‘Vaccine Nationalism’ Threatens Global Plan to Distribute Covid-19 Shots Fairly. *Science*, 28 jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.abe0601>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- LIU, C. *et. al.* Research and Development on Therapeutic Agents and Vaccines for Covid-19 and Related Human Coronavirus Diseases. *ACS Central Science*, v. 6, n. 3, p. 315-331, 2020. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1021/acscentsci.0c00272>. Acesso em: 30 jul. 2020.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. Treatments and a vaccine for COVID-19: the need for coordinating policies on R&D, manufacturing and access. *Tackling coronavirus (COVID-19): contributing to a global effort*. [S. l.]: OECD, 29 maio 2020. Disponível em: https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=133_133372-v717pcul4c&title=Treatments-and-a-vaccine-for-COVID-19-the-need-for-coordinating-policies-on-RD-manufacturing-and-access. Acesso em: 13 jul. 2020.
- TELLEZ, V. M. The Covid-19 Pandemic: R&D and Intellectual Property Management for Access to Diagnostics, Medicines and Vaccines. *Policy Brief*, n. 73, p. 1-8, abr. 2020. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3640229>. Acesso em: 13 jul. 2020.
- THE LANCET. Covid-19 in Brazil: “So what?” *The Lancet*, v. 395, n. 10235, p. 1461, 9 maio 2020.
- UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. The need to protect science, technology and innovation funding during and after the Covid-19 crisis. *UNCTAD Policy Brief*, n. 80, 2020. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/presspb2020d4_en.pdf. Acesso em: 1 jul. 2020.

UNIFESP. Universidade Federal de São Paulo. Unifesp participará de teste de vacina para covid-19 desenvolvida por Oxford. *UNIFESP, Campus São Paulo*. (Site). Publicado em: 3 jun. 2020. Disponível em: <https://www.unifesp.br/campus/sao/hidden/coronavirus/1383-unifesp-participara-de-teste-de-vacina-para-Covid-19-desenvolvida-por-oxford>. Acesso em: 12 ago. 2020.

WTO. World Trade Organization. *Trade in medical goods in the context of tackling COVID-19*: Information note. [S. l.]: WTO, 3 abr. 2020. Disponível em: https://www.wto.org/english/news_e/news20_e/rese_03apr20_e.pdf. Acesso em: 30 jul. 2020.