



Panorama da ciência brasileira: 2015-2020

Boletim Anual OCTI
Ano 1 – Junho de 2021

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

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

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

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

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

Boa leitura!



Panorama da ciência brasileira: 2015-2020

Boletim Anual OCTI
Ano 1 – Junho de 2021



Brasília/DF
2021

Presidente

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior

Regina Maria Silverio

Edição: *Danúzia Queiroz/Contexto Gráfico*

Diagramação: *Contexto Gráfico*

Capa e Infográficos: *Contexto Gráfico*

Projeto Gráfico: *Núcleo de design gráfico do CGEE*

Catálogo na fonte

<p>C389p Panorama da ciência brasileira: 2015-2020. Boletim Anual OCTI, Brasília, v.1, jun. 2021.</p> <p>196 p. il.</p> <p>ISBN: 978-65-5775-014-8 (digital)</p> <p>1. Ciência, tecnologia e inovação. 2. Panorama da ciência brasileira. 3. Mapeamento científico. 4. Indicadores. 5. Coronavírus. 6. Covid-19. I. CGEE. II. Título.</p> <p>CDU 001+578 (81)</p>

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), SCS, Qd 9, Lote C, Torre C, 4º andar, Salas 401 a 405, Ed. Parque Cidade Corporate, CEP 70.308-200, Brasília-DF, Tel.: (61) 3424 9600, <http://www.cgee.org.br>, @cgee_oficial.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que seja citada a fonte.

Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS- CGEE. Panorama da ciência brasileira: 2015-2020. **Boletim Anual OCTI**, Brasília, v.1, jun. 2021. 196 p.

Este boletim é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 15º Termo Aditivo. Atividade: Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação. Projeto: Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI). 8.10.56.01.50.02.



Panorama da ciência brasileira: 2015-2020

Boletim Anual OCTI

Ano 1 – Junho de 2021

Supervisão

Marcio de Miranda Santos

Equipe técnica do CGEE

Adriana Badaró de Carvalho Villela (coordenação)

César Augusto Costa

Genilda Carlos da Mota

Ivone Alves de Oliveira Lopes

João Vitor Rodrigues Martins

Marcelo Augusto Paiva dos Santos

Mayra Juruá Gomes de Oliveira

Matheus Figueiredo Pimenta

Monique Lohane Xavier Silva

Rayany de Oliveira Santos

Renata Barbosa Santos

Rogério da Silva Castro

Sofia Cristina Adjuto Daher Aranha

Consultores

Antonio Brasil Junior

Lucas Carvalho

Mariano Macedo

Colaboradores

Alerino Silva Filho

Bruno César Prosdocimi Nunes

Daniella Fartes dos Santos e Silva

Klaus Schlünzen Junior

Luiz Augusto Campos

Oswaldo Luiz Alves

Raquel Coêlho

Verena Hitner Barros



Observatório de Ciência
Tecnologia e Inovação



Objetivo

Monitorar o estado da arte, as tendências e os sinais emergentes relacionados ao ambiente de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), no Brasil e no mundo.



Missão

Identificar desafios e oportunidades para subsidiar tomadas de decisão governamentais na formulação e avaliação de políticas e programas nessas áreas.



Atuação

A partir de um desenho multidisciplinar de atuação e uma rede de parceiros mobilizados para a realização de estudos temáticos, o OCTI apresenta panoramas sobre a ciência no Brasil e no mundo, elabora indicadores de CT&I e analisa bases de informações sobre a produção científica e tecnológica.

Sumário

Agradecimentos	9
Apresentação	11
Prefácio	13
Nota de especialista Por que mapear a ciência brasileira? <i>Luiz Augusto Campos</i>	16

Capítulo 1

1. Produção científica brasileira no cenário global nos últimos seis anos	21
1.1. Produção científica brasileira por área de pesquisa	23
1.2. Evolução da produção científica brasileira, por área de pesquisa, em relação à produção total de artigos entre os anos de 2015 e 2020	24
1.3. Índice de especialização	25
1.4. Produção científica brasileira realizada em colaboração internacional	27
Nota de especialista Leitura distante e o projeto do OCTI-CGEE: novos instrumentos para novos objetos de pesquisa <i>Antonio Brasil Jr; Lucas Carvalho</i>	32

Capítulo 2

2. Mapeamento temático da ciência brasileira (2015 a 2020)	39
2.1. Como mapear a ciência brasileira?	40
2.2. Abordagem metodológica	41

2.3.	Metodologia do CGEE	44
2.4.	Ciência brasileira na WoS (2015-2020): características gerais	45
2.5.	O estado da arte da ciência brasileira: principais <i>clusters</i> temáticos (2015-2020)	49
2.6.	Educação: o <i>cluster</i> temático com maior número de publicações	64
	Nota de especialista	
	Educação e pandemia: o que aprendemos, novos cenários e perspectivas <i>Klaus Schlünzen Junior; Sofia Daher</i>	78
2.7.	Biodiversidade: alicerce dos esforços científicos	81
	Nota de especialista	
	Os desafios da biodiversidade <i>Bruno César Prosdocimi Nunes; Daniella Fartes dos Santos e Silva</i>	91
2.8.	Saúde: o domínio temático com maior dispersão de <i>clusters</i>	95
	Nota de especialista	
	Desafios de gestão na pesquisa em Saúde <i>Alerino Silva Filho; Raquel Coêlho</i>	113
	Nota de especialista	
	O que são os nanomateriais e os impactos das tecnologias associadas para a sociedade <i>Oswaldo Luiz Alves</i>	127
2.9.	Cinco anos da ciência brasileira: visão panorâmica (2015 a 2020)	128

Capítulo 3

3.	Produção científica sobre coronavírus e Covid-19	135
3.1.	Linha do tempo: mapeamentos anteriores	136
3.2.	2020: panorama da produção científica mundial sobre Covid-19	139
	Nota de especialista	
	Brics e a geopolítica da vacina <i>Verena Hitner</i>	149



Capítulo 4

4. Indicadores de inovação: novos desafios	155
4.1. Inovações mais além das empresas	156
4.2. Análise e sistematização de indicadores sobre o processo de digitalização da economia e da sociedade	158
4.3. Indicadores relativos à difusão de tecnologias emergentes, habilitadoras e de uso geral (<i>General Purpose Technologies</i>)	159
4.4. Indicadores relativos aos instrumentos de apoio à inovação nas empresas	162
4.5. Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil: a proposta do OCTI	163

Capítulo 5

5. Desafios para o Observatório de CTI: considerações finais	167
Referências	171

Anexos

Anexo 1 - Nota metodológica: definições para análise de rede de artigos	179
Anexo 2 - Frequência dos artigos extraídos segundo as áreas da WoS	181
Anexo 3 – Nota metodológica: ferramentas de análise	183

Listas

Lista de figuras	189
Lista de gráficos	190

Lista de quadros	192
Lista de Fórmulas	192
Lista de tabelas	193
Lista de imagens	193
Lista de siglas e abreviaturas	195



Agradecimentos

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em especial a equipe do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI), agradece a colaboração e o apoio recebidos dos consultores Antônio Brasil Júnior, Lucas Carvalho e Mariano Macedo, que contribuíram substancialmente para as análises, as metodologias e os resultados apresentados neste documento. As metodologias e ferramentas desenvolvidas, assim como as análises qualificadas de seus resultados, não teriam sido realizadas sem o empenho, a dedicação e o trabalho desses especialistas em suas áreas de atuação.

Este boletim não seria possível sem o acolhimento e cumprimento do desafio de mapear e construir indicadores para entender a CT&I brasileira. Tal proposta foi realizada partindo da *expertise* acumulada e desenvolvida na cientometria, na sociologia da ciência e no estudo de indicadores, com o olhar voltado também para inovações que respeitassem a diversidade encontrada nas áreas científica e tecnológicas brasileiras.



Apresentação

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), mantendo seu compromisso institucional de subsidiar a tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação (CT&I), lança o primeiro boletim anual do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI).

Assim como em todas as outras atividades, também no OCTI, a ação do Centro pauta-se pela busca de excelência, pela criação de processos inovadores e pelo desenvolvimento e aplicação de tecnologias, métodos e análises apropriados aos fluxos da CT&I e à tomada de decisões estratégicas de políticas públicas relacionados à área.

A criação desse espaço de atuação é, ao mesmo tempo, resultado do acúmulo de experiências do CGEE e de sua busca constante por iniciativas inovadoras que dialoguem com as necessidades do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

O OCTI pretende, a partir de novas abordagens de métricas já utilizadas, disponibilizar panoramas sobre a produção científica e tecnológica brasileira e mundial, além de análises sobre indicadores que visam avaliar o potencial e os gargalos das diferentes grandes regiões e Unidades da Federação brasileiras frente aos desafios para o desenvolvimento regional e local. A expectativa é criar um espaço de reflexão que também contribua para a avaliação e a formulação de políticas públicas com sólido embasamento conceitual e em evidências.

Nesta publicação, o Observatório apresenta os resultados da sua primeira agenda de estudos, realizados em 2020, com a intenção de divulgar dados e informações que visam auxiliar a construção de uma visão de futuro para o País.

Um de seus destaques é o mapeamento temático da pesquisa brasileira nos últimos cinco anos por meio da análise da produção indexada na *Web of Science* (WoS) com a participação de autores vinculados a instituições nacionais. A partir de abordagens cientométricas inovadoras, são identificados os temas e objetos de pesquisa mais recorrentes e estrategicamente posicionados no conjunto dessa produção, revelando a competência e o esforço científico em diversas áreas para tratar questões e desafios globais.

Ao considerar a crise sanitária e humanitária causada pela pandemia, esta publicação apresenta um levantamento sobre a produção científica mundial sobre coronavírus e Covid-19, indicando a intensidade e importância da mobilização de pesquisadores para o enfrentamento desse grande desafio global.

Por fim, são pontuados conceitos e novos desafios relacionados a indicadores de inovação, seja nas empresas, no governo, nas organizações sociais ou nas famílias, para responder às novas tendências que marcam as transformações econômicas, sociais e institucionais em curso no mundo contemporâneo.

O OCTI apresenta, portanto, propostas sistemáticas de observação, com o interesse mais amplo de reduzir as lacunas existentes entre o conhecimento científico e sua aplicação em políticas públicas.

Finalmente, gostaríamos de agradecer a todos aqueles que contribuíram para a idealização e elaboração deste Boletim, fruto dos esforços de várias equipes internas do CGEE, além da estreita e valiosa participação de muitos parceiros. Em especial, agradecemos ao Dr. Antonio Brasil Jr., ao Dr. Lucas Carvalho e ao Dr. Mariano Macedo pelos trabalhos e discussões metodológicas que tanto enriqueceram os estudos e desenvolvimentos realizados para avançarmos no mapeamento do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil.

Esperamos que a leitura seja proveitosa!

Equipe OCTI

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos



Prefácio

Esta publicação é resultado de um trabalho minucioso e com técnicas de pesquisa sofisticadas e atuais, elaborado pelo Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do CGEE que tem como missão “subsidiar processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação (CT&I), por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI” (CGEE, 2020).

O monitoramento da produção científica, tecnológica e da inovação, que é o principal objetivo do OCTI, permite, neste relatório, mapear os objetos de pesquisa mais recorrentes, as dinâmicas e tendências da comunidade científica, as áreas do conhecimento já consolidadas e as atuações multidisciplinares, assim como a identificação de oportunidades ao desenvolvimento científico e tecnológico. Nesse sentido, pode contribuir para a tomada de decisão e gestão de políticas públicas em CT&I, objetivo plenamente de acordo com a missão do CGEE. Além disso, acrescentam-se textos de especialistas sobre tópicos selecionados e que se destacam no mapeamento.

Para a construção do panorama da ciência brasileira, o OCTI trabalhou com uma coleção de mais de 300 mil artigos científicos, produzidos nos últimos seis anos, de 2015 a 2020, extraídos da *Web of Science* (WoS), uma reconhecida base indexadora de artigos escolhida por ser uma das mais tradicionais e consolidadas para a observação da ciência produzida no mundo.

Na primeira seção, são apresentados dados e informações sobre a produção científica brasileira em relação à produção global, além de destaques sobre a participação brasileira por área de pesquisa e um levantamento sobre a colaboração internacional nessa produção. O primeiro resultado impactante é que os dados consolidados de 2020 mostram que a produção brasileira de artigos cresceu 32,2% em relação ao ano de 2015. No mesmo período, a produção global de artigos cresceu 27,1%.

Contudo, no que concerne à colaboração de pesquisadores de instituições brasileiras com outros países, verifica-se forte concentração na colaboração com os EUA e na área de Física, em que é comum acontecer grandes colaborações, com a participação de muitos autores. A parceria com outros países da América do Sul ainda é muito baixa, sendo que a colaboração com a Argentina, principal parceiro, não representa 2% do total dos artigos publicados no período estudado.

Entre as colaborações internacionais, 11% contêm, ao menos, um autor de um país do Brics com um pesquisador alocado nas instituições brasileiras, e o principal parceiro do Brasil no bloco, a China, compreende 6,4% do total das publicações com outros países. Em seguida, aparecem Índia, Rússia e África do Sul (4,4%, 4,2% e 2,7%, respectivamente).

Na segunda seção, são apresentados o estado da arte e a trajetória temática da pesquisa brasileira nos últimos cinco anos, por meio da análise da produção indexada na WoS com a participação de autores vinculados a instituições brasileiras. Além de um panorama dos temas mais frequentes da pesquisa brasileira e dos temas emergentes, considerados *quentes*, apresentam-se também os artigos científicos mais citados, apontando, assim, uma fronteira de oportunidades para o desenvolvimento científico e tecnológico.

A partir das metodologias do campo cientométrico, o OCTI desenvolve uma análise temática da coleção de artigos, conseguindo produzir observações e leituras contundentes de temas estratégicos para o futuro do País, como biodiversidade, educação, saúde e tecnologias habilitadoras, a exemplo de nanomateriais. Para isso, recorre-se à técnica e ao conceito de *similaridade semântica* entre os resumos do *corpus* textual, com o objetivo de construir um conjunto de vetores de aproximação e afastamento entre documentos, dado sua relação contextual de termos e vocabulários.

No caso da análise mais detalhada do tema Educação, subtemas importantes – como identidade, diversidade cultural, gênero, educação especial, educação rural e inclusão escolar – são abordados ao lado de outros como a preparação e o treinamento de professores para lidar com essas e outras questões tão prementes na atualidade, como inclusão digital, uso de novas tecnologias, educação à distância.

Na seção referente à produção científica sobre Covid-19 com participação brasileira, além do contexto médico-hospitalar, foram múltiplos os objetos de pesquisas abordados, sob diferentes perspectivas e prismas referentes à pandemia. Os impactos sociais, econômicos e políticos deram margem a importantes discussões nas áreas de Ciências Sociais dando origem a um novo agrupamento temático inteiramente dedicado às transformações climáticas e ambientais durante a pandemia.

Nesse sentido, tenho mostrado, em vários artigos e eventos, que a busca pela preservação da vida explicitou também a importância da integração entre as ciências. Diante da pandemia que nos assola, pode-se afirmar que as Ciências da Saúde e Biológicas estão na linha de frente dos diagnósticos e tratamentos, ao lado de áreas como Matemática, Computação e Estatística, que estão apoiando com projeções, modelos e dados, e das Ciências Humanas e Sociais, que oferecem contribuições no que se refere aos seus impactos sociais e econômicos, sobretudo nas populações mais vulneráveis.



O relatório do OCTI evidencia, também, que o Brasil mostrou sua competência científica no tema da pandemia, expandindo sua produção. Contribuições na área epidemiológica e no campo da saúde mental foram consideráveis. Ressalta-se que o dinamismo da produção permitiu realizar importantes coautorias com pesquisadores alocados em outros países, transferindo e compartilhando conhecimento de extrema relevância para o enfrentamento do coronavírus. Com 867 artigos científicos publicados sobre o tema até dezembro de 2020, 34% dessas publicações foram feitas com colaboração internacional, uma taxa um pouco maior do que o percentual nacional referente às colaborações internacionais para todo o ano de 2019, com 31%. Ou seja, se, por um lado, a pandemia teve efeitos devastadores para a nossa população, resultou, por outro lado, em maior internacionalização da nossa ciência e em maior aproximação com outros centros de pesquisas.

Na última seção, são discutidos os principais desafios no que concerne a indicadores de inovação, mostrando que, além do trabalho de mapeamento da produção científica brasileira, o OCTI tem se preocupado em promover um olhar regional no planejamento de ações direcionadas à CT&I. A intenção é de se ter uma cesta de indicadores que possam auxiliar a compreensão das especificidades regionais da geografia da CT&I no Brasil. Um dos focos do OCTI neste trabalho é o desenvolvimento de indicadores de inovação que sirvam de insumos para elaboração de políticas públicas nos estados, e que também orientem a Política Nacional de Inovação do País. O primeiro passo já foi dado.

Vários métodos para a análise dos dados coletados foram empregados neste estudo. Esses métodos podem não ser exaustivos, mas são suficientes para obter *insights* e perspectivas sobre o panorama da ciência brasileira. O OCTI defende o princípio de uma abordagem baseada em evidências para verificar onde estamos em CT&I como nação, identificando lacunas em relação ao cenário que queremos estar no futuro e sistematizando informações que visem compreender as melhores práticas e trajetórias de transformação em curso no mundo.

Finalmente, cabe afirmar, mais uma vez, que esse mapeamento da produção científica, realizado pelo OCTI como uma das ações do CGEE, demonstra a *competência acumulada* existente no Brasil, graças a políticas de fomento e de pós-graduação que consolidaram a nossa ciência. O investimento realizado em ciência e tecnologia está garantindo o presente. No entanto, precisamos pensar no futuro. As pistas para as ações, tanto das sociedades científicas, quanto do governo, estão expostas neste documento estratégico. Entretanto precisamos levar adiante e tomar as medidas necessárias para melhorar o panorama da CT&I no Brasil.

Fernanda A. da F. Sobral

Professora da Universidade de Brasília

Vice-Presidente da SBPC

Nota de especialista

Por que mapear a ciência brasileira?

Luiz Augusto Campos¹

William Cheswick foi desacreditado por muitos quando propôs a construção de um mapa de toda a internet em 1997. Embora a rede internacional de computadores fosse bem menor à época do que hoje, ela já possuía proporções e complexidade gigantescas. Ainda assim, o primeiro mapa da internet contemporânea foi um marco, publicado em 1998, sobretudo para ferramentas de segurança virtual que puderam desenhar os fluxos de ameaças à rede, reconstruir suas origens e modos de operação.

O fato de hoje existirem mais sites na internet do que estrelas na via Láctea não impede que outros cientistas permaneçam atualizando e aprimorando os mapas da rede. Mapear as realidades de tamanho e complexidade colossais não é apenas possível, mas, sobretudo, vital. Isso vale para a internet, para o espaço sideral e, sobretudo, para a própria ciência.

É graças à ciência que hoje possuímos mapas riquíssimos da superfície geológica da Terra, das principais galáxias do universo, do ecossistema amazônico, do genoma humano e, até mesmo, da história evolutiva de vários seres vivos. Mas, com o seu crescimento vertiginoso nas últimas décadas, é a própria ciência que passou a demandar seus próprios mapas.

Sob o termo *ciência*, abrigamos hoje cerca de sete milhões de pesquisadores e pesquisadoras em todo o globo, que publicam, todos os anos, algo em torno de dois milhões de artigos acadêmicos distribuídos em cerca de 30 mil periódicos científicos. Sem mapas capazes de agrupar, indexar, simplificar e representar esses números hiperbólicos, uma simples revisão bibliográfica sobre um tema específico seria impossível. Mas, se é razoavelmente claro, porque precisamos mapear partes específicas da produção científica, por que construir mapas de setores maiores da ciência ou mesmo sobre um dado campo científico nacional?

Um mapa se define mais pelas perguntas que ele ajuda a responder do que pelas características intrínsecas da realidade representada. Enquanto ilustração gráfica reduzida de um conjunto de relações, todo mapa exclui variáveis e inclui outras. As definições das características ignoradas e das contempladas depende, portanto, da pergunta ou da problemática que

¹ Professor de Sociologia e Ciência Política no Instituto de Estudos Sociais e Políticos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IESP-UERJ) e coordenador do Observatório das Ciências Sociais.



guia um dado esforço cartográfico. Não faz sentido que um mapa rodoviário, por exemplo, inclua indicações dos ecossistemas paleontológicos por onde passam suas estradas ou marcações dos servidores de internet em seu percurso. Assim, mapas dizem mais sobre as nossas necessidades em relação à realidade do que sobre a realidade em si.

São muitas as perguntas que justificam a construção de mapas da produção científica brasileira como aqueles produzidos pelo CGEE. Abordo aqui apenas quatro questões urgentes para nossa ciência: o incentivo à inter e à transdisciplinaridade, a consolidação dos consensos científicos, o impacto de nossa produção e a qualidade dos investimentos em CT&I.

A prática científica sempre dependeu da cooperação entre especialistas de diferentes disciplinas. As implicações da teoria geral da relatividade de Einstein para o comportamento da luz, por exemplo, dependeram das confirmações de astrônomos, como Andrew Crommelin e Stanley Eddington. Do mesmo modo, a força inicial da teoria da seleção natural darwinista e da genética mendeliana deve muito ao trabalho do estatístico de Ronald Fisher. A rigor, apenas 3% dos mais de dois mil cientistas envolvidos na construção do mais famoso acelerador de partículas do mundo, o CERN, são físicos, sendo os demais de campos diversos, como Engenharia, Tecnologia da Informação, especialistas em recursos humanos, contadores, etc. O paleontólogo Stephen Jay Gould, por exemplo, afirma ter retirado a inspiração para sua teoria do equilíbrio pontuado da leitura da obra de Karl Marx. Ou seja, cientistas podem dominar a contento suas especialidades, mas dificilmente podem sustentar pesquisas inter e transdisciplinares sem mapas mais amplos.


Mapear a ciência também é central para detectar e divulgar consensos e paradigmas científicos. Valorizada socialmente pela sua capacidade de experimentação, a ciência complexificou-se a tal ponto que seus consensos não são mais óbvios, nem mesmo para seus praticantes. Ademais, a má compreensão dos eventuais dissensos tem sido explorada por articulações políticas e empresariais negacionistas e levado a resultados desastrosos. Daí a importância dos mapeamentos que facilitam a identificação de lacunas e convergências no conhecimento, algo relevante para dentro e fora da academia. Um exemplo disso é o trabalho da Naomi Oreskes que buscou estimar o consenso entre especialistas sobre as mudanças climáticas em meio a 928 publicações acadêmicas. Segundo a autora, nenhum dos textos nega a existência de acentuadas mudanças climáticas.

Se a indexação virtual de conteúdos científicos facilita seu acesso, ela dificulta seu processamento e hierarquização. Num manancial de milhões de artigos acadêmicos, como saber o que é

mais importante para a ciência ou para a sociedade como um todo? É por conta disso que o mundo científico tem de lidar hoje com uma miríade de métricas de impacto interno e externo dos seus trabalhos, elas próprias sujeitas a representações espaciais. Mais intrincado ainda tem sido perseguir os impactos da ciência externos a ela, seja no registro de patentes e invenções, na formulação de políticas públicas, seja no próprio debate público. Embora o mundo da ciência dependa de um alto grau de autonomia interna para funcionar, sua legitimidade pública e, portanto, a longevidade de suas infraestruturas, depende do uso social e político desse conhecimento. Tudo isso demanda mapeamentos sempre atualizados da própria ciência e de seus impactos.

Finalmente, mas talvez mais importante, os mapas da ciência são centrais no planejamento dos investimentos que a sustentam. A ciência é uma das áreas mais estratégicas para o desenvolvimento humano e econômico de um país, mas é particularmente difícil definir estrategicamente como devemos investir nela. É justamente porque a maioria das descobertas científicas depende de diálogos inter e transdisciplinares que é nocivo eleger arbitrariamente disciplinas específicas como prioritárias. Uma capa adicional de complexidade é adicionada à ciência produzida em países periféricos como o Brasil. Ao mesmo tempo em que estes dependem de parques científicos próprios para se desenvolverem, sua autonomia nacional não pode implicar desconexão com a produção acadêmica internacional. Portanto, a definição de áreas estratégicas, bem como da ciência básica sob a qual essas áreas se constroem é refém dos mapeamentos da ciência.

Realidades simples cuja complexidade pode ser capturada e memorizada por um grupo pequeno de pessoas não precisam ser mapeadas para que possamos incidir sobre elas. Os mapas são necessários justamente quando uma realidade torna-se tão complexa que é impossível representá-la de modo total e fidedigno sem a intermediação de técnicas, modelos e critérios sistemáticos de simplificação. No caso da ciência brasileira, só podemos ter alguma pista sobre seus impactos, interdisciplinaridade e consensos se tivermos mapas de suas produções. São eles que devem nortear os investimentos estratégicos em CT&I.



Capítulo 1 | Produção científica
brasileira no cenário global
nos últimos seis anos



Capítulo 1

1. Produção científica brasileira no cenário global nos últimos seis anos

As revistas científicas são um meio ou instrumento formal de divulgação da ciência que tem como um dos seus principais objetivos registrar e compartilhar resultados de pesquisas, sobre diversos temas e áreas do conhecimento. São, portanto, fontes de informação qualificadas e atualizadas sobre temas representativos acerca das descobertas e dos avanços da ciência.

O monitoramento da produção científica permite um entendimento sobre os objetos de pesquisa mais recorrentes, possibilita mapear dinâmicas e tendências da comunidade científica e torna possível compreender o avanço de áreas do conhecimento e atuações multidisciplinares, além da identificação de oportunidades para o desenvolvimento científico e tecnológico. Nesse sentido, torna-se uma contribuição relevante para a tomada de decisão e gestão de políticas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I).

Para construção de um panorama da ciência brasileira, o Observatório em Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) tem trabalhado com uma coleção de mais de 300 mil artigos científicos, produzidos nos últimos seis anos, de 2015 a 2020, extraídos da *Web of Science* (WoS), uma reconhecida base indexadora de artigos escolhida por ser uma das mais tradicionais e consolidadas para a observação da ciência produzida no mundo.

Nesta seção, são apresentados dados² e informações sobre a produção científica brasileira³ em relação à produção global, além de destaques relativos à participação brasileira por área de pesquisa e de um levantamento sobre a colaboração internacional nessa produção.

2 Os dados sobre a produção científica apresentados nesta seção foram extraídos da *Web of Science* (WoS) em 1º de fevereiro de 2021.

3 Considera-se como produção científica brasileira a produção de artigos científicos com participação de autores vinculados a instituições brasileiras.



Figura 1 – Produção científica brasileira em relação à produção global

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em fevereiro de 2021.

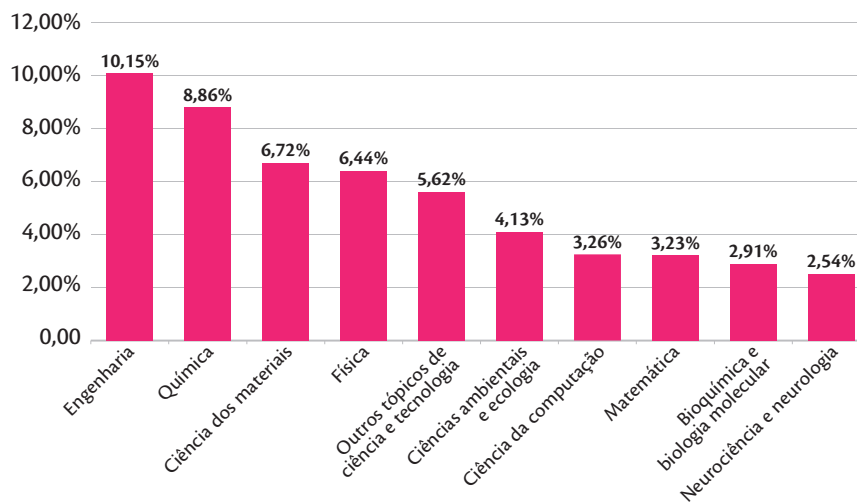


Gráfico 1 – Ranking das áreas de pesquisa com o maior número de artigos a partir de toda produção global indexada na *Web of Science* (2015-2020)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em fevereiro de 2021.

No período 2015-2020, foram indexados na WoS um total de mais de 11 milhões de artigos. Desse total, cerca 372 mil são artigos produzidos com a participação de, pelo menos, um autor vinculado a instituições brasileiras. Em 2020, essa participação alcançou 3,2% da produção mundial.



No período acumulado de 2015 a 2020, a produção científica brasileira manteve a 13ª posição na produção global de artigos científicos indexados na base WoS. Em 2020, o Brasil superou a Rússia (14º), o Irã (15º), a Holanda (16º) e a Turquia (17º), em um *ranking* liderado por EUA, China e Alemanha, nessa ordem.

1.1. Produção científica brasileira por área de pesquisa

Ao considerar o *ranking* das áreas de pesquisa⁴ com maior número de artigos indexados, conforme a classificação utilizada pela WoS, as áreas em que a produção científica brasileira mais se destacou, no período 2015-2020, foram as seguintes: Engenharia (1º lugar), Química (2º) e Agricultura (3º).

A área de pesquisa Agricultura destaca-se na produção brasileira, embora a produção global não apresente essa área entre as 10 primeiras no seu *ranking* científico⁵. A área Ciências Ambientais e Ecologia ocupa o 4º lugar no *ranking* das áreas de pesquisa da produção científica brasileira, duas posições acima do 6º lugar ocupado pela área no *ranking* global.

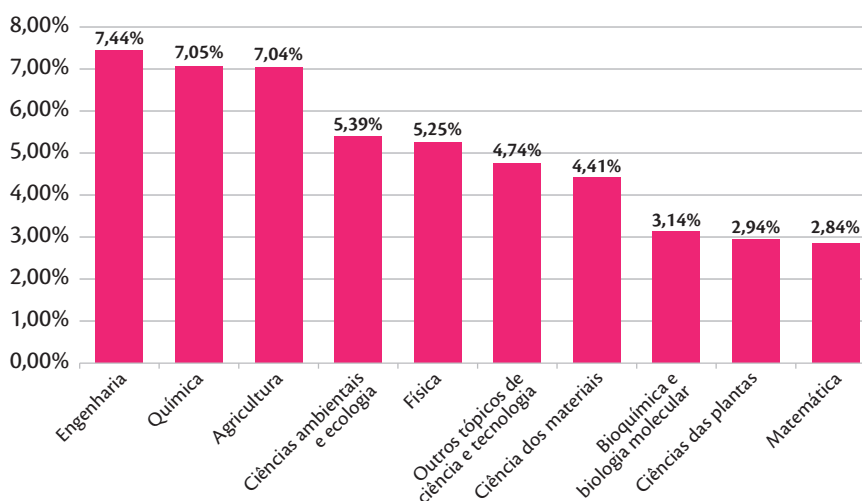


Gráfico 2 – Participação das áreas de pesquisa por ano em artigos com, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em fevereiro de 2021.

⁴ Para conhecer a árvore de áreas de pesquisa da WoS, acesse: https://images.webofknowledge.com/WOKRSS17B4/help/pt_BR/WOS/hp_research_areas_easca.html.

⁵ Coleção da produção científica de artigos da WoS no contexto mundial no período de 2015 a 2020. A coleção tem mais de 11.500.000 publicações no período acumulado e abrange as 153 áreas de pesquisas. Dados extraídos em 1º de fevereiro de 2021.

A análise por grande área da WoS indica a alta participação das publicações em Ciências da Vida e Biomedicina na produção científica brasileira, com mais de 285.000 publicações no total, distribuídos em mais de 70 áreas de pesquisa contidas dessa grande área. Entre elas, os maiores quantitativos estão concentrados em Agricultura (26.206 artigos), Ciências Ambientais e Ecologia (20.075), Bioquímica e Biologia Molecular (11.693), Ciências das Plantas (10.945) e Saúde Pública, Ambiental e Ocupacional (10.382).

Um segundo critério utilizado para estabelecer as áreas de excelência da produção científica brasileira refere-se à participação relativa dessa produção dentro dessas áreas de pesquisa. A participação relativa mede qual é a proporção de artigos científicos realizados com pesquisadores vinculados a determinado país, sobre toda produção global, em um período determinado.

Entre as áreas de pesquisa da produção científica global com maior participação relativa de instituições brasileiras, destaca-se a Parasitologia, no qual 15,5% de toda a produção contou com a participação de algum autor vinculado a uma instituição brasileira. Na sequência, têm-se as áreas de Medicina Tropical (14,3%), Odontologia (12,9%), Agricultura (11,1%) e Silvicultura (11,1%).⁶

1.2. Evolução da produção científica brasileira, por área de pesquisa, em relação à produção total de artigos entre os anos de 2015 e 2020

Conforme os dados apresentados no gráfico 1 e 2, considerando, ano a ano, as áreas da produção científica brasileira que ocuparam o *top* 10 por número total de artigos publicados no período 2015-2020, destaca-se o seguinte:

- Aumento relativo dos artigos científicos na área de Engenharia, que passou de 6,4%, em 2015, para 8,5%, em 2020.
- Pequena queda relativa na área de Agricultura: 7,7%, em 2015, para 6,5%, em 2020.
- Aumento da participação relativa da área de Ciências Ambientais: 4,2% em 2015 para 6,8% em 2020.

O aumento desses percentuais acompanha a tendência global dessas áreas de pesquisa:

⁶ É importante destacar que artigos indexados para determinada área de pesquisa, a depender da indexação de seus periódicos, podem também estar presentes em outras áreas de pesquisa análogas ou convergentes.



- Em Engenharia, observou-se que a participação relativa passou de 10,4%, em 2015, para 12,6%, em 2020.
- Em Ciências Ambientais, essa participação passou de 3,8%, em 2015, para 5,9%, em 2020.

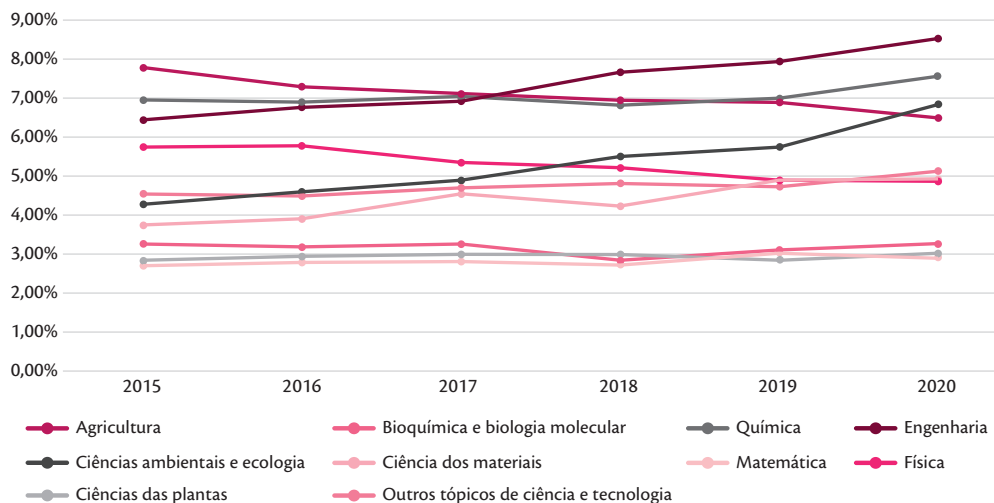


Gráfico 3 – Participação relativa das áreas de pesquisa por ano em artigos com, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira (entre 2015 e 2020)

Fonte: Web of Science, dados extraídos em fevereiro de 2021.

1.3. Índice de especialização

Um método para analisar a participação da produção científica brasileira, em relação à produção global, refere-se ao índice de especialização (*Specialization Index – SI*). Esse índice é expresso pela razão entre a fração da produção (número de artigos) de determinada área de pesquisa em um país e a fração da produção (número de artigos) da mesma área no mundo, em um mesmo período. A fórmula desse índice é dada por:

$$SI = \frac{\left(\frac{Doc_{\text{área, país}}}{Doc_{\text{país}}} \right)}{\left(\frac{Doc_{\text{área}}}{Doc_{\text{mundo}}} \right)}$$

Fórmula 1 – Fórmula do índice de especialização da produção científica por áreas de pesquisa

Fonte: Asknes et al. (2014).

O *SI* pode ser aplicado como um indicador da produção científica brasileira em relação à produção global. Indica o quanto os pesquisadores de instituições brasileiras se especializaram em determinada área de pesquisa.

Assim, quando o *SI* é igual a 1, significa que o nível de especialização em uma área de pesquisa, no Brasil, é equivalente ao nível global. Índices superiores a 1 sinalizam níveis maiores de especializações no país e índices menores que 1 apontam para especializações menores em relação à produção global.⁷

Os maiores índices de especialização da produção científica brasileira por grandes áreas de pesquisa, segundo a classificação da WoS (Artes e Humanidades; Ciências da Vida e Biomedicina; Ciências físicas; Tecnologia e Ciências Sociais), são os seguintes:

- Na grande área de Ciências Físicas, destacam-se as áreas de Astronomia ($i=1,44$) e Recursos Hídricos ($i=1,05$), com índices de especialização próximos aos observados na produção global.
- Na grande área de pesquisa Tecnologia, a maioria das áreas não excedem o valor 1,0 do índice de especialização, um indicativo de que os níveis de especialização nessa área são, em geral, menores que o mundial. Destacam-se, nessa grande área, as Ciência da Informação e Biblioteconomia ($i=1,61$) e Microscopia ($i=1,58$).

O tipo de produção científica *trabalhos publicados em anais de eventos*⁸ dá origem a índices de especialização distintos para áreas, principalmente dentro da grande área de pesquisa Tecnologia, a exemplo dos seguintes:

- Ciência da Computação ($i=1,20$ em anais e $i=0,72$ em artigos científicos).
- Robótica ($i=1,05$ em anais e $i=0,33$ em artigos científicos).

A grande área *Ciências da Vida e Biomedicina* (gráfico 4) apresenta grande variabilidade nos índices de especialização de suas 75 áreas de pesquisa, com destaque para as áreas Parasitologia ($i=4,81$), Medicina Tropical ($i=4,44$), Odontologia ($i=4,02$), Agricultura ($i=3,44$), Silvicultura ($i=3,43$) e Zoologia ($i=3,24$).

7 Os índices apresentados foram calculados, tendo por base o período acumulado entre os anos de 2015 a 2020.

8 Literatura publicada de conferências, simpósios, colóquios, workshops e convenções em uma ampla gama de disciplinas. Geralmente publicado em livros de anais de conferências.

Fonte: Ajuda da Coleção Principal da *Web of Science*. Disponível em: https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/hs_document_type.html. Acesso em: 7 fev. 2021.

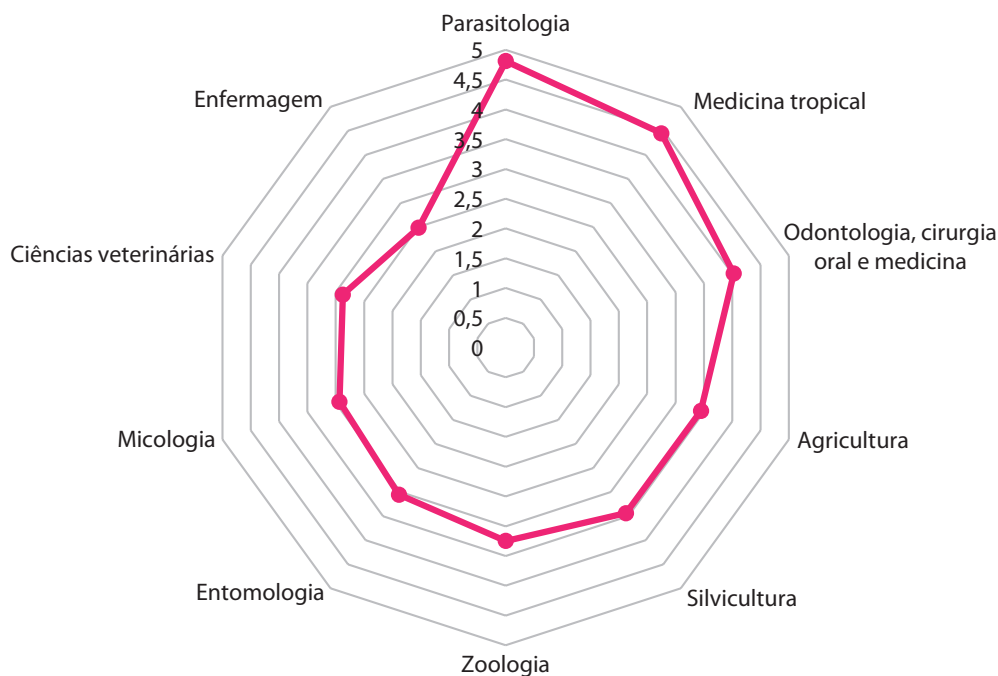


Gráfico 4 – Índices de especialização mais relevantes na grande área *Ciências da Vida e Biomedicina*, considerando artigos científicos (2015 a 2020)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em fevereiro de 2021.

Na grande área Ciências Sociais, as principais áreas de pesquisa são Geografia e Linguística, com $i=1,86$ e $i=1,59$, respectivamente.

Por fim, em Artes e Humanidades, grande área com menor cobertura na WoS, destacam-se as seguintes áreas de pesquisa: Teatro ($i=2,30$) e História ($i=1,56$).

1.4. Produção científica brasileira realizada em colaboração internacional

A discussão sobre a importância da colaboração internacional na produção científica é impulsionada por vários motivos. Não são recentes os debates, por exemplo, sobre o uso de indicadores que classificam a colaboração internacional como uma possível medida de força da pesquisa, conceito que é tradicionalmente atrelado a publicações em revistas de alto impacto.

Sob outra perspectiva, é importante considerar que ter uma colaboração internacional entre pesquisadores pode aumentar o impacto da produção científica em algumas áreas, bem como pode ampliar os caminhos para o avanço científico e tecnológico. A pandemia de Covid-19 é um exemplo que tem mostrado a importância da colaboração global na busca por respostas e soluções ao enfrentamento dessa crise sanitária. É importante considerar, ainda, que há mudanças sensíveis no padrão de comportamento da colaboração internacional, a depender das áreas envolvidas e dos objetos de pesquisas abordados.

Nesse sentido, além de saber quantos são e em quais áreas de pesquisa estão concentrados os artigos produzidos com a participação brasileira, duas outras questões são relevantes:

*Quanto da produção científica brasileira é realizada em colaboração internacional?
 Quem são os principais países de origem dos pesquisadores parceiros nessa produção?*

Ao considerar o volume de dados extraídos da WoS relativos ao período 2015-2020, cerca de um terço (32,8%) da produção de artigos científicos de autores vinculados a instituições brasileiras é realizada por meio de colaboração internacional. O gráfico 5 apresenta a distribuição desses 32,8% segundo os países parceiros.

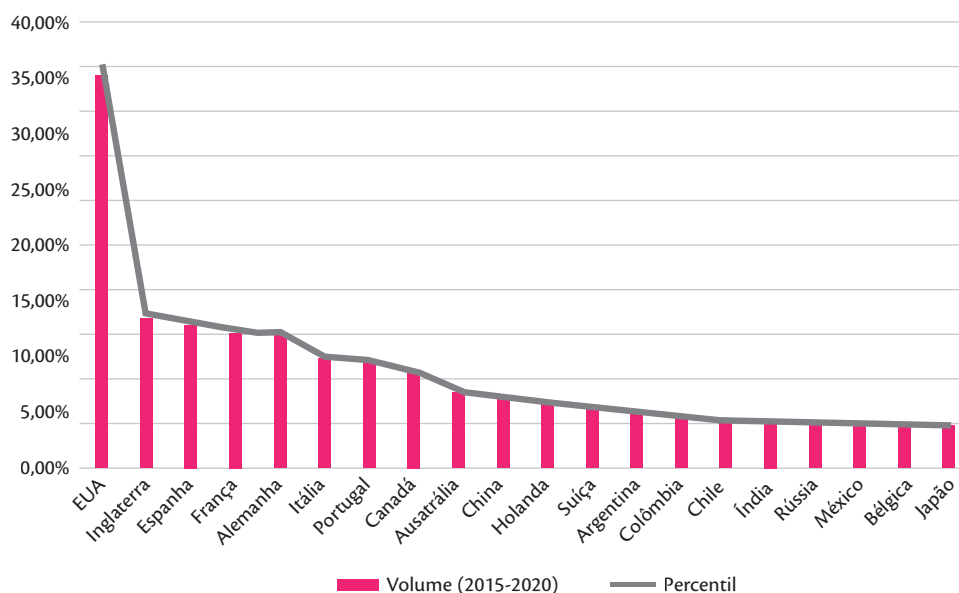


Gráfico 5 – Distribuição percentual da participação de países na colaboração internacional dos artigos com a participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira

Fonte: Web of Science, dados extraídos em fevereiro de 2021.



O país de origem das instituições que mais colaboram com os autores de artigos envolvendo instituições brasileiras é EUA, presente em 36,0% de toda a produção científica brasileira realizada em colaboração internacional no período de 2015-2020. A área de pesquisa em que os dois países mais colaboram é a Física (10%).

Ainda com foco somente nas colaborações internacionais no período acumulado, ou seja, apenas o conjunto de publicações que têm, pelo menos, algum autor vinculado a uma instituição de outro país, 11,0% delas contêm, ao menos, um autor de um país do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (Brics). Entre eles, o principal parceiro do Brasil é a China, com 6,4% (7.807 de 122.402) da produção brasileira associada a artigos com, pelo menos, um autor de cada um dos dois países. Em seguida, aparecem a Índia e a Rússia (com aproximadamente 4,4% e 4,2% cada, tendo 5.340 e 5.101 de 122.402, respectivamente) no período acumulado. África do Sul participa de 2,7% dos artigos em colaboração internacional.

Nesse mesmo conjunto de dados, 15,0% da produção brasileira em colaboração internacional apresenta, pelo menos, outro pesquisador vinculado a uma instituição sul-americana, sendo a Argentina o principal país parceiro na América do Sul, como 5,2% desse total. Colômbia e Chile aparecem na sequência, com 4,8% e 4,4%. Ressalta-se que, no período entre 2015 e 2020, o número de artigos científicos em colaboração com países da América do Sul cresceu 67,0%.

Ao considerar todas as áreas de pesquisa da WoS, independentemente do quantitativo de produção, destacam-se nos artigos da produção brasileira, em colaboração internacional, a área de Astronomia e Astrofísica, com 75,85% dos seus artigos apresentando alguma colaboração com instituições estrangeiras, no período entre 2015 e 2020. Em seguida, há Ciências Biomédicas Sociais (66,0%) e Biologia Evolucionária (63,7%).

Quando são selecionadas as 38 áreas de pesquisa com maior quantitativo de artigos científicos (cerca de 25% das 154 áreas de pesquisa classificadas pela WoS), merecem também destaque outras cinco áreas dentro da grande área de Ciências da Vida e Biomedicina. A área Neurociência e Neurologia é a que ocupa a 5ª posição com 46,0% de artigos em colaboração internacional – Genética e Hereditariedade (6º lugar), Microbiologia (8º lugar), Ciências Ambientais e Ecologia (9º lugar) e Imunologia (em 10º lugar). A área de pesquisa *Outros tópicos em Ciência e Tecnologia* da grande área de *Tecnologia*, aparece em 7º lugar no *ranking* com 45,3% dos artigos apresentando alguma colaboração internacional. Em segundo e terceiro, estão as áreas de Física e Geologia.

Produção científica exclusivamente brasileira

Quando se analisa a produção de artigos científicos somente com autores vinculados a instituições brasileiras, a área Agricultura é a que apresenta o maior número de artigos (21.029).

A área de Educação, que não aparece entre as 10 primeiras áreas de pesquisa da produção científica brasileira total, passa a ocupar o 7º lugar da produção científica quando se considera somente os artigos com autores vinculados a instituições brasileiras.

Negócios e Economia, outra área que também não estava presente no *ranking* da produção brasileira, aparece aqui em 11º lugar, sendo detentora de aproximadamente 3,0% da produção exclusivamente com autores vinculados a instituições brasileiras.⁹

Considerações

Os dados e as informações apresentados nesta seção traçam uma visão geral sobre a produção científica brasileira no período de 2015 e 2020, segundo a *Web of Science*, e permitem identificar alguns pontos fortes e tendências da pesquisa brasileira nos últimos anos.

Em termos de volume de publicações científicas, considerando outros estudos sobre o tema (CROSS; THOMSON; SIBCLAIR, 2018), o Brasil continua, desde 2015, com uma participação em torno de 3% da produção mundial acumulada no período.

A produção brasileira de artigos apresentou um aumento expressivo. Comparando o volume entre 2020 e 2015, por exemplo, a produção brasileira cresceu 32,2%, 5 pontos percentuais a mais em relação ao crescimento de 27,1% da produção mundial no período.

Além da participação expressiva em áreas de pesquisa nas quais o País tradicionalmente se destaca, como Agricultura, Odontologia, Física e Microscopia, é importante ressaltar a atividade e excelência da ciência brasileira em pesquisas em áreas relacionadas mais diretamente a temas, como Meio Ambiente, Educação e Saúde – grandes desafios nacionais e globais em ciência, tecnologia e inovação.

⁹ Considerando toda a produção com participação de instituições brasileiras, com ou sem colaboração internacional, a área de pesquisa figura em 15º.



Além dessas áreas, também merecem destaque as seguintes: Ciências ambientais e ecologia; Silvicultura; Engenharias; Ciência dos materiais; Bioquímica e biologia molecular; Parasitologia; e Zoologia.

As maiores especializações da ciência brasileira, quando comparada com o mundo, concentram-se em doenças parasitárias, medicina tropical e odontologia. São relativamente altos os índices de especialização em áreas, como Geografia, Linguística, Pesquisa Educacional, Ciência da Informação e Biblioteconomia, apesar da pequena cobertura relativa dessas áreas na *Web of Science*.

Mesmo assim, embora mantenha o importante padrão de colaboração com cerca de 200 países, ainda é possível expandir a diversidade de parcerias internacionais, fortemente centradas na colaboração com os EUA e principalmente na área de Física.

Nota de especialista

Leitura distante e o projeto do OCTI-CGEE: novos instrumentos para novos objetos de pesquisa

Antonio Brasil Jr¹⁰

Lucas Carvalho¹¹

A chamada *revolução informacional*, que vem alterando as próprias bases da organização da vida social, está igualmente impactando as formas de se pesquisar a ciência. Se a existência de grandes bancos de dados relativos à produção científica não é algo exatamente novo, certamente não têm precedentes a recente multiplicação de bases indexadoras e as formas de acesso a informações relativas a diferentes dimensões do sistema científico. Trata-se, a rigor, de uma verdadeira transformação nas infraestruturas de pesquisa que está afetando o conjunto dos vários campos científicos (ESPOSTIO, 2019), o que não poderia obviamente deixar de afetar as formas pelas quais a sociologia da ciência, a bibliometria, a cientometria, para citar algumas disciplinas/especializações, se debruçam sobre os seus materiais empíricos. Já está em curso, inclusive, uma proposta de estabelecer uma *ciência da ciência* [*science of science*], uma abordagem transdisciplinar dedicada ao escrutínio dos mecanismos científicos fundamentais por meio da exploração de grandes bancos de dados.

A possibilidade de tratar em conjunto um volume de dados, até pouco tempo atrás impensável – como os mais de 320 mil artigos científicos analisados aqui nesta primeira etapa de pesquisa do OCTI-CGEE –, exige uma reflexão teórico-metodológica sobre os nossos instrumentos de análise. Não basta apenas adaptar os recursos cognitivos já disponíveis para fazer frente ao chamado *big data*. Novos instrumentos e, no limite, novos objetos de conhecimento precisam ser gerados a fim de tornar a complexidade intrínseca aos dados manejável e inteligível (FORTUNATO *et al.*, 2018).

Nesse sentido, como ler os 320 mil documentos tratados neste boletim pela equipe do OCTI-CGEE? Embora preciosa, a leitura atenta dos textos, ou mesmo de seus resumos e palavras-chave, seria tarefa demorada, custosa e, no limite, impossível. Precisamos lançar mão de outras formas de ler esse material, uma leitura à distância, ou *distant reading*, nos termos provocativos de Franco

10 Professor adjunto do Departamento de Sociologia e do Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Antropologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGSA/UFRJ). Editor de Sociologia & Antropologia. Jovem Cientista do Nosso Estado (JCNE/Faperj). É autor de Passagens para a teoria sociológica (2013).

11 Graduação em Ciências Sociais pelo Instituto de Filosofia e Ciências Sociais (IFCS) da UFRJ, mestrado e doutorado em sociologia pelo PPGSA/UFRJ. É professor do Departamento de Sociologia e Metodologia das Ciências Sociais da Universidade Federal Fluminense (GSO/UFF).



Moretti, nome de referência nos estudos literários e no campo emergente das humanidades digitais (MORETTI, 2014). *Distant reading* implica levar a sério a distância não como obstáculo ao conhecimento, mas como sua própria condição. E, para tal, é preciso usar estratégias para a codificação e simplificação dos textos e de suas relações, como, por exemplo, o uso dos campos estruturados dos metadados disponibilizados pela base *Web of Science*, como palavras-chave, referências, resumos, instituições, número de citações, etc. É preciso destacar, portanto, que o ajuste de foco proposto pela *leitura distante* não significa ampliar a *perder de vista*, já que grandes volumes de dados podem se referir a aspectos específicos de determinado conjunto. Não há, *a priori*, contradição entre *big data* e detalhamento e tampouco entre métodos qualitativos e quantitativos. O que importa, nessa perspectiva, é a qualidade do que se pode observar a partir das agregações e desagregações de grandes quantidades de dados.

As técnicas de *leitura distante* e de visualização de dados mobilizadas neste estudo procuram observar relações no conjunto ou no interior de subconjuntos da amostra selecionada de artigos. Relações que seriam inapreensíveis sem o uso dessas técnicas. Uma delas, na verdade a principal, é a modelagem de uma rede de relações semânticas entre cada documento, que permite, por meio do cálculo da frequência e das relevâncias dos termos de seus títulos e resumos, gerar uma matriz relacional e, com isso, aproximar ou distanciar textos de acordo com um índice de similaridade. Essa metodologia foi crucial para a detecção dos grandes agrupamentos temáticos. Esse procedimento, que permite tomar distância de um texto considerado isoladamente e ver como ele se distribui como um nó em um emaranhado de relações, explicita a produtividade da leitura distante. Se cada documento é, em si mesmo, um universo complexo (e que vale, portanto, uma leitura demorada e aprofundada), sua codificação e sua simplificação como elemento de uma estrutura de relações com milhares de outros documentos geram um nível novo e emergente de complexidade que é irreduzível aos elementos que o compõem. E esse nível emergente é o objeto novo de pesquisa constituído com o auxílio de ferramentas computacionais, e inapreensível sem elas. Essa rede de similaridade entre os mais de 320 mil artigos modelada pela equipe do OCTI-CGEE permite observar, de um ângulo original e inédito, a estrutura semântica das comunicações científicas com participação brasileira no mundo, indo muito além das formas de classificação temática/disciplinar oferecidas pela própria *Web of Science* ou iniciativas análogas em outros contextos nacionais.

As novas potencialidades vêm sempre acompanhadas, é claro, de limites. Toda observação, mesmo aquela que se propõe a observar a maior distância possível, é constituída por meio de distinções e, portanto, de pontos cegos (LEYDESDORFF, 2006). Como dissemos, ver a complexidade do conjunto implica simplificar e codificar ao máximo os seus elementos: a rigor,

estamos construindo dados em cima de dados sobre dados (os metadados), isto é, estamos mobilizados dados de segunda e terceira ordem. Perder informação é condição para gerar nova e, potencialmente, surpreendente informação. Além disso, como todo o debate sobre cobertura de bases indexadoras vem revelando, há vieses incontornáveis na composição das coleções das principais bases – no caso da *Web of Science*, são sabidos os seus limites na recuperação de artigos e revistas no campo das Ciências Humanas e Sociais (MARTÍN-MARTÍN *et al.*, 2020). Logo, não se trata de retirar a importância de outras formas de observação da ciência, mais centradas em campos específicos ou na leitura atenta de documentos; antes, o crucial é, desde uma visão de longe, tensionar os protocolos habituais de análise do sistema científico por meio da proposição de novos ângulos de observação e sobretudo de novas perguntas ou, na notação própria da teoria de sistemas, irritar as formas assentadas de (auto-)observação da ciência.

Além da modelagem da rede de similaridade semântica, outras técnicas de leitura distante foram acionadas pela equipe do OCTI-CGEE, tais como: os mapas da ciência, inspirados no trabalho pioneiro de Loet Leydesdorff (RAFOLS; PORTER LEYDESDORFF, 2010), úteis na comparação de temas/especializações presentes entre os diferentes subconjuntos da amostra selecionada; a análise da distribuição temporal das palavras-chave por meio de *timelines*, que permitem capturar explosões temáticas e tendências emergentes, conforme vem propondo, entre outros, o trabalho de Chaomei Chen (2012); os diagramas estratégicos, que intuitivamente possibilitam a detecção de temas centrais, transversais, marginais e/ou emergentes no interior dos agrupamentos temáticos, na esteira das pesquisas de Manuel Cobo *et al.* (2011). Nossa expectativa é que esse conjunto de ferramentas, empregado de maneira inédita na análise de produção científica brasileira, permita criar novas formas de observação, de diálogo e de cooperação entre os cientistas, os gestores e o público interessado em ciência.

Referências

- CHEN, C. **Turning points: the nature of creativity**. Springer Science & Business Media. jan. 2012. 22 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Chaomei-Chen/publication/230690859_Turning_Points_The_Nature_of_Creativity/links/0fcfd5078c9c3e967d000000/Turning-Points-The-Nature-of-Creativity.pdf. Acesso em: 7 fev. 2021.
- COBO, M.J.; LÓPEZ-HERRERA, A.G.; HERRERA-VIDEIRA, E.; HERRERA, F. Science mapping software tools: Review, analysis and cooperative study among tools. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 62, n. 7, p. 1382–1402. 2011.



Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Cobo-3/publication/227733641_Science_Mapping_Software_Tools_Review_Analysis_and_Cooperative_Study_Among_Tools/links/5a26775e4585155dd4219d16/Science-Mapping-Software-Tools-Review-Analysis-and-Cooperative-Study-Among-Tools.pdf. Acesso em: 7 fev. 2021.

BRASIL JR., Antonio da Silveira. **Passagens para uma teoria sociológica:** Florestan Fernandes e Gino Germani. São Paulo: Editora : Hucitec, 2013.

ESPOSITO, E. The impact of big data. In: MAEGAARD, B.; POZZO, R.; MELLONI, A.; WOOLLARD, M. (Orgs.). **Stay tuned to the future.** Impact of research infrastructures for social sciences and humanities, v. 128, p. 27-31. 2019.


FORTUNATO, S.; BERGSTROM, C.T.; BÖRNER, K.; EVANS, J.A.; HELBING, D.; MILOJEVIĆ, S.; PETERSEN, A.M.; RADICCHI, F.; SINATRA, R.; UZZI, B.; VESPIGNANI, A.; WALTMAN, L.; WANG, D.; BARABÁSI, A.-L. Science of science. **Science**, v. 359, n. 6379, 2018. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/359/6379/ea00185/tab-pdf>. Acesso em: 7 fev. 2021.

LEYDESDORFF, L. The biological metaphor of a second-order observer and the sociological discourse. **Kybernetes**, v. 35, n. 3/4, p. 531-546. 2006. Disponível em: <https://www.leydesdorff.net/kybernetes/observer.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2021.

MARTÍN-MARTÍN, A.; THELWALL, M.; ORDUNA-MALEA, E.; DELGADO LÓPEZ-CÓZAR, E. Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations" COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. **Scientometrics**, v. 126, p. 871-906, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11192-020-03690-4.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2021.

MORETTI, F. Distant Reading. **Digital Scholarship in the Humanities**, v. 30, n. 1, mar. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Peter-Boot/publication/270752815_Distant_Reading_Franco_Moretti/links/5ebd6de4a6fdcc90d67538d8/Distant-Reading-Franco-Moretti.pdf. Acesso em: 7 fev. 2021.

RAFOLS, I.; PORTER, A.L.; LEYDESDORFF, L. Science overlay maps: A new tool for research policy and library management. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 61, n. 9, p. 1871-1887, 2010. Disponível em: <http://users.sussex.ac.uk/~ir28/docs/2010-rafols-porter-leydesdorff-jasist.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2021.



Capítulo 2 | Mapeamento temático
da ciência brasileira (2015 a 2020)



Capítulo 2

2. Mapeamento temático da ciência brasileira (2015 a 2020)

Além da abordagem de natureza quantitativa, o CGEE tem investido em metodologias que permitem uma análise mais aprofundada sobre os temas e objetos de pesquisa abordados nas publicações científicas produzidas com participação de instituições brasileiras.

Nesse sentido, o mapeamento dessas publicações, indexadas na coleção principal da *Web of Science*,¹² tem como objetivo traçar um panorama temático da ciência brasileira.

A análise de 320.861 publicações, registradas na WoS no período entre janeiro de 2015 e maio de 2020, cobre 154 áreas de pesquisas (conforme classificação da própria base) e possibilita, entre outros resultados, identificar os principais *clusters* ou agrupamentos temáticos¹³ que caracterizam essa produção, os principais tópicos de pesquisa, as redes de cooperação e alguns dos principais temas emergentes.

Além de uma análise geral dos dados extraídos, foram destacados alguns *clusters*, selecionados por diferentes critérios metodológicos, bem como pela sua relevância no contexto nacional e global dos desenvolvimentos científicos atuais.

¹² Na primeira etapa da pesquisa, foram trabalhados somente os dados da Coleção Principal WoS – vale registrar, porém, que já está em curso a análise dos 100.000 documentos localizados na base SciELO, correspondente ao período 2015 a 2020, que completará o panorama da ciência brasileira em versões futuras deste boletim.

¹³ Essa e outras definições estão listadas em notas metodológicas.

2.1. Como mapear a ciência brasileira?

Ao invés de considerar as identidades disciplinares ou de área como um dado já estabelecido, o OCTI definiu como ponto de partida de análise a problematização dessas definições. O método multidimensional e relacional – justamente por ser pouco afeito às classificações predefinidas – é necessário quando se pretende, como é o caso, mapear a ciência a partir da sua complexidade e dinamicidade.

A PROPOSTA DE UMA ANÁLISE A UM SÓ TEMPO MULTIDIMENSIONAL E RELACIONAL.

Por multidimensional, são entendidas as relações complexas estabelecidas entre diferentes partes constituintes de um campo científico – artigos, referências, palavras-chave, instituições, agrupamentos temáticos, entre outras – que conformam níveis analíticos também distintos.

Nesse sentido, para a análise da produção científica brasileira, foram definidos três níveis de análise:

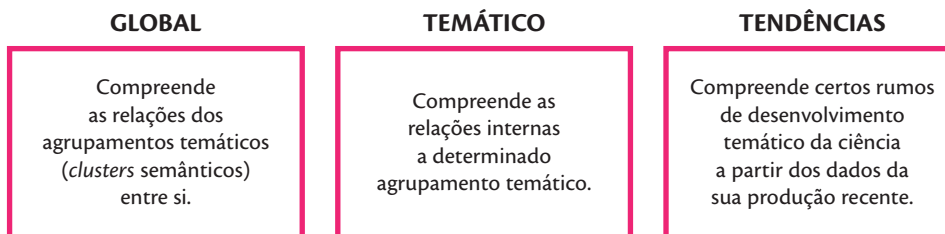


Imagem 1 – Níveis de análise para o mapeamento da ciência brasileira do OCTI

Fonte: elaboração própria.

As relações intra e entre esses níveis de análise levam a uma importante advertência metodológica: o foco de análise recai sempre nas relações. Os padrões conformados pelas variadas e complexas relações entre os metadados científicos permitem repensar classificações disciplinares já instituídas e, ao mesmo tempo, propor uma nova forma de observação científica.

Nesse contexto, a pesquisa é observada a partir da dinâmica complexa que a constitui, ao contrário das próprias percepções correntes que, muitas vezes, os próprios cientistas fazem dela e das especialidades às quais se vinculam.



2.2. Abordagem metodológica

A primeira e principal escolha metodológica realizada foi definir a base de indexação científica a partir da qual seriam extraídos os dados e metadados da produção científica brasileira. Diversos trabalhos vêm apontando, em perspectiva comparada, os ganhos e as perdas analíticos ao se trabalhar com as principais bases indexadoras (entre elas, *Web of Science*, *Thomson Reuters*, *Scopus da Elsevier* e *Google Acadêmico*).

De modo geral, a maioria das bases citadas apresentam sub-representação das áreas Ciências Sociais e humanas em seus catálogos (HARZING; ALAKANGAS, 2016; MONGEON; PAUL-HUS, 2016). Em grande medida, esse viés tem relação com as especificidades das *culturas de citação* (BRASIL JR.; CARVALHO, 2020) de cada área de pesquisa. As Ciências Humanas tendem a publicar e a citar mais livros do que as demais áreas (HAMMARFELT, 2016).

Conforme dito anteriormente, nas atividades desenvolvidas pelo OCTI em 2020, a escolha foi pela base *Web of Science*.

Por que a *Web of Science*?

Tendo como principal objetivo o mapeamento da ciência brasileira, optou-se por trabalhar com a base *Web of Science* pelos seguintes motivos:

- i. A WoS possui uma equipe editorial interna para seleção dos periódicos que compõem a sua coleção principal, a WoS Core Collection, e também para o Science Citation Index Expanded, o Social Sciences Citation Index e o Arts & Humanities Citation Index.
- ii. Ao contrário de outras bases indexadoras, como o Google Acadêmico, a WoS disponibiliza, de forma detalhada e estruturada, os metadados da produção científica e permite o download completo dos metadados dos documentos retornados pela busca.
- iii. A partir de janeiro de 2014, o SciELO, maior base brasileira e latino-americana de indexação científica, passou a compor o catálogo da plataforma WoS. O SciELO será a próxima base a ser incorporada nos estudos do OCTI, com o objetivo de ampliar a análise sobre as humanidades. Por pertencerem à mesma plataforma, facilita-se a leitura dos metadados a partir dos mesmos procedimentos metodológicos utilizados para a WoS.

O que da *Web of Science*?

Para a extração dos metadados na plataforma WoS, foram definidos os seguintes critérios de busca:

- i. Artigos presentes na Coleção Principal WoS cujos autores tivessem filiação em instituições de pesquisa e ensino no Brasil.
- ii. Artigos presentes na coleção SciELO cujos autores tivessem filiação em instituições de pesquisa e ensino no Brasil (LUCIO-ARAS *et al.*, [s.d.]; PACKER *et al.*, 2019) – para análise futura;
- iii. Artigos indexados entre 2015 e maio de 2020. As buscas encontraram somente para a Coleção Principal WoS, com um total de 320.861 artigos, após deduplicação.

Para cada periódico indexado, a WoS atribui uma ou mais áreas de pesquisa. A tabela no Anexo 2 apresenta as áreas WoS com maiores frequências no conjunto de artigos coletados.

Com o objetivo de compreender o quadro geral das publicações com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira na WoS, o OCTI empregou diferentes técnicas para melhor observar fenômenos sobre a produção científica brasileira. Os instrumentos dos mapas da ciência, conforme discutidos por Loet Leydersdorff e seus colaboradores, permitem criar a agregação da produção científica em categorias mais abrangentes, que constituem subáreas de pesquisa. A última atualização de 2015 da base WoS classifica o seu acervo de publicações em 227 diferentes categorias da WoS.¹⁴

Na geração dos mapas da ciência, foram analisadas as categorias de pesquisa indexadas na produção nacional levantada (2015 a 2020), definidas ao nível das revistas indexadas (cada publicação pode pertencer a uma ou mais categorias) e pertencentes às diferentes grandes áreas na *Web of Science*. O objetivo desse procedimento foi compreender qual é o perfil das publicações com participação brasileira, em termos de adesão às grandes áreas, destacando a interação entre elas, passo também diferencial do método de Leydersdorff.

Como é possível observar na figura 2, no mapa elaborado a partir da proposta de Loet Leydesdorff e colaboradores (RAFOLS *et al.*, 2010), a produção brasileira registrada na WoS concentra-se fortemente nas Ciências médicas e biomédicas (em vermelho), nas Ciências ambientais e do solo (em amarelo), no campo da Física, Química e dos materiais (em azul) e nas áreas das Engenharias, Matemática e em Computação (em roxo).

¹⁴ Para conhecer mais as categorias da WoS, acesse: https://images.webofknowledge.com/WOKRSS14B4/help/pt_BR/WOS/hp_subject_category_terms_tasca.html.



Da grande área em verde, que possui maior adesão de áreas das Ciências Humanas e Sociais (em sentido amplo), apenas os campos da psiquiatria e da Saúde Pública possuem boa cobertura da produção científica brasileira.

Os nós, representados por círculos, revelam o volume de artigos indexados por essas categorias de pesquisa, pela produção brasileira entre os anos de 2015 e 2020. As conexões entre as categorias revelam o estreitamento entre elas, por meio da coocorrência entre periódicos.

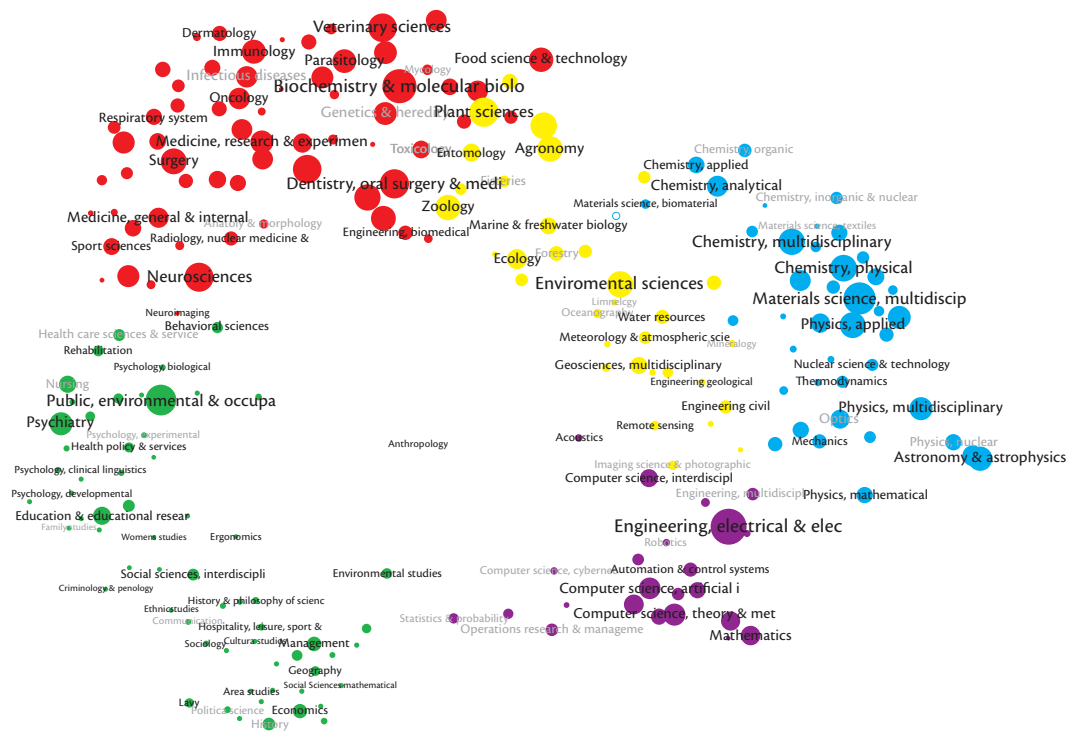


Figura 2 – Mapa da ciência da produção científica brasileira, *Web of Science* (2015-2020)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em fevereiro de 2021.

Para fins de comparação, ao selecionar outra base, como a SciELO (figura 3), observa-se que a distribuição da produção brasileira contempla bem melhor a produção das Ciências Humanas e Sociais, embora tenha baixa cobertura de áreas, como Física, Engenharia, Matemática e Computação. Esse viés, nas coleções das grandes bases indexadoras, reforça a importância de, a médio e a longo prazo, incorporar na análise uma diversidade maior de bases.

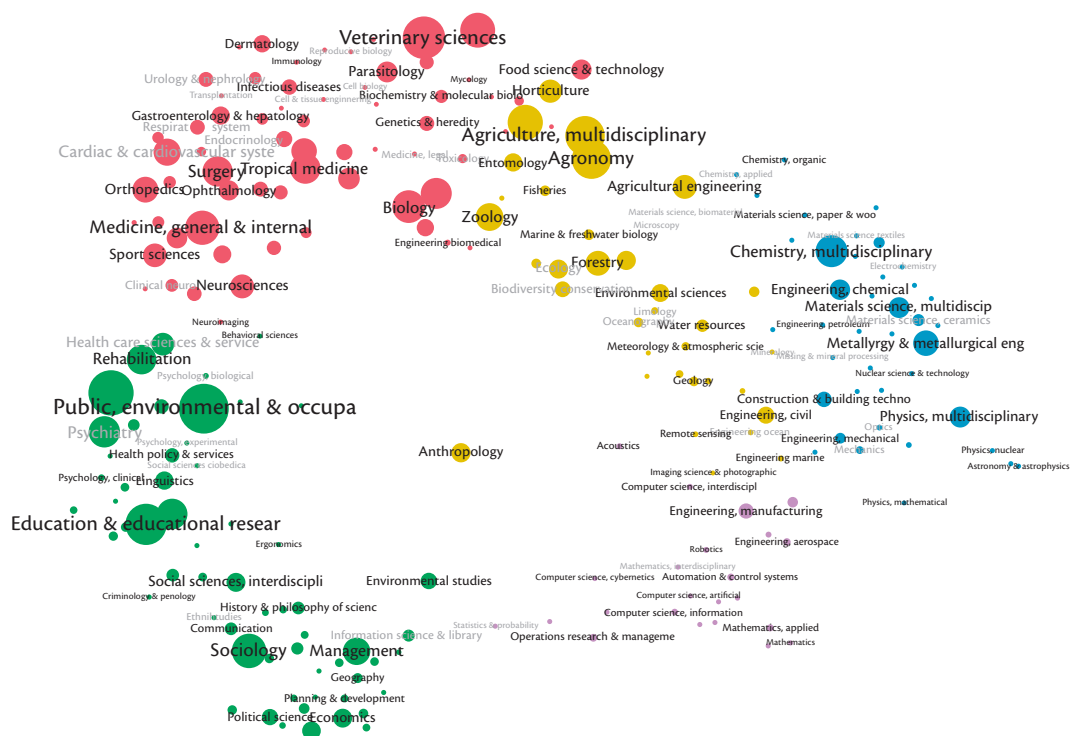


Figura 3 – Mapa da ciência da produção científica brasileira, SciELO (2015-2020)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em fevereiro de 2021.

2.3. Metodologia do CGEE

Embora a frequência de áreas de pesquisa (WoS) possa fornecer importantes indícios dos temas mais gerais que compõem o conjunto dos dados analisados, optou-se por reagrupá-los a partir de uma metodologia própria que vem sendo aperfeiçoada pelo OCTI: a rede de similaridade semântica.

A rede de similaridade semântica é formada a partir das relações entre termos presentes nos campos "título" e "resumo" dos artigos, baseado na medida frequência do termo-inverso da frequência nos documentos (TF-IDF, abreviação do inglês *term frequency–inverse document frequency*), que, *grosso modo*, indica a importância de uma palavra no conjunto de documentos analisados.



Uma das principais inovações dessa metodologia é o uso da técnica de identificação de similaridades semânticas entre os documentos que compõem o banco de dados, o que é feito por meio do algoritmo TF-IDF, que identifica, para cada artigo, suas palavras mais relevantes, permitindo conectá-lo, assim, com outros artigos no interior de um mesmo contexto semântico.

Na sequência, o valor da similaridade semântica é calculado a partir de uma hierarquia de relevância entre os termos de cada documento, criando um índice de similaridade que varia entre 0 e 1.¹⁵

A densidade das relações formadas entre os artigos, a partir desse cálculo, permite identificar agrupamentos temáticos, ou seja, conjuntos de artigos fortemente conectados entre si.¹⁶

Essa metodologia orientou a coleta e análise dos dados da produção científica brasileira na base WoS.

Os dados extraídos da base WoS foram analisados usando técnicas cientométricas, com destaque para a metodologia de análise de redes relacionais. O tratamento dos dados e a geração das visualizações foram, em sua maioria, realizado por meio de ferramentas desenvolvidas pelo CGEE.

2.4. Ciência brasileira na WoS (2015-2020): características gerais

Coleta de dados

O objetivo desta coleta foi fornecer subsídios para se traçar um panorama da ciência brasileira por meio do estudo de publicações científicas de instituições nacionais, no período compreendido entre janeiro de 2015 a maio de 2020.

Os metadados dessas publicações foram coletados na WoS nos dias 26 e 27 de maio de 2020 com os seguintes critérios de seleção:

¹⁵ Também é realizado um cálculo de corte (*cut-off*) para determinar o limite mínimo do índice de similaridade semântica que impacta para a formação da rede analisada. O corte para essa rede de artigos com participação brasileira foi de 0,3.

¹⁶ Para identificação dos agrupamentos temáticos, foi utilizado o algoritmo Louvain Parallel Method. Para mais informações consultar: Fazlali; Moradi; Malazi (2017).

- categoria *articles* da WoS;
- *articles* com, pelo menos, um autor vinculado a instituições brasileiras – Endereço: (brasil) OR (brasil); e
- compreendidos no período de janeiro de 2015 a maio de 2020.¹⁷

Atendendo a esses critérios, foram selecionados 320.861 *artigos únicos*.

Cada metadado contém informações referentes ao artigo, como os seguintes: código WoS, autores, título, resumo, ano de publicação e áreas de pesquisa a que está associado. Essas informações serviram de insumo para a aplicação da metodologia de rede de similaridade semântica.

O gráfico 6 mostra a distribuição dos artigos dentro do período. O ano de 2020 é parcial, e os artigos em que não é determinado o ano (*None*) são, em geral, artigos na categoria *article; early access* ou inserções recentes na base.

Observa-se pela figura o crescimento, ano a ano, do número de publicações com a participação de, pelo menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira.

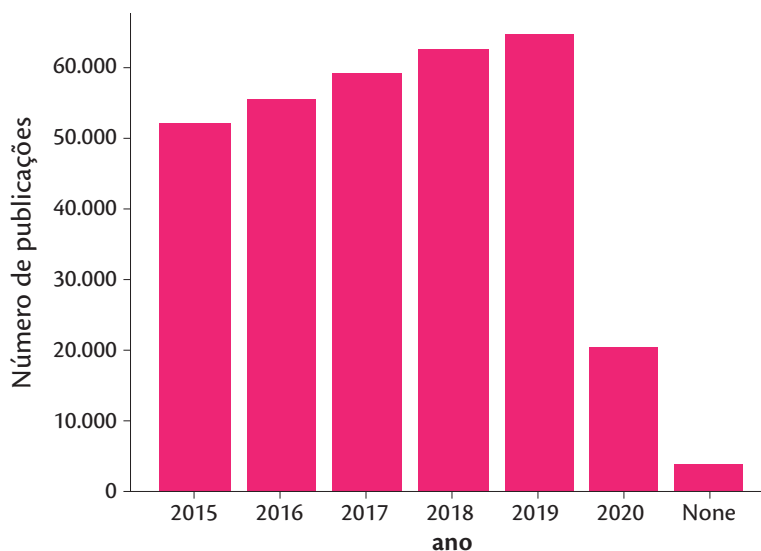


Gráfico 6 – Distribuição dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira por ano

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em fevereiro de 2021.

¹⁷ Para as análises semânticas subsequentes, foram extraídos os metadados referentes aos artigos até maio de 2020. Em levantamentos anteriores, onde não era necessário fazer download de dados textuais, foram considerados todos os anos entre 2015 e 2020.



Os artigos são distribuídos em cerca de 20.000 revistas e periódicos diferentes. A revista com maior número de artigos indexados (3,738) é a *PLOS One*, fator de impacto 2,740 (2019-2020), seguida pela *Scientific Reports* (2.025 artigos) com fator de impacto 3,998 (2019-2020). As duas revistas publicam artigos em várias áreas, que incluem ciências, engenharias e matemática. A *PLOS One*, entretanto, indexa um conjunto maior de artigos em ciências da vida e a *Scientific Reports* em ciências naturais.¹⁸ Na sequência, estão *Zootaxa* (FI=0,955) e as revistas brasileiras *Semina: Ciências Agrárias* (FI=0,412) e *Ciência & Saúde Coletiva* (FI=1,008).

Rede de similaridade semântica da produção científica brasileira

Os artigos foram agrupados pelo algoritmo Parallel Louvain. Esse algoritmo atribui aos artigos diferentes classes de modularidade, definindo uma estrutura da rede¹⁹ a partir da relação dos nós (vértices) e suas conexões (vizinhos), levando em consideração o quanto um nó tende a aparecer em determinado grupo (SAMPALIO, 2013, p. 11). Cada artigo (nó ou vértice), em uma mesma classe de modularidade, é somado para formar um agrupamento temático, dada a sua densidade de proximidade semântica.

No total, obtiveram-se cerca de 26.000 agrupamentos temáticos, e a grande maioria é representada por agrupamentos unitários, ou seja, por artigos isolados.

A figura 4 apresenta a rede de similaridade semântica gerada a partir desses critérios. Nessa rede, cada nó (círculo) representa um artigo e as cores indicam as classes de modularidade ou agrupamentos temáticos. Outros artigos, em tonalidade cinza e no interior da rede, também compõem alguma classe, mas, para facilitar a compreensão com imagem, foram destacados apenas os maiores agrupamentos. A medida de grau, obtida pelas arestas entre os artigos, representa a quantidade de conexões semânticas relevantes (acima do *cut-off*) entre cada uma das publicações coletadas.

¹⁸ PLOS ONE, lançada em 2006, é uma revista científica de acesso livre disponível apenas on-line, publicada pela Public Library of Science. A *Scientific Reports* foi lançada pelo grupo Springer Nature em 2011 (MARQUES, 2016).

¹⁹ Rede ou grafo: são as visualizações de nós ou vértices e suas conexões (arestas). Os nós estão ligados pelas arestas determinando algum tipo de relação entre eles.

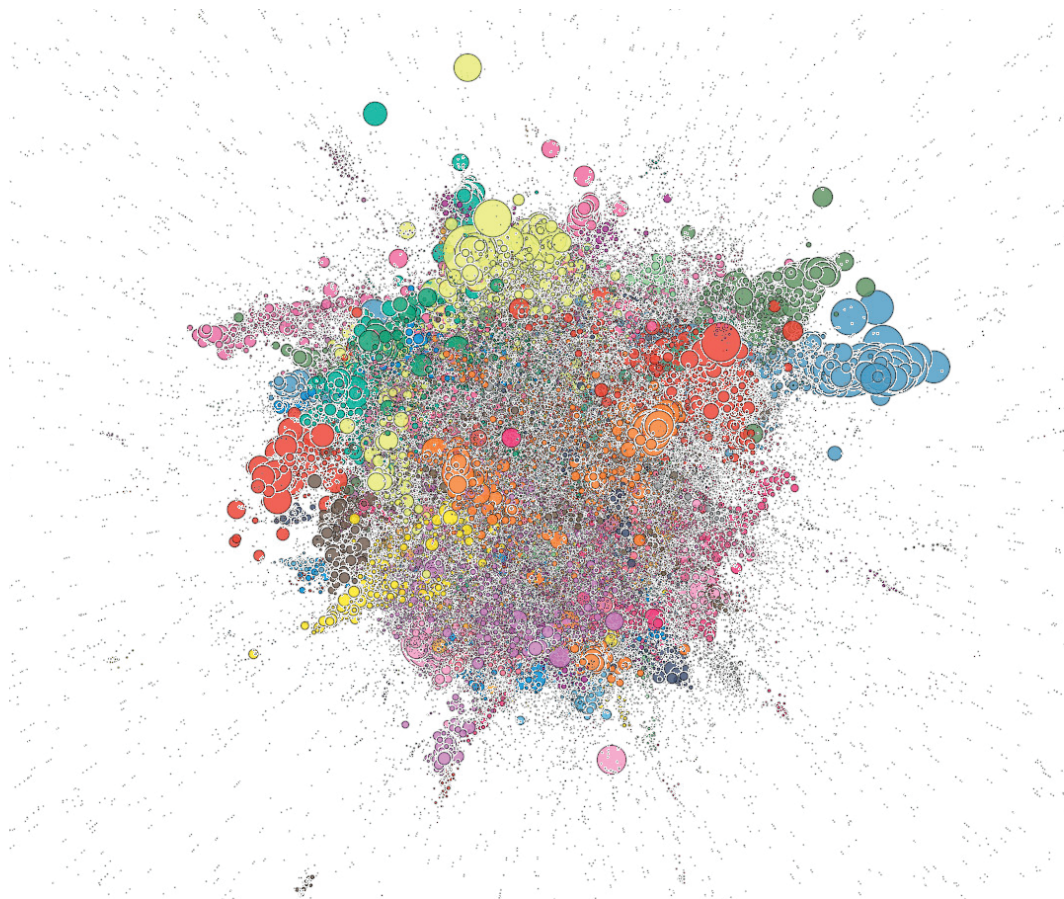


Figura 4 – Rede de similaridade semântica dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira por ano

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Obs.: 320.861 artigos.

Artigos isolados representam aqueles trabalhos que não atingiram pontuação suficiente para compor algum *cluster* (grau menor que o corte de similaridade). Este resultado revela o limite esperado do uso da semântica como critério de organização do *corpus*.



2.5. O estado da arte da ciência brasileira: principais *clusters* temáticos (2015-2020)

Na rede de similaridade semântica dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira, foram identificados os 30 agrupamentos ou *clusters*, em termos de quantidade de documentos, e mais cinco agrupamentos considerados estratégicos,²⁰ totalizando 238.629 artigos²¹ (aproximadamente 75%). Os *clusters* temáticos, ou conjunto de publicações inter-relacionadas por semelhança de termos, sugerem a definição de um campo de atuação conjunto em temas próximos ou convergentes (figura 5). Além de uma interpretação de natureza qualitativa, para identificação desses *clusters*, foram dados rótulos conforme a presença significativa de determinados termos (TF-IDF).

Os resultados apresentados por esses 35 agrupamentos fornecem um primeiro estado da arte da ciência brasileira nos últimos cinco anos. Segundo Rossetto *et al.* (2013, p. 1), os estudos denominados estado da arte "permitem sistematizar um determinado campo do conhecimento, mapear e reconhecer as produções, identificando temáticas e abordagens dominantes e emergentes, bem como lacunas e campos inexplorados abertos à pesquisa, num recorte temporal definido".

Os 10 primeiros *clusters* da rede de similaridade semântica da produção científica brasileira no período estudado (figura 5) apresentam entre 8.000 a mais de 16.000 artigos científicos, totalizando cerca de 110.000 publicações, o que corresponde a aproximadamente um terço de todo o conjunto de dados extraídos.

Quanto às temáticas desses 10 primeiros *clusters*, destaca-se o de Educação, que apresentou o maior acervo de artigos, seguidos por Biodiversidade e Nanopartículas. Três agrupamentos, que juntos possuem 27% das publicações no *TOP 10*, estão relacionados à Agropecuária, como Pecuária e Aquicultura, Agricultura e Irrigação, além de Solos e Lavouras. Dois *clusters* estão em áreas da Saúde – Saúde Pública e Fisiologia e Esporte – e um, com mais de 10.000 publicações, aborda temas em Física teórica. Por fim, em 10º lugar, está Inovação e Sustentabilidade.

²⁰ A escolha das áreas estratégicas a serem analisadas se baseou, além dos critérios mencionados, na Portaria nº 1.122, de 19 de março de 2020 (BRASIL, 2020a), que define as prioridades do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) para projetos de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e inovações no período 2020 a 2023. O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) foi criado em 15 de março de 1985, por meio do Decreto nº 91.146. Em 14 de dezembro de 2011, a Lei nº 12.545, alterou o nome da pasta para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Em maio de 2016, por meio da Lei nº 13.341, o nome do MCTI foi alterado para Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). A Medida Provisória nº 980, de 10 de junho de 2020, criou o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; e, novamente, o Ministério das Comunicações. Portanto, a partir dessa data, o então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) voltou a adotar a sigla MCTI.

²¹ Pela conexão com esses agrupamentos temáticos, 82.232 artigos ficaram em outros agrupamentos temáticos não selecionados, que serão posteriormente foco de análise da equipe OCTI.

A figura 6 introduz outros 18 *clusters* sequenciais, considerando o quantitativo de artigos. Entre os maiores *clusters*, uma parte considerável refere-se a domínios temáticos²² na área da Saúde, como atenção primária à saúde, câncer, geriatria e doenças parasitárias. Os demais abordam temáticas relacionadas a estudos sobre energia, materiais, saneamento, tópicos sobre direitos humanos e democracia, entre outros.

Por fim, com cerca de 3.000 a 4.000 artigos produzidos no período de 2015 a maio de 2020, os últimos sete *clusters* dessa seleção tratam sobre doenças cardiovasculares, renais e infecciosas, transplantes e arboviroses, ainda na área da saúde; sobre taxonomia, conservação e germinação de sementes, em estudos sobre ciências agrárias, biológicas e zoologia.



Figura 5 – Os 10 maiores *clusters* da rede da produção científica brasileira, segundo o número de artigos (2015-2020)²³

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

22 Domínio temático: desenho de publicações inter-relacionadas, por semelhança de termos, que sugerem a definição de um campo de atuação conjunto em temas próximos ou convergentes. Um domínio temático pode compreender artigos que compartilham algo em comum, assim como um conjunto de relações que estabelecem entre si.

23 Os termos exibidos nas nuvens dos agrupamentos temáticos, apresentados em inglês, refletem o idioma de indexação utilizado nos metadados disponíveis dos artigos coletados para produção desse panorama científico.



Figura 6 – 25 clusters da rede da produção científica brasileira, segundo o número de artigos

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2021.

Obs.: os artigos foram extraídos de 2015 a 2021.

Análise global: convergências e especificidades

Os 35 *clusters* selecionados para esta primeira versão da rede da produção científica brasileira na WoS permitem identificar como se distribuem os principais objetos, assuntos e métodos em diferentes conjuntos e subconjuntos, considerando a produção acumulada no período estudado (2015 a 2020), bem como a distribuição desses artigos no tempo. A abordagem metodológica empregada neste estudo, além da análise a partir da classificação de documentos utilizada pela base de dados consultada, a WoS, inova ao permitir um olhar para além da lógica disciplinar dessa classificação. Neste capítulo, são apresentados alguns resultados da análise global e relacional desses 35 *clusters*, com o objetivo de ampliar a compreensão sobre a produção do conhecimento no Brasil.

Posicionamento dos 35 *clusters* temáticos no tempo

Os rótulos dados aos 35 *clusters* selecionados para análise apresentam, de forma geral, os principais agrupamentos temáticos abordados nas publicações, no acumulado do período 2015 a maio de 2020. Uma vez feita essa classificação, foi realizado um ranqueamento desses *clusters* por ano, segundo a data de publicação dos artigos. O objetivo foi identificar possíveis dinâmicas temporais entre os diferentes agrupamentos que se destacaram na produção brasileira no período analisado, ressaltando aquelas temáticas que têm ganhado força ao longo dos anos ou se mantido constantes nas agendas de pesquisas.

Tais informações servem como primeiros indícios para análises mais aprofundadas acerca dos esforços científicos em determinadas áreas ou temas, que considerem outras variáveis imprescindíveis à construção de agendas e ao desenvolvimento científico, como investimentos, formação, parcerias estabelecidas, dinâmicas institucionais, entre outros.

O quadro 1 identifica os *rankings* desses *clusters*, segundo o critério de número de artigos, publicados entre os anos de 2015, 2017 e 2019, respectivamente. A comparação entre as posições de cada *cluster*, entre esses anos citados, sinaliza importantes movimentos a respeito da produção científica analisada. Em rosa médio, estão os *clusters* com tendência de estabilização nos *rankings*. Em rosa escuro, são apresentados os *clusters* que tiveram ascensão no *ranking* e, em rosa claro, são apresentados aqueles que indicam um movimento de queda relativa. No quadro 2, são apresentados os principais destaques relativos às flutuações dos *clusters* no *ranking* geral.


Quadro 1 – Posicionamento dos clusters temáticos no tempo (2015, 2017 e 2019)

Posição	2015	2017	2019
1º	Educação	Educação	Educação
2º	Biodiversidade	Biodiversidade	Biodiversidade
3º	Nanopartículas	Nanopartículas	Nanopartículas
4º	Pecuária e aquicultura	Agricultura e irrigação	Pecuária e aquicultura
5º	Saúde Pública	Pecuária e aquicultura	Agricultura e irrigação
6º	Física teórica e gravitação	Física teórica e gravitação	Saúde Pública
7º	Agricultura e irrigação	Saúde Pública	Física teórica e gravitação
8º	Fisiologia e esporte	Fisiologia e esporte	Compósitos, fibras e filmes
9º	Inovação e sustentabilidade	Inovação e sustentabilidade	Otimização e sistemas de energia
10º	Solos e lavouras	Solos e lavouras	Fisiologia e esporte
11º	Atenção primária à saúde	Compósitos, fibras e filmes	Inovação e sustentabilidade
12º	Otimização e sistemas de energia	Atenção primária à saúde	Solos e lavouras
13º	Compósitos, fibras e filmes	Otimização e sistemas de energia	Atenção primária à saúde
14º	Microbiologia	Microbiologia	Microbiologia
15º	Implantes	Implantes	Geriatría
16º	Câncer	Geriatría	Implantes
17º	Geriatría	Doenças parasitárias	Câncer
18º	Doenças parasitárias	Câncer	Tratamento de água e saneamento
19º	Física e matemática	Direitos e democracia	Física matemática
20º	Energia renovável	Energia renovável	Internet das coisas e cidades
21º	Doenças neurológicas	Tratamento de água e saneamento	Energia renovável
22º	Direitos e democracia	Física matemática	Materiais metálicos
23º	Tratamento de água e saneamento	Doenças autoimunes	Doenças parasitárias

Posição	2015	2017	2019
24º	Doenças autoimunes	Materiais metálicos	Direitos e democracia
25º	Odontologia e materiais dentários	Cosmologia	Doenças autoimunes
26º	Doenças cardiovasculares e renais	Internet das coisas e cidades	Cosmologia
27º	Internet das coisas e cidades	Doenças neurológicas	Odontologia e materiais dentários
28º	Cosmologia	Doenças cardiovasculares e renais	Doenças neurológicas
29º	Materiais metálicos	Odontologia e materiais dentários	Doenças cardiovasculares e renais
30º	Doenças infecciosas	Doenças infecciosas	Germinação
31º	Germinação	Transplantes	Doenças infecciosas
32º	Transplantes	Germinação	Transplantes
33º	Taxonomia e conservação	Violência de gênero	Taxonomia e conservação
34º	Violência de gênero	Arboviroses	Violência de gênero
35º	Arboviroses	Taxonomia e conservação	Arboviroses

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Quadro 2 – Classificações relativas dos clusters temáticos no tempo (2015-2019)

Em aceleração	Em desaceleração	Em estabilização
Internet das coisas e cidades	Doenças neurológicas	Educação
Materiais metálicos	Doenças parasitárias	Biodiversidade
Compósitos, fibras e filmes	Doenças cardiovasculares e renais	Nanopartículas
Tratamento de água e saneamento		Pecuária e aquicultura
Otimização e sistemas de energia		

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.



Considerando, por exemplo, apenas os artigos de 2015, o *cluster Internet das Coisas e Cidades* figurava como 27º maior agrupamento. Contudo, quando apenas os artigos publicados em 2019 são observados, o mesmo *cluster* figura como o 20º maior. Nesse sentido, a maior parcela dos artigos do *cluster* foram publicados em anos mais recentes (25% dos artigos datam de 2019), com crescimento expressivo. Movimento similar ocorre com os *clusters Materiais metálicos; Compósitos, Fibras e Filmes; Tratamento de Água e Saneamento; e Otimização e Sistemas de Energia*.

Análise das relações entre os *clusters*²⁴

Diante do desafio de analisar um volume de dados que ultrapassa os 320 mil documentos, torna-se necessária a tarefa de simplificar a complexidade das relações que podem ser construídas entre diferentes temas, disciplinas, especializações e instituições que organizam a ciência brasileira.

Para tal, o OCTI destacou 35 *clusters* para análise. Mas, essa foi apenas uma das abordagens metodológicas escolhidas para ajudar a reduzir as complexidades da análise do universo dos dados levantados sobre a produção científica brasileira.

Na figura 7, são apresentados alguns procedimentos realizados com o intuito de melhor compreender como se distribuem os principais objetos e temas de pesquisa no conjunto dos dados analisados, a partir de redes bipartidas.²⁵

²⁴ *Clusters* ou agrupamentos temáticos são resultados de técnicas computacionais para identificação de grupos com compartilhamento robusto de semânticas entre as publicações indexadas, indicando certa homogeneidade interna e mutualidade relacional.

²⁵ Uma rede bipartida é aquela que liga duas entidades distintas e só permite esse tipo de relação. Exemplo: o artigo A liga-se à palavra x com um peso de 10 (número de ocorrências); o artigo B conecta-se à palavra y com um peso de 20; o artigo C liga-se à palavra z com um peso de 30, e assim por diante.

Passo a passo metodológico: reduzindo as complexidades

Supernós: 35 principais clusters

Selecionados pelo critério de maior volume e grande valor estratégico. Para melhor compreendê-los, todos os artigos foram comprimidos em torno de supernós, isto é, de nós únicos que representam cada cluster identificado (figura 8).

PASSO
01

Nova rede: clusters + termos mais relevantes

Geração de outra rede bipartida, que agora conecta os 35 clusters aos termos mais relevantes extraídos dos títulos e dos resumos de todos os documentos da amostra. Foram descartados apenas os termos que apareciam uma única vez. Ao trabalhar com essa quantidade de relações, foi possível distribuir os 35 clusters em círculos concêntricos, revelando aqueles mais centrais ou mais periféricos, algumas constelações temáticas e, sobretudo, as “vizinhanças”, definidas pelo número de termos relevantes compartilhados (figura 9).

PASSO
02

Novo filtro: identificando comunidades de clusters

Nova rede bipartida, agora filtrando os termos com 10 ocorrências ou mais, para reduzir ao máximo os tamanhos dos nós e capturar melhor a posição relativa de cada cluster, bem como os conjuntos formados por eles por meio de um algoritmo de detecção de comunidades (BLONDEL *et al.*). O descarte dos termos pouco usados aproximou mais os clusters entre si, permitindo ver melhor como eles se acoplam ou se desacoplam.

PASSO
03

Relações com maior intensidade

A complexidade das relações pode ser reduzida mais ainda filtrando, também, as arestas com peso inferior a 10 – o que significa, por exemplo, que um termo que não ocorra pelo menos 10 vezes no interior de um cluster terá sua relação com ele eliminada. Assim, capturando apenas as relações com maior intensidade, ficam ainda mais claras as relações entre os clusters (figura 11).

PASSO
04

Similaridade entre os clusters

Modelagem de uma rede baseada nas relações de similaridade semântica entre os clusters, construída por meio de um cálculo extraído da média do grau entre os artigos de cada cluster. Assim, é possível identificar outros clusters menores, para além dos 35 principais.

PASSO
05

Centralidades dos clusters

Foi calculada: a centralidade de autovetor, métrica que calcula a importância dos nós de acordo com a qualidade das conexões – o nó conectado com outros nós bem conectados possuirá pontuações mais altas; a centralidade de intermediação, ou *betweenness*, calcula os nós que estão na maior quantidade de “caminhos curtos” entre todos os nós da rede, ou seja, aqueles que operam como verdadeiros atalhos (figuras 13 e 14)

PASSO
06

Figura 7 – Descrição dos passos metodológicos para análise dos 35 clusters temáticos da rede de similaridade semântica da produção científica brasileira

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.



Resultados

Além da simplificação da visualização realizada no passo metodológico 1, da geração dos supernós, a partir da rede de similaridade semântica da produção científica com participação brasileira (figura 8), foram geradas outras redes para auxiliar na compreensão e análise dos principais *clusters* temáticos.

A figura 9 apresenta uma rede bipartida que conecta os 35 principais *clusters* aos termos mais relevantes extraídos dos títulos e resumos dos artigos (passo 2). Essa configuração permitiu identificar, com maior clareza, algumas posições estruturais no conjunto das relações estabelecidas na rede. Por exemplo, *clusters* como *Direito e Democracia*, *Internet das Coisas e Cidades* e *Inovação e Sustentabilidade* gravitam em torno do agrupamento *Educação*, formando uma constelação temática. *Saúde Pública* é um *cluster* com posição central na rede.

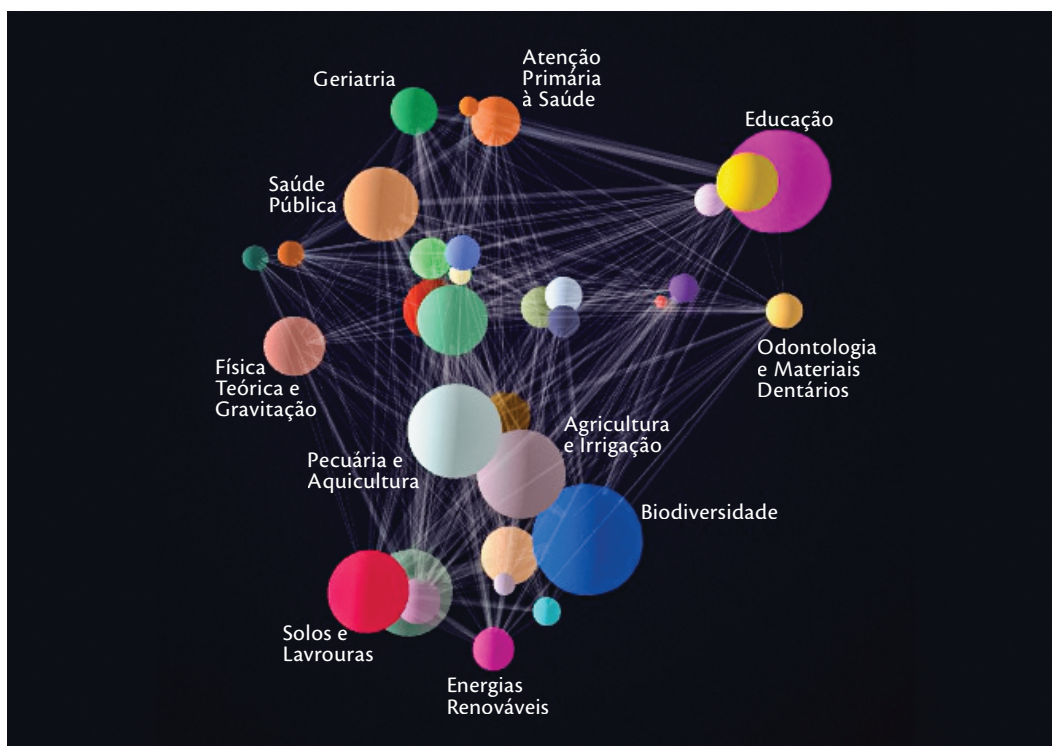


Figura 8 – Rede dos 35 agrupamentos temáticos formada a partir da rede de similaridade semântica da produção científica com participação brasileira

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.



- Ainda na parte superior da rede, outra comunidade, em vermelho, nucleada pelos diferentes campos da física (com *Internet das coisas e cidades* fazendo a mediação entre elas), como *Física teórica e gravitação*, *Física matemática* e *Cosmologia*.
- Já na parte inferior, observa-se como os *clusters* ligados à pesquisa médica, biomédica, da saúde e das ciências da vida distribuem-se em três comunidades entrelaçadas (as duas em verde e a em azul escuro).
- Por fim, a comunidade em lilás, que reúne as ciências ambientais, veterinária e ciências do solo, também se encontra entrelaçada com a comunidade em amarelo, dedicada à ciência dos materiais, nanociências, energia e água/saneamento. Vale indicar que, na figura 11, *Biodiversidade* também parece ocupar um lugar central de intermediação, ao lado de *Agricultura e Irrigação*; *Taxonomia e conservação*; e, mais uma vez, *Saúde Pública*.

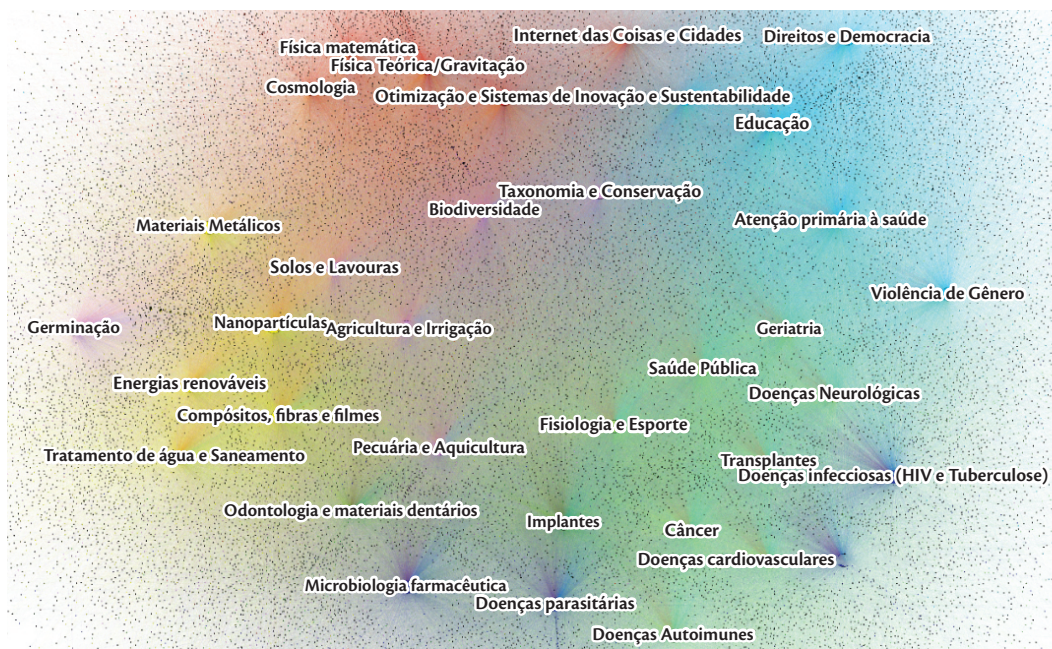


Figura 10 – Rede bipartida entre termos e *clusters* dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira (excluídos termos com recorrência menor que 10)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Esta rede é composta por dois tipos de nós: aqueles que representam os agrupamentos temáticos (com os seus *labels*) e nós relativos aos termos extraídos dos resumos e títulos (TF-IDF). As cores dos nós sugerem grupos de agrupamentos e termos com maior densidade em suas relações.

A figura 11 apresenta a rede gerada a partir do passo metodológico 4. Ao se calcular as relações com maior intensidade, observou-se que os *clusters* *Biodiversidade* e *Taxonomia e conservação*, que descrevem áreas fundamentais da pesquisa ambiental e ecológica, revelam sua centralidade de intermediação no conjunto da rede, ou seja, atuam como conectores centrais aos demais *clusters* temáticos.

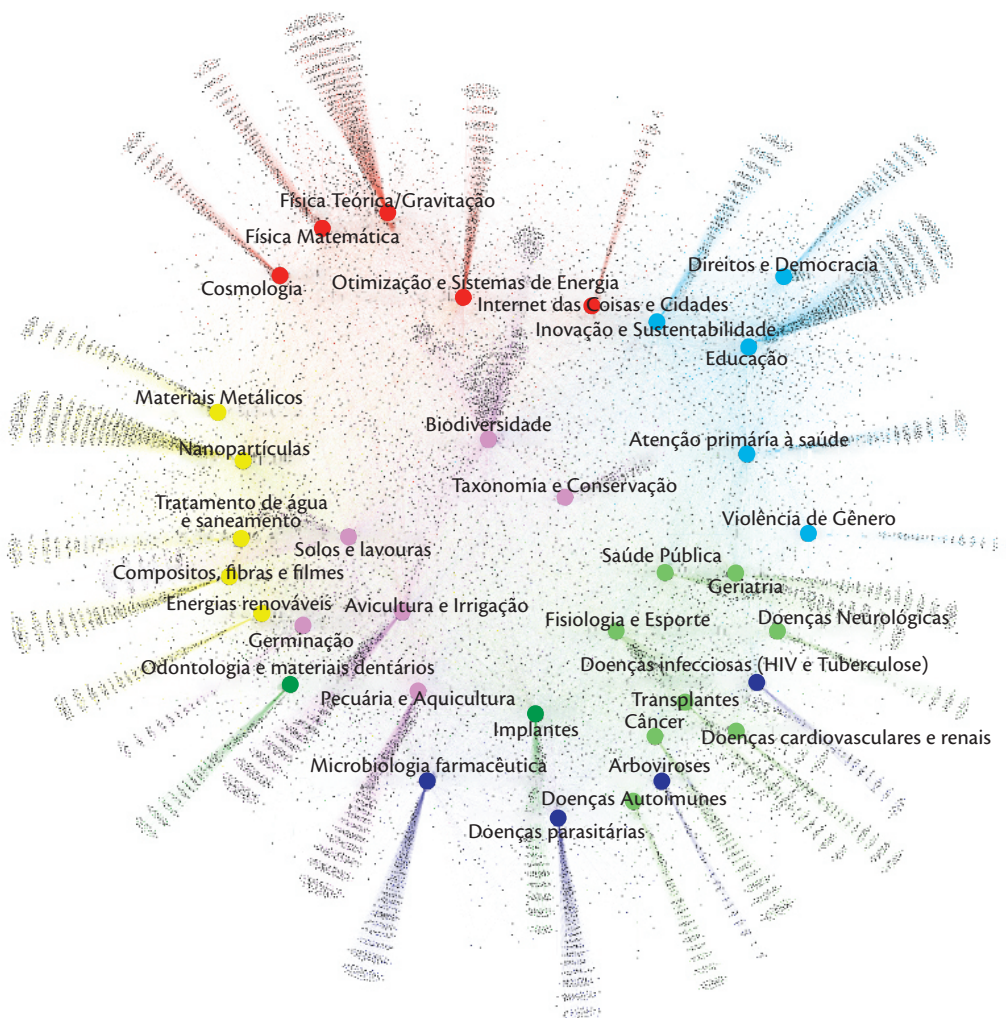


Figura 11 – Rede bipartida entre termos e *clusters* dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira (excluídas as relações entre termos-*clusters*, com peso menor que 10)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.



Em *Análise de redes*, há distintas formas de se medir a importância de determinado elemento, dependendo do cálculo e da pergunta de pesquisa em jogo (BORGATTI, 2005).

Assim, seguindo com o processo de redução de complexidade, foi modelada uma rede baseada nas relações semânticas entre os *clusters* (passo 5). Na sequência, com o objetivo de destacar a importância de determinados *clusters* no conjunto total da rede, ampliando, ainda mais, a compreensão das relações a partir da similaridade semântica, foram calculadas algumas medidas estruturais de centralidade (passo 6), representadas nas redes das figuras 12 a 14. Para facilitar a visualização das redes, os nós foram nomeados com os códigos dos *clusters*, listados no quadro 3.

Quadro 3 – Lista dos códigos dos 35 *clusters* temáticos da rede de similaridade semântica da produção científica brasileira (de 2015 a maio de 2020)

Código/Cluster			
01 Energias renováveis	14 Microbiologia Farmacêutica	29 Materiais Metálicos	51 Câncer
02 Sistemas de Energia	15 Implantes	30 Doenças cardiovasculares e renais	54 Cosmologia
03 Saúde Pública	16 Agricultura e Irrigação	31 Odontologia e materiais dentários	55 Fisiologia e Esporte
06 Educação	17 Tratamento de água e Saneamento	32 Violência de Gênero	58 Pesca
08 Nanopartículas	18 Arboviroses	35 Geriatria	65 Internet das Coisas e Cidades
09 Física Quântica	19 Biodiversidade	38 Doenças infecciosas (HIV e tuberculose)	67 Germinação
10 Transplantes	25 Inovação e Sustentabilidade	42 Doenças Parasitárias	73 Solos e Lavouras
11 Pecuária e Aquicultura	26 Compósitos, fibras e filmes	45 Direitos e Democracia	92 Atenção Primária à Saúde
13 Física de partículas	28 Doenças Neurológicas	48 Doenças Autoimunes	

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

A figura 12 revela, por meio do algoritmo de detecção de comunidades, quatro grandes conjuntos (as *redes bipartidas* identificavam pelo menos sete), formados, *grosso modo*, pelas Ciências Humanas e Sociais (laranja), Saúde e Ciências da vida (azul), Ciências Ambientais, vegetais, do solo e de materiais (amarelo) e Física/matemática (lilás).

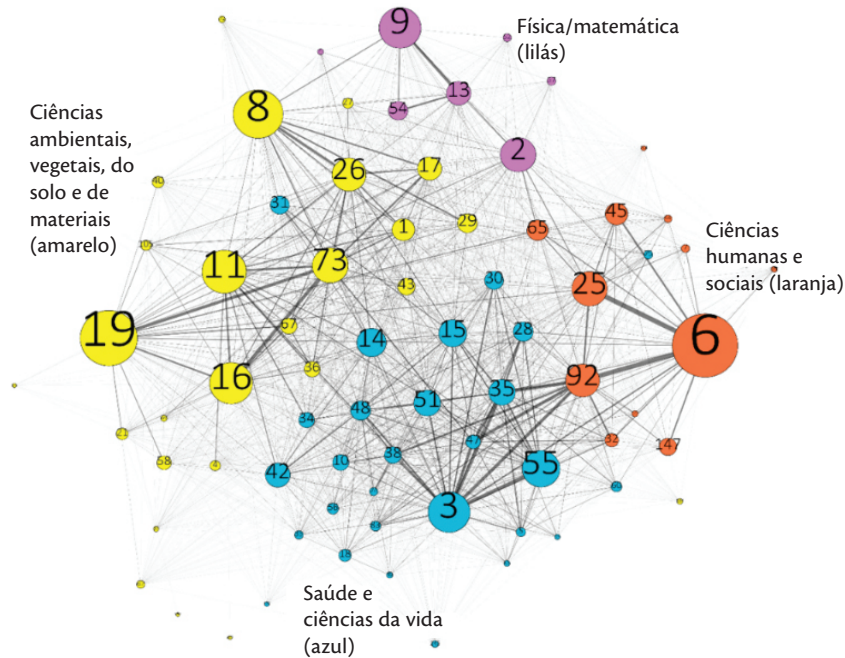


Figura 12 – Rede de similaridade semântica com destaque para os *clusters* com o maior número de documentos
Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

A medida mais intuitiva – e que independe, a rigor, da posição estrutural em rede – é a do tamanho do *cluster*, no caso dos dados aqui analisados, Educação é o mais volumoso do conjunto.

No entanto o fato de o *cluster* possuir o maior acervo de artigos não significa que ele possui as conexões com maior peso, ou intensidade, no interior da rede. Como as imagens das *redes bipartidas* já indicavam, os *clusters* da área de Saúde (em azul na figura 13) possuem o maior grau médio ponderado, sendo *Saúde Pública* o mais central de todos. Aqui, não basta ter mais conexões e, sim, as conexões com maior peso em toda a rede.

O agrupamento *Saúde Pública* (3) também é o mais central de acordo com outra métrica importante de centralidade – a de *autovetor*.²⁶ Todavia chama a atenção que outro *cluster* do campo da saúde – Atenção primária em saúde (92) – também possui alta centralidade de *autovetor*, provavelmente por estar conectado fortemente tanto ao nó de maior volume, *Educação* (6), quanto ao mais central, *Saúde Pública* (3) (figura 13).

26 Ver definição na figura 7.



Por fim, usando agora a medida de centralidade de *intermediação* ou *betweenness*,²⁷ identifica-se o lugar estratégico de *Biodiversidade* (19) e, em menor medida, de *Pecuária e aquicultura* (11). Em síntese, são *clusters* que possuem conexões próximas com todas as regiões da rede, sugerindo a existência de um vetor de multi ou interdisciplinar em seu interior (figura 14).

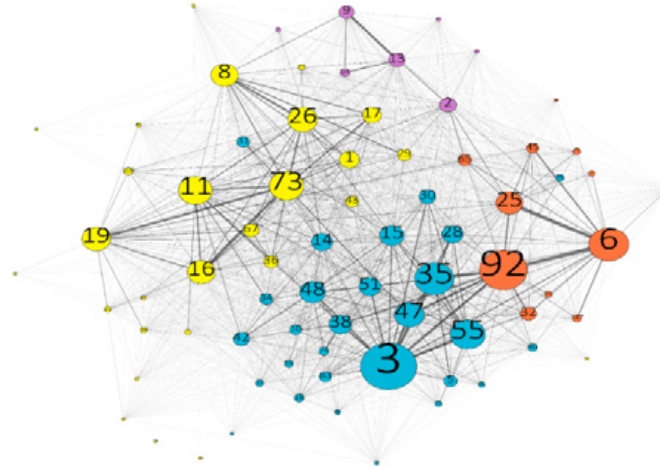


Figura 13 – Rede de similaridade semântica com destaque para os *clusters* de maior centralidade de autovetor
Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

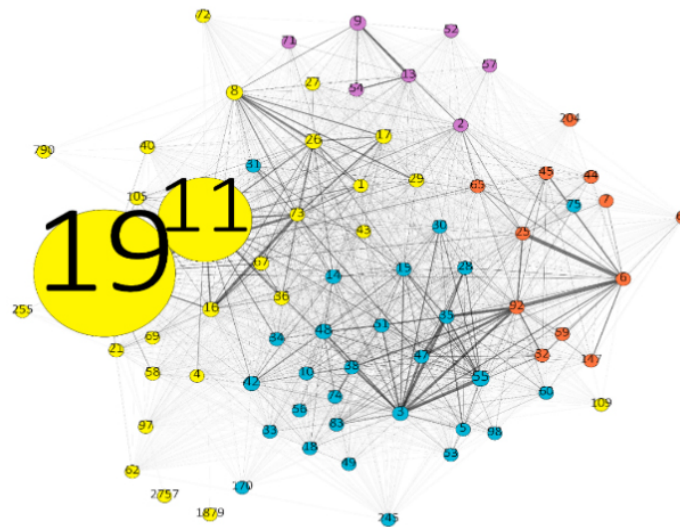


Figura 14 – Rede de similaridade semântica com destaque para os *clusters* de maior *betweenness*
Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

27 Idem.

Considerações

Uma vez que o exercício, até aqui, foi o de simplificar ao máximo a rede de relações semânticas formada pelos mais de 320 mil documentos dos dados extraídos sobre a ciência brasileira, a fim de revelar suas bases estruturais fundamentais, pode-se agora ter um ponto de partida relativamente informado para começar a investigação aprofundada das diferentes dimensões da rede.

Ao usar diferentes métricas de importância, vista aqui não como medida de qualidade, mas como um indicativo dos valores estruturais dos *clusters* temáticos identificados, pode-se afirmar que iniciar a exploração por meio dos agrupamentos *Educação, Saúde Pública e Biodiversidade* permitirá capturar, de saída, algumas tendências mais gerais da ciência brasileira. Reiterando, trata-se apenas de fundamentar um *ponto de partida*, e não subsumir a totalidade da análise – que demandará tempo e esforço continuado da equipe do Observatório – a estes três *clusters* vistos aqui como relevantes.

Dada a riqueza dos 35 *clusters* identificados neste estudo, além desses três domínios temáticos, destacados pelas métricas aplicadas, outros dois foram selecionados pela sua importância estratégica, seja no contexto específico brasileiro, como a Agropecuária, seja no âmbito mais amplo sobre o desenvolvimento tecnológico e a inovação, como as temáticas envolvidas em Nanomateriais. A respeito desses domínios, serão apresentados alguns destaques dos agrupamentos temáticos a eles relacionados. Foi desenvolvido, também, um destaque especial para a área de pesquisa em Engenharias, que se fragmentou em diferentes domínios temáticos.

2.6. Educação: o *cluster* temático com maior número de publicações

A Educação, no Brasil e no mundo, apresenta diversos desafios que variam desde problemas socioeconômicos e culturais, até questões como infraestrutura do ambiente escolar, recursos humanos qualificados, práticas pedagógicas, entre tantos outros. Cada vez mais, governos de todo o mundo têm olhado para indicadores e resultados de educação, buscando avaliar e definir estratégias de políticas públicas, visando melhorar as perspectivas sociais e econômicas de seus países.

A pandemia de Covid-19, por sua vez, apresentou uma realidade ainda mais desafiadora. Além da crise sanitária sem precedentes, trouxe uma crise econômica que tem afetado e afetará diferentes estruturas nas sociedades de todo o mundo. De acordo com o último relatório econômico da OCDE



Outlook, mesmo os cenários mais otimistas preveem uma recessão brutal nas economias dos países por muitos anos (OECD, 2020).

Os reflexos da pandemia na Educação não foram menos impactantes. Mesmo considerando os esforços de governos, instituições e profissionais da área para manter a continuidade da aprendizagem, os efeitos do isolamento estão sendo sentidos tanto em termos de adequação de práticas pedagógicas quanto, e talvez principalmente, nas desigualdades de oportunidades e acesso ao ensino à distância. Esse tema inclusive, educação à distância, já latente no conjunto da produção científica aqui analisada, tornou-se objeto de discussões e ações mais prementes, demonstrando ainda mais a importância de estudos que balizem boas decisões.

Em um futuro tão incerto, com a economia enfraquecida e o direcionamento de recursos públicos para a saúde e outros intervenções necessárias ao bem-estar social, os estudos e as pesquisas na área de Educação precisam ser melhor compreendidos, a fim de gerar novos conhecimentos e mapear possibilidades de ações para garantir a todos, de forma irrestrita e democrática, uma educação de qualidade e inclusiva, seja em períodos de crise ou não.

Como visto anteriormente, a área de pesquisa de Educação, segundo a WoS, ocupa o 7º lugar na produção científica quando se considera somente os artigos com autores vinculados a instituições brasileiras. Além disso, no estudo sobre as relações semânticas entre os artigos com participação brasileira nos últimos cinco anos, Educação é o agrupamento temático com maior concentração de artigos. As informações a seguir buscam apresentar o perfil dessas publicações, fornecendo, assim, um panorama inicial sobre um agrupamento temático tão importante e significativo para o futuro e tão presente na produção científica brasileira.

Apresenta-se, a seguir, o panorama geral dos artigos que compõem o agrupamento temático *Educação*, no conjunto de dados sobre a produção científica brasileira no período de 2015 a maio de 2020.

Distribuição por países conforme as instituições de origem dos autores dos artigos

No *cluster* Educação, a produção é majoritariamente de autores com filiação institucional nacional. A imagem 2 apresenta os principais países segundo a origem institucional dos coautores na produção científica com participação de autores vinculados a instituições nacionais.



Principais revistas científicas

Como pode ser observado no gráfico 7, os periódicos científicos *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação* e *Humanidades & Inovação* são os principais nesse agrupamento temático. As duas revistas são nacionais e Qualis A2, segundo a classificação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

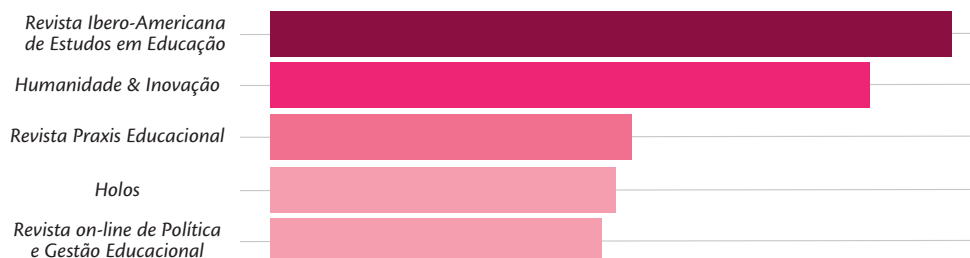


Gráfico 7 – Revistas com maior número de artigos do *cluster Educação*

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Áreas de pesquisa mais frequentes

Cada artigo indexado é classificado de acordo com as áreas de pesquisa das revistas científicas. Portanto, um mesmo artigo pode ser indexado em mais de uma área.

A tabela 1 apresenta as áreas de pesquisa, segundo classificação da WoS, mais frequentes no interior do agrupamento temático *Educação*.

Tabela 1 – Áreas de pesquisa com maior número de artigos do *cluster Educação*

Posição	Área	Frequência
1	Educação e pesquisa educacional	5.349
2	Linguística	1.350
3	Ciência da informação e Biblioteconomia	1.070
4	Negócios e Economia	928
5	Outros tópicos de artes e humanidades	839

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Destaca-se a ampla presença de artigos indexados na área *Education & Educational Research*, com 5.349 artigos.

Linha do tempo:²⁹ produção científica em Educação

Em artigos científicos, as palavras-chave buscam explicitar a abrangência de um objeto de estudo e/ou seus conceitos principais, fornecendo indícios dos seus temas de pesquisa.

Analisar a distribuição temporal das palavras-chave dos artigos publicados em um período de referência tem por objetivo entender a trajetória evolutiva dos temas de interesse das pesquisas e responder a indagações como: *Quais os temas mais pesquisados atualmente? Quais os temas emergentes e aqueles que sinalizam para uma agenda futura na pesquisa brasileira?*

Objetos de pesquisa mais frequentes por ano

No gráfico 8, é possível observar as palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o agrupamento temático *Educação*. Os anos médios³⁰ da linha do tempo de 2015 a 2020 concentram-se sobretudo em 2017.

Conforme pode ser observado no gráfico 9, foi possível identificar sete subgrupos:³¹ i) Ciência da informação; ii) Diversidade; iii) Currículo e cultura; iv) Treinamento de professores; v) Leitura e linguagem; vi) Participação e democracia; e vii) Aprendizado e ensino.

29 Sobre a metodologia de utilizada para essa análise, ver nota metodológica no Anexo 3 ao final.

30 O ano médio é calculado pela média aritmética ponderada, ou seja, multiplica-se cada valor do conjunto de dados (ano) pelo seu peso (frequência das palavras-chave). Para cada conjunto de palavras-chave, foi designado um subgrupo para que se facilite a identificação de temas recorrentes no interior de determinado agrupamento. Exemplo: treinamento de professores, leitura e linguagem, entre outros.

31 Subgrupos representam agrupamentos de palavra-chave, por meio da técnica de clusterização, com relevante coocorrência interna de indexação. Neste estudo, eles indicam possíveis linhas de pesquisa dentro do contexto temático geral, sinalizando direções da pesquisa com brasileiros.

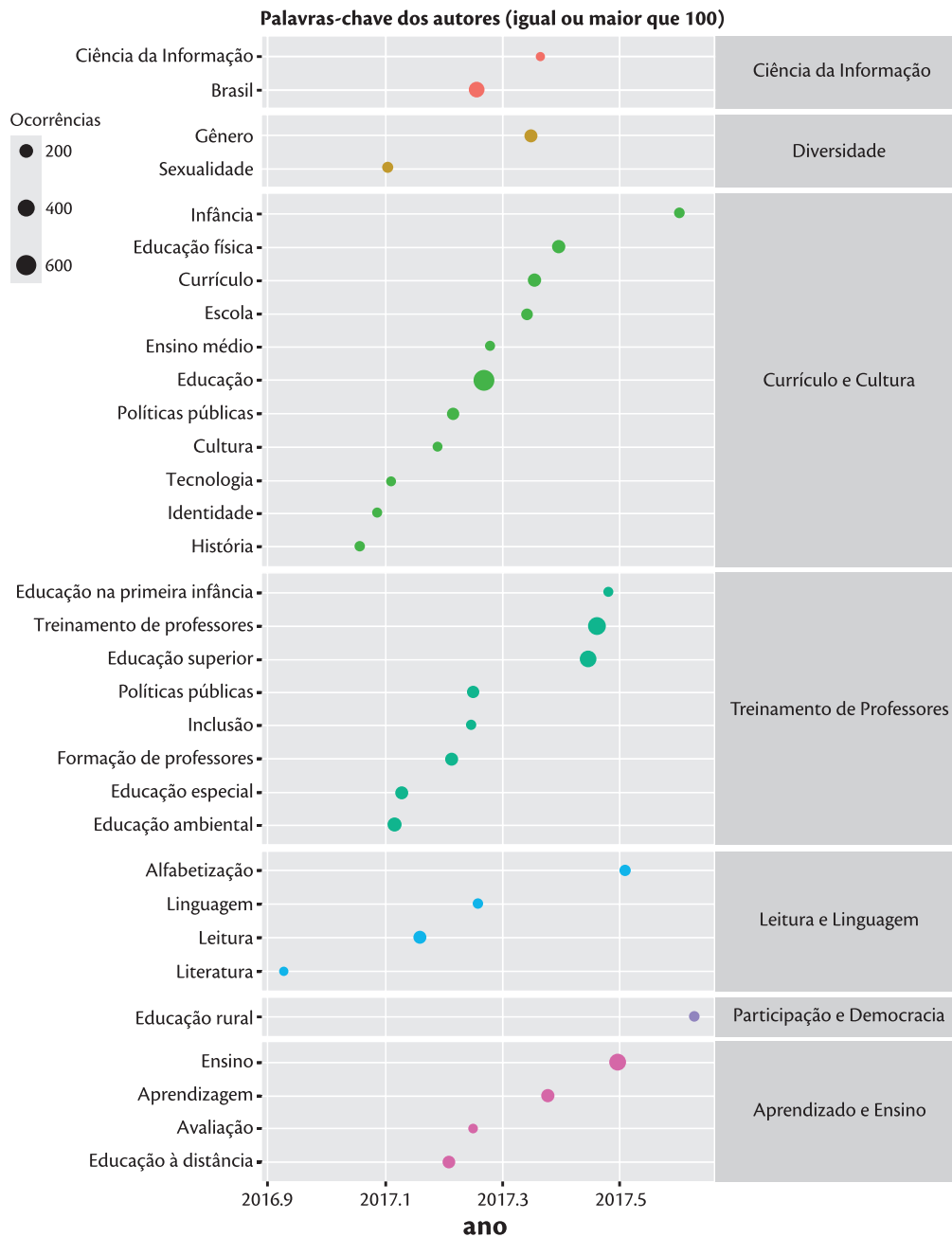


Gráfico 8 – Distribuição das palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o *cluster* Educação, por ano

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Ao se observar a evolução temporal das palavras-chave no período estudado, destacam-se termos relacionados a temas e tendências, como políticas públicas na área, apontando o debate sobre a estrutura curricular e aprendizagens necessárias tanto na Educação Básica quanto no Ensino Médio.

Temas importantes, como identidade, diversidade cultural, gênero, educação especial, educação rural e inclusão escolar, são abordados ao lado de outros, como a preparação e o treinamento de professores para lidar com essas e outras questões tão prementes na atualidade, como a inclusão digital, o uso de novas tecnologias, educação à distância e seus desafios e conceitos ligados aos debates de sustentabilidade.

O termo *alfabetização*, por exemplo, aparece relacionado não somente à apropriação do sistema de escrita e domínio da leitura, aspectos basilares no ensino de crianças, jovens e adultos, mas também referente à alfabetização tecnológica de discentes e docentes. Aqui são abordados tanto aspectos relacionados a aprendizagens operacionais de utilização dos recursos tecnológicos, quanto conceitos como letramento informacional, com valor social agregado, e as relações entre informação e *Educação*.

Termos quentes: algumas tendências em Educação

O gráfico 9 apresenta algumas temáticas emergentes no *cluster Educação*, utilizando a mesma metodologia de linha do tempo. Para tal análise, entretanto, foi feito um recorte do ano médio entre 2018 e 2020, captando assim os chamados *termos quentes*, que aparecem nos anos mais recentes, não pontuais ou esporádicos e que apresentam aumento de interesse a cada ano (MARTINS *et al.*, 2019).

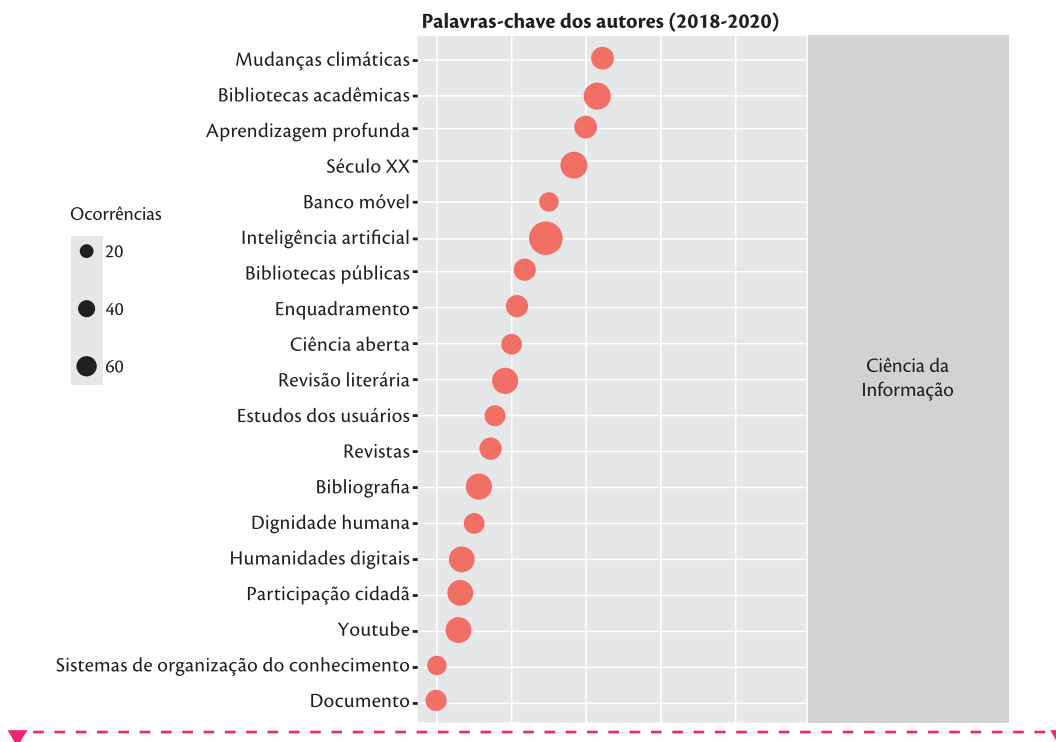
Destaca-se a importante presença de palavras-chave dos subgrupos *Ciência da informação* e *Treinamento de professores*.

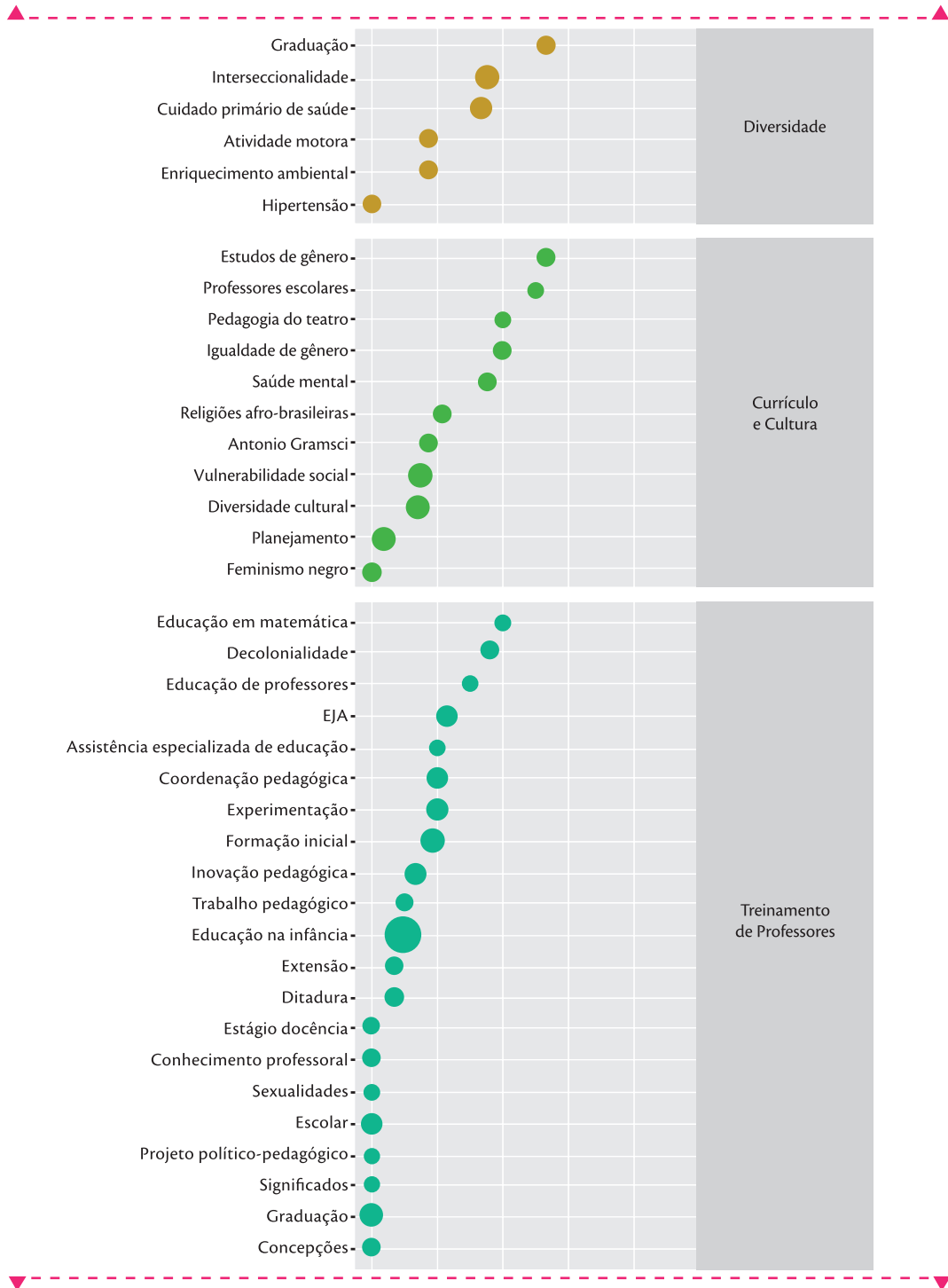


No primeiro, destacam-se como *termos quentes* uma série de palavras-chave que indicam estudos relacionados à sistematização e organização do conhecimento, bem como novas técnicas informacionais (como sugere a presença das palavras-chave *deep learning* e *artificial intelligence*).

Quanto ao subgrupo *Treinamento de professores*, observa-se a presença de palavras-chave voltadas ao estudo da formação e atuação desses profissionais levando-se em conta práticas pedagógicas diversas, como denotam, por exemplo, as palavras-chave *eja* (educação de jovens e adultos); *decoloniality* (decolonialidade ou o pensamento decolonial), que traz a problemática da educação intercultural no contexto latino-americano; *mathematical education*, *teacher's education* e *child education*, sobre o ensino específico em Matemática, Educação Infantil e de professores.

Por fim, cabe destacar as palavras-chave com ano médio de indexação mais recente, como *bncc* (Base Nacional Curricular Comum) e *memes*, do subgrupo *Leitura e linguagem*. Os memes, no espaço digital, são figuras, vídeos ou expressões e se espalham rapidamente, sendo repetidos em diversos contextos. Muitos estudos têm abordado o uso dessa técnica de comunicação como uma ferramenta educacional útil para promover o letramento digital.





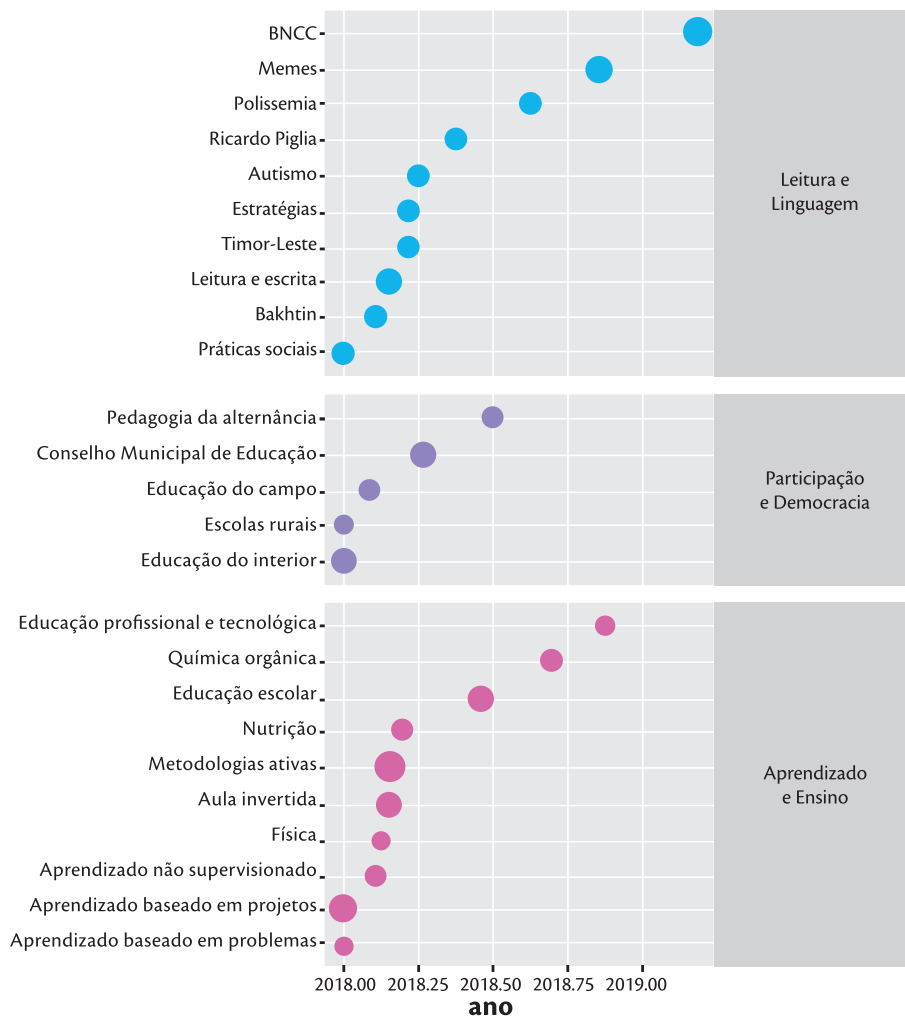


Gráfico 9 – Distribuição das palavras-chave dos artigos compõem o *cluster* Educação, nos dois últimos anos

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

No subgrupo *Aprendizado e ensino*, destacam-se estudos sobre a educação profissional e tecnológica e outros temas mais disciplinares, como o ensino de química orgânica, em especial na educação básica.

Entre as palavras-chave compreendidas entre os anos médios de 2018 e 2020 com tendência à estabilização ou alta, encontram-se:

BNCC, memes, educação tecnológica e profissional, inteligência artificial, vulnerabilidade social e diversidade cultural.

Entre as palavras-chave com 100 ou mais de frequência em indexação e com tendência de estabilidade ou alta, encontram-se:

Treinamento de professores, ciência da informação, gênero, infância, educação física, treinamento do professor, alfabetização, ensino e aprendizagem.

Diagrama estratégico do *cluster* Educação

O gráfico 10 apresenta o diagrama estratégico³² do agrupamento *Educação*. Trata-se de uma forma de visualização definida por dois eixos: um vertical (métrica de densidade das palavras-chave) e outro horizontal (métrica de centralidade das palavras-chave).

A figura 15 auxilia na interpretação do diagrama, conforme o posicionamento das palavras-chave segundo seus quadrantes.

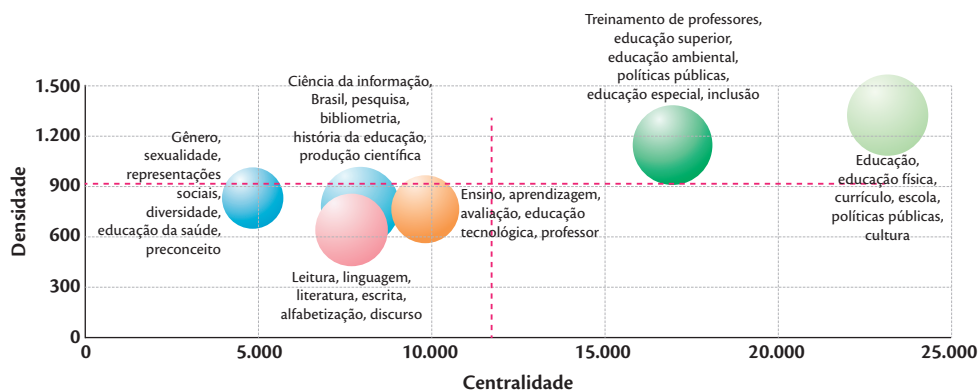


Gráfico 10 – Diagrama estratégico do *cluster* Educação

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

32 Para maiores informações sobre essa abordagem de análise, veja nota metodológica no Anexo 3 ao final.

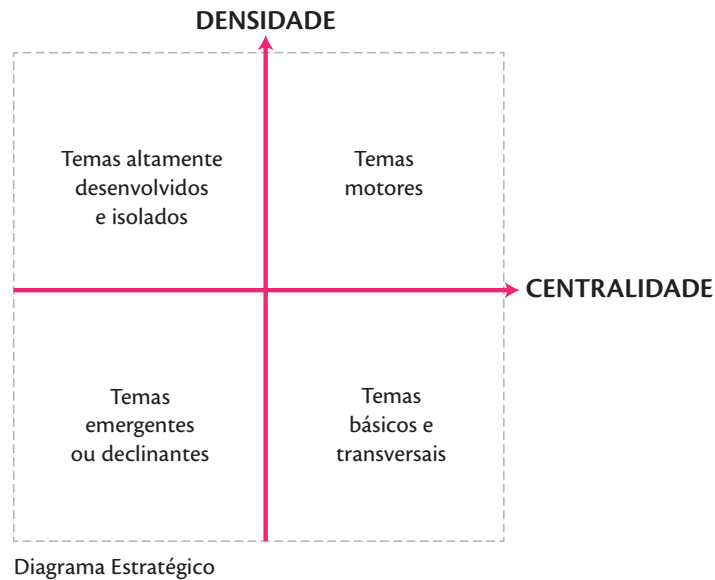


Figura 15 – Diagrama estratégico: definição dos quadrantes

Fonte: Cobo *et al.* (2011).

No quadrante acima, estão os termos que reúnem as maiores métricas de densidade e centralidade, representando os temas altamente conectados entre si e, também, com outros temas. Nesse quadrante, estão os temas considerados motores. Assim, é possível observar temas relacionados com cultura e políticas públicas, educação superior, educação especial, inclusão, educação ambiental e treinamento de professores.

Os demais círculos apresentados no gráfico 10 estão concentrados, em sua quase totalidade, no quadrante inferior esquerdo, indicando termos associados a outros mais marginais e/ou possíveis emergências temáticas (também chamados de temas declinantes ou ascendentes). Aqui aparecem quatro círculos que reúnem termos relacionados a estudos sobre: i) representações sociais de gênero e diversidade sexual, preconceito e discriminação; ii) educação à distância, tecnologias educacionais, ensino e aprendizagem e avaliação em educação; iii) literatura, alfabetização e ensino da leitura e escrita, letramento e educação linguística; e iv) ciência da informação, bibliometria, produção científica e história da educação.

Ao realizar uma busca específica pelo termo *educação à distância* na linha do tempo desse *cluster*, percebe-se, nos primeiros anos da série temporal estudada (2015 a 2017), ligação com palavra-chave como: tecnologias e meios de comunicação, ambientes de aprendizagem virtual, metodologias

educacionais e políticas públicas. Nos dois últimos anos (2018 e 2019), uma maior frequência de termos relacionados a estudos sobre educação superior, educação continuada, ensinos especializados em ciências, matemática e área médica, TICs, evasão escolar, educação rural, estilos de aprendizagem, práticas pedagógicas e gamificação.

A tabela 2 apresenta uma lista dos 10 artigos mais citados no *cluster Educação*, especificando o número de citações e os respectivos DOI³³ (*Digital Object Identifier*, sigla em inglês) ou, em português, Identificador de Objeto Digital.³⁴

Tabela 2 – Top 10: artigos mais citados em Educação

Artigos mais citados	Nº de citações ³⁵	DOI
Improvements from a Flipped Classroom May Simply Be the Fruits of Active Learning J. Jensen, Tyler A. Kummer, P. D. D. M. Godoy CBE–Life Sciences Education Vol. 14, No. 1.(2017)	431	10.1187/cbe.14-08-0129
Blended learning, e-learning and mobile learning in mathematics education Marcelo C. Borba, P. Askar, J. Engelbrecht, George Gadanidis, S. Llinares, Mario Sánchez Aguilar ZDM Mathematics Education 48, 589–610 (2016)	61	10.1007/S11858-016-0798-4
An Automatic and Dynamic Approach for Personalized Recommendation of Learning Objects Considering Students Learning Styles: An Experimental Analysis F. Dorça, R. Araujo, V. Carvalho, Daniel T. Resende, R. Cattelan Informatics Educ.(2016)	51	10.15388/INFEDU.2016.03
Four types of evidentiality in the native languages of Brazil K. Hengeveld, Marize Mattos Dall’Aglio Hattnher Linguistics, Volume 53 Issue 3,(2015)	45	10.1515/ling-2015-0010
Educational pathways of Black women physicists: Stories of experiencing and overcoming obstacles in life Katemari Rosa and Felicia Moore Mensah Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 12, 020113. (2016)	44	10.1103/PHYSREVPHYSEDUCRES.12.020113

³³ O DOI é um código único – formado por um padrão de letras e números – e apresentado na forma de *link*, que é atribuído a publicações que estejam disponíveis na internet. Ou seja, somente publicações *on-line* (digitais) estão aptas a receber esse código.

³⁴ Artigos sem DOI foram desconsiderados para a produção do quadro.

³⁵ É importante frisar que as citações são sensíveis ao período delimitado para análise, totalizando cinco anos (2015-2020). Por isso, os números aqui apresentados podem indicar publicações com movimento ascendente de citação.



Artigos mais citados	Nº de citações ³⁵	DOI
Information culture and its influences in knowledge creation: Evidence from university teams engaged in collaborative innovation projects Thais Elaine Vick, Marcelo Seido Nagano, Silvio Popadiuk, International Journal of Information Management, Volume 35, Issue 3,(2015)	40	10.1016/j.ijinfomgt.2015.01.010
Assistance of students with mathematical learning difficulties: how can research support practice? Sulyana Comério Margotto Borghi, E. Mainardes, Érika Ronqueti Terra Silva ZDM Mathematics Education 48, 633-649 (2016)	34	10.1007/S11858-016-0800-1
The development of bimodal bilingualism Implications for linguistic theory Diane C. Lillo-Martin, R. M. de Quadros, D. C. Pichler Linguistic approaches to bilingualism. (2016)	33	10.1075/lab.6.6.01lil
Transcultural analysis of the effectiveness of a program to promote self-regulated learning in Mozambique, Chile, Portugal, and Spain P. Rosário, J. Núñez, L. Trigo, Carina Guimarães, E. Fernández, R. Cerezo, S. Fuentes, Marcela Orellana, América Santibáñez, Celso Fulano, Ângelo Ferreira, Mirela de Oliveira Figueiredo Higher Education Research & Development Volume 34, 2015 - Issue 1 (2015)	29	7,29436E+16
Expectations of higher education students: a comparison between the perception of student and teachers Sulyana Comério Margotto Borghi, E. Mainardes, Érika Ronqueti Terra Silva Tertiary Education and Management, Volume 22, Issue 2 (2016)	20	10.1080/13583883.2016.1188326

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Nota de especialista

Educação e pandemia: o que aprendemos, novos cenários e perspectivas

Klaus Schlünzen Junior³⁶

Sofia Daher³⁷

Imagine um mundo onde qualquer um pode aprender, onde não há limites definidos pelo espaço, pelo tempo, pela dificuldade de acesso à informação, pela sua realidade, pelas suas deficiências ou pelos seus estilos de aprendizagem em que a atenção do processo educacional está nas potencialidades de cada um, no seu interesse e no seu engajamento no desenvolvimento de atividades colaborativas e coletivas.

Este cenário, que até pouco tempo era difícil de se vislumbrar, começa a ser esboçado. Com a pandemia de Covid-19, o *locus* de ensino e de aprendizagem, a sala de aula tal como a conhecemos e da qual fizemos parte como estudantes, foi profundamente transformado, e os ambientes educacionais foram significativamente afetados.

A catástrofe global que se iniciou em 2020 levou aproximadamente 1,5 bilhão de estudantes a permanecerem em suas casas, escolas fecharam em 191 países e 63 milhões de professores do ensino fundamental e médio foram afetados, tendo que empregar tecnologias para ensinar em diversas situações e contextos. Metade desse número total de estudantes – cerca de 826 milhões de discentes – ficou ou ainda é mantido fora da sala de aula pela pandemia de Covid-19 e não tem acesso a um computador doméstico, e 43% (706 milhões) não têm conectividade com a internet em casa. Esses dados são fornecidos pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco do inglês United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) e indicam disparidades globais muito grandes. Mesmo considerando os telefones celulares que podem permitir que estudantes acessem informações, conectem-se com seus

36 Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e professor livre-docente em Informática e Educação (Unesp), com estágio de pós-doutoramento na Universitat de Barcelona. Professor do Departamento de Estatística e do Programa de Pós-Graduação em Educação da FCT/Unesp. Coordenador-geral do Programa de Mestrado Profissional em Educação Inclusiva em Rede /Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Profei/Capes) e coordenador do Centro de Promoção para Inclusão Digital, Escolar e Social/Universidade Estadual Paulista (CPIDES/Unesp). Pesquisador em Produtividade em Pesquisa (PQ) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

37 Doutora em Ciência da Informação (2012), mestre em Biologia Molecular e graduada em Agronomia pela Universidade de Brasília (UnB). Assessora técnica do CGEE. Analista em C&T do CNPq. Coordenadora de estudos sobre os recursos humanos para CT&I.



professores e entre si, cerca de 56 milhões de estudantes vivem em locais não atendidos por redes móveis, quase a metade na África Subsaariana.

As desigualdades e o cenário de pandemia são ameaças eminentes ao alcance das metas da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) para o desenvolvimento sustentável e para o Objetivo 4, que trata da *Educação*. Nesse contexto, há a necessidade de se (re)construir ambientes digitais de aprendizagem, com a preocupação em desenvolver e ofertar soluções globais e equitativas, papel fundamental dos professores, apoiados por instituições e por toda a sociedade.

Por sua vez, o papel das tecnologias é caracterizado como um meio pelo qual podemos apoiar contextos educacionais inclusivos. É possível constatar que a sociedade atual se encontra cada vez mais conectada pelas tecnologias digitais que participam da nossa rotina pessoal e profissional. As evidências são verificadas com a disseminação dos dispositivos móveis, dos computadores e de tantas outras tecnologias digitais que, associadas aos índices de acesso à internet cada vez maiores, trouxeram aos professores, aos estudantes e às instituições de ensino o desafio de empregá-las como um recurso pedagógico para promover a aprendizagem. Além disso, acenam para a possibilidade de que qualquer um possa ter acesso à informação e aprender em qualquer lugar, a qualquer tempo.

Todavia garantir o direito à Educação no Brasil implica grandes esforços, quer pela forma tradicional que vigorou até o momento, quer pelos novos formatos impulsionados pela pandemia. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2019, o número de brasileiros de 18 a 24 anos de idade com diploma do ensino superior é de apenas 4,1%, resultado muito inferior quando comparado a outros países com economias muito mais modestas que a nossa. Em contrapartida, as estimativas do Ipea (2020) apontam que cerca de 6 milhões de estudantes de todas as idades não têm acesso domiciliar à internet em banda larga ou 3G/4G e que, por conseguinte, não teriam como atender em casa a atividades remotas de ensino-aprendizagem.

Considerando nossas aspirações e comprometimento com uma sociedade melhor, acreditamos que a tecnologia pode promover o empoderamento das pessoas no sentido de acesso igualitário ao conhecimento, promovendo sua integração na comunidade e no mundo do trabalho. Isso só será possível com o uso intenso das tecnologias como recurso de inclusão escolar e social.

Apesar da pandemia e de tudo que já vivemos, sofreremos e aprendemos com ela até o momento, não conhecemos melhor período da história da humanidade para dispormos de

tantos recursos, sejam tecnológicos de interação, sejam de construção de conhecimento e de conectividade do que temos hoje. No entanto tudo isso ainda não basta. É necessário utilizá-los para conectar competências acadêmicas aos estudantes, com qualidade e acessibilidade aos materiais didático-pedagógicos, com metodologias que transformem os estudantes em construtores do próprio conhecimento. É necessário um processo de diálogo acadêmico e de institucionalização das tecnologias na rotina acadêmica e escolar, de construção de novos ambientes de aprendizagem que não se resumem em colocar um verniz de tecnologia nos superados espaços com carteiras dispostas cartesianamente.

Nessa direção, temos vários exemplos de instituições de ensino superior com iniciativas inovadoras e que desafiam nossa visão sobre o mundo acadêmico no qual viveremos. Nesse conjunto de instituições, destacam-se as mais importantes universidades americanas, como *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Stanford e Harvard, e outras menos tradicionais, porém recentes e respeitadas, como a Minerva University, a Universidade 42, Singularity University, Marina de Empresas, entre outras. São entidades que exploram as tecnologias e o emprego de metodologias ativas como forma de construção de ambientes de aprendizagem inovadores, disruptivos, empreendedores, criativos, colaborativos, flexíveis e inclusivos, formando profissionais que atenderão as expectativas do mundo do trabalho.

Construir uma sociedade mais justa e democrática implica necessariamente um processo de grandes mudanças da Educação no Brasil e no mundo, principalmente no entendimento e na concepção do que se transformarão os ambientes de aprendizagem em um futuro muito próximo. Pensar em uma escola inclusiva e que usa as tecnologias digitais em seu cotidiano é enxergar um dos cenários mais desafiadores e alvissareiros para professores, estudantes, gestores e para a comunidade em geral.

Referência

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Acesso domiciliar à internet e ensino remoto durante a pandemia**. Brasília: Ipea, 2020. (Nota Técnica n. 88). Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/200902_nt_disoc_n_88.pdf. Acesso em: 7 fev. 2021.



2.7. Biodiversidade: alicerce dos esforços científicos

Ainda no conjunto geral das publicações com participação das instituições nacionais, é importante ressaltar o lugar estratégico do agrupamento temático sobre a biodiversidade. Enquanto um sistema de suporte à vida no planeta, o tema tem se tornado central para diferentes abordagens inovadoras em CT&I. As pesquisas relacionadas a essa temática versam sobre diferentes nichos de atuação, desde a caracterização de novos biomas – seja marinho, seja florestal – até sua funcionalidade como um sistema complexo de relações.

Conforme apurado na base *Web of Science*, a área de Ciências Ambientais, com grande convergência no tema analisado, é uma das que mais cresce entre as áreas de maior número de publicações, no Brasil e no mundo.

Outras abordagens em voga são os casos da bioprospecção da biota brasileira e dos múltiplos efeitos das mudanças climáticas na Terra (JOLY *et al.*, 2011). Esses subcampos atuam fortemente na projeção da temática como uma das mais estratégicas na ciência feita com participação nacional. Além dessas características, o risco da perda material da paisagem natural no País tem colocado as questões relacionadas a esse tema no centro da agenda pública nos últimos anos. As perdas florestais no Brasil têm servido como alerta para a necessidade de um adensamento político na proteção da biodiversidade, com grande amparo de pesquisas científicas.

Os desdobramentos da pesquisa em biodiversidade no Brasil concentram-se em sistemática e taxonomia morfológicas, filogenéticas e em casos de microbiomas, em metagenômicas. Como uma área bem tradicional no País, há um conjunto extenso de carreiras científicas orientadas a esse foco. Essa tradição espelha-se nas diferentes formações de grupos de pesquisa e no fortalecimento do campo em diversos programas de pós-graduação. No interior desses grupos, múltiplas pesquisas aumentam a produção de acervos biológicos e buscam identificar descobertas com importante poder de geração tecnológica. Ainda assim, permanece a necessidade de nacionalizar essas iniciativas em prol de um melhor mapeamento das capacidades dos biomas e de estudos que almejem sua prospecção e aplicação em outros contextos científicos.

Os estudos da biodiversidade em paisagens alteradas pela atividade humana também são centrais na temática. Com mais de um quarto do território dedicado ao cenário agrícola, pesquisas apresentam como objetivo compreender os impactos para a fauna e flora brasileira, bem como caracterizar a sustentabilidade como força de atuação no País. A poluição de rios, a contaminação de solos, as erosões e as perdas de espécies são alvos de pesquisas que se dedicam a mitigar esses efeitos, tanto com intenções preventivas, quanto corretivas. Além disso, outras publicações almejam compreender a relação entre biodiversidade e cultura sociodinâmica, aproximando as Ciências Sociais para poder



Principais instituições brasileiras segundo a origem dos autores

Quanto à filiação institucional dos autores dos artigos que compõem o *cluster*, a instituição nacional de origem dos autores que mais se destaca é a USP (quadro 5).

Quadro 5 – Principais instituições vinculadas dos autores dos artigos do *cluster Biodiversidade*

Universidade de São Paulo (USP)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Principais revistas científicas

No *cluster Biodiversidade*, os três principais periódicos científicos que mais se destacam são: *Plos One*, *Zootaxa*, *Hydrobiologia* e *Biota Neotropica*. O primeiro periódico, com foco multidisciplinar, tem como origem os EUA, e o segundo, com foco em ciências biológicas e agrícola, a Nova Zelândia (gráfico 11).

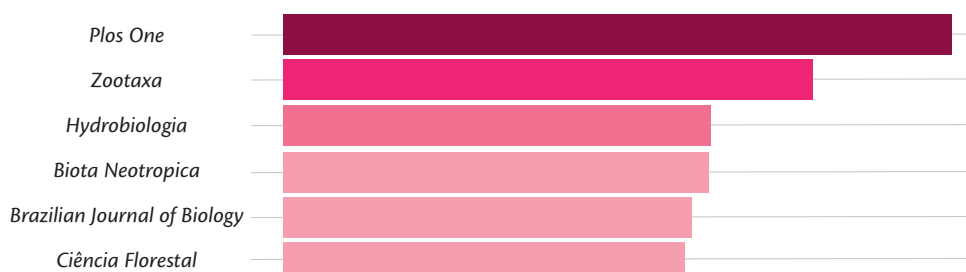


Gráfico 11 – Revistas com maior número de artigos do *cluster Biodiversidade*

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Áreas de pesquisa mais frequentes

As áreas de pesquisa, segundo a classificação da WoS, mais frequentes no interior do agrupamento sobre Biodiversidade, são a ampla presença de artigos indexados na área de Ciências Ambientais e Ecologia, com 4.066 publicações, e na área de Biologia marinha, com 1.534 publicações (tabela 3).

Tabela 3 – Áreas de pesquisa com maior número de artigos do cluster Biodiversidade

Posição	Área	Frequência
1	Ciências ambientais e ecologia	4.066
2	Biologia marinha e de água doce	1.534
3	Ciências das plantas	1.276
4	Zoologia	1.134
5	Biologia reprodutiva	1.064

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Linha do tempo: presente e futuro da produção científica em Biodiversidade

Objetos de pesquisa mais frequentes por ano médio

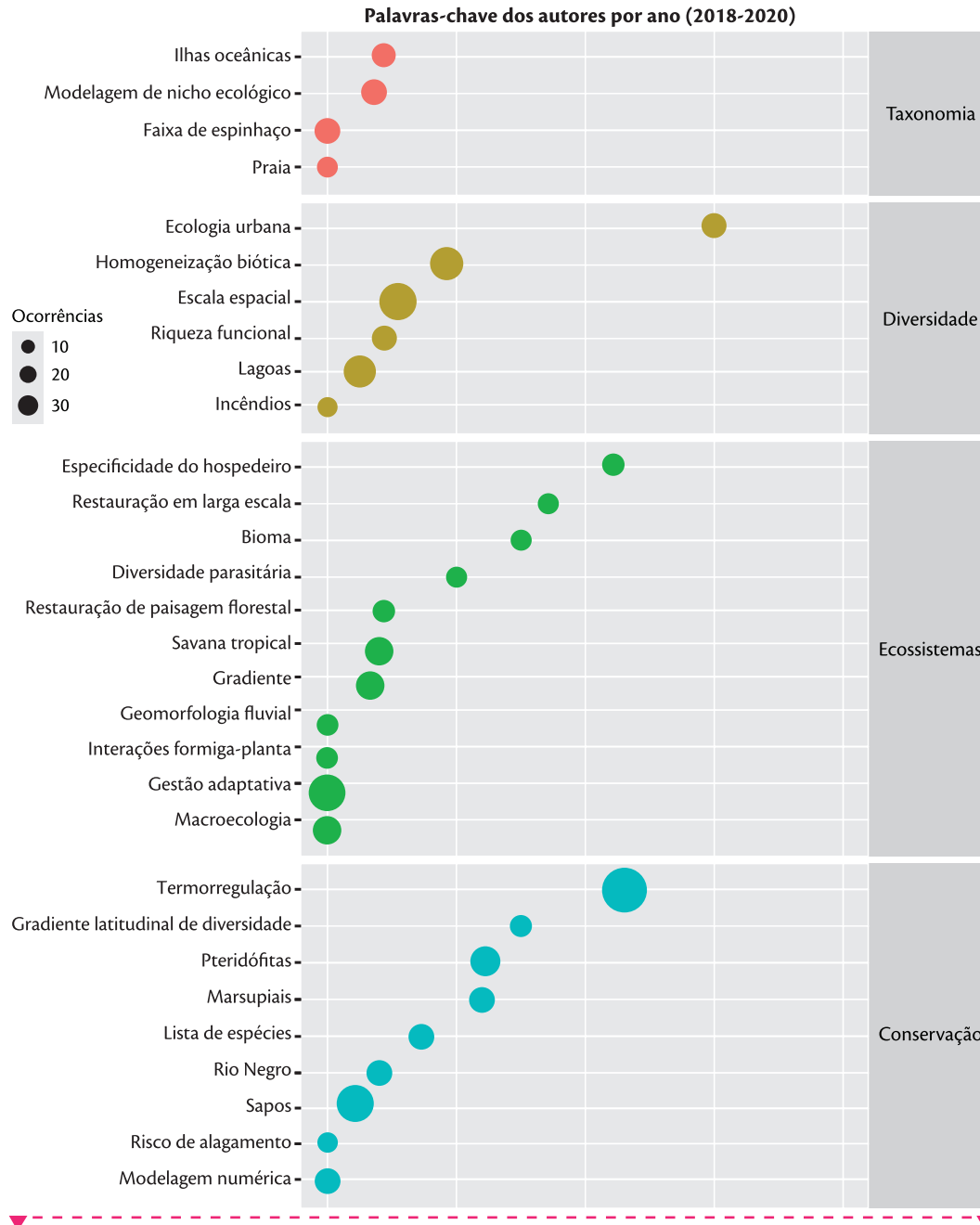
As temáticas emergentes no cluster Biodiversidade têm por referência uma *linha do tempo*,³⁸ definida para um recorte relativo ao ano médio entre 2018 e 2020. Três palavras-chave chamam a atenção: *urban ecology*, no subgrupo *Diversidade*; *flood risk*, no subgrupo *Florestas*; e *drylands*, no subgrupo *Recursos hídricos*. Esses termos, embora com baixa frequência, em torno de 10, foram indexados mais recentemente (gráfico 12).

Destaca-se também, com maior frequência os anos médios não tão recentes, *macroecology* (subgrupo *Conservação*) e *wildfires* (subgrupo *Ecosistemas*). Cabe ainda mencionar a presença de palavras-chave relacionadas a aspectos metodológicos, todas do subgrupo *Florestas*: *numerical modeling*, *hydrological modeling* e *computer simulation*.

³⁸ Sobre a metodologia de utilizada para esta análise, ver nota metodológica no Anexo 3.



Linha do tempo: produção científica em *Biodiversidade* Objetos de pesquisa mais frequentes por ano





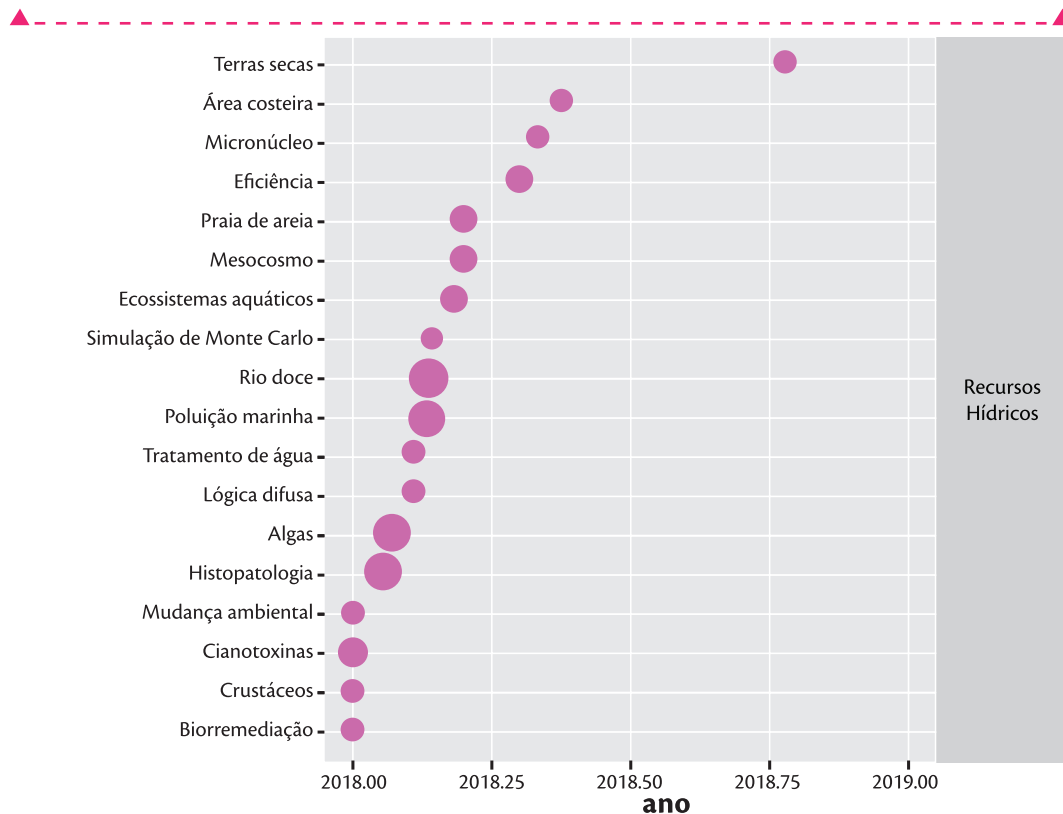


Gráfico 12 – Distribuição das palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o *cluster Biodiversidade*, por ano

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Termos quentes: algumas tendências em Biodiversidade

Entre as palavras-chave com frequência de 100 ou mais de frequência em indexação e com tendência de estabilidade ou alta, encontram-se as seguintes: taxonomia, traços funcionais, Caatinga, Floresta Atlântica, biodiversidade, conservação, mudança climática, sensoriamento remoto. As exceções são Amazônia e Cerrado que têm tendência de leve queda (gráfico 13).

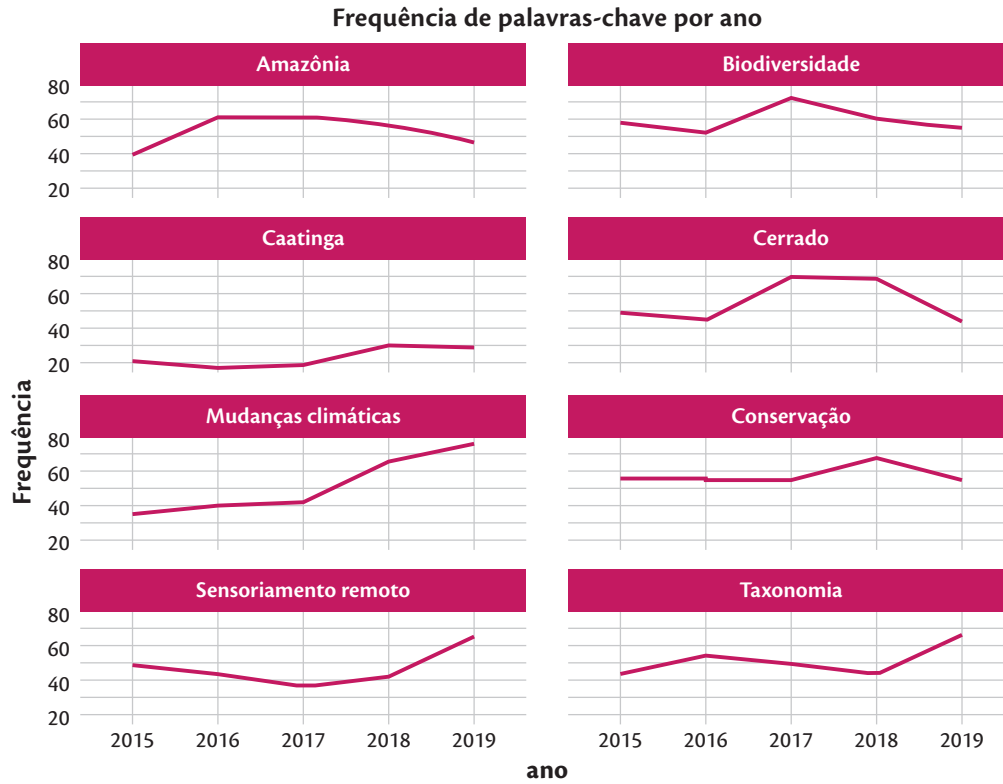


Gráfico 13 – Distribuição das palavras-chave do *cluster Biodiversidade*, por ano

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

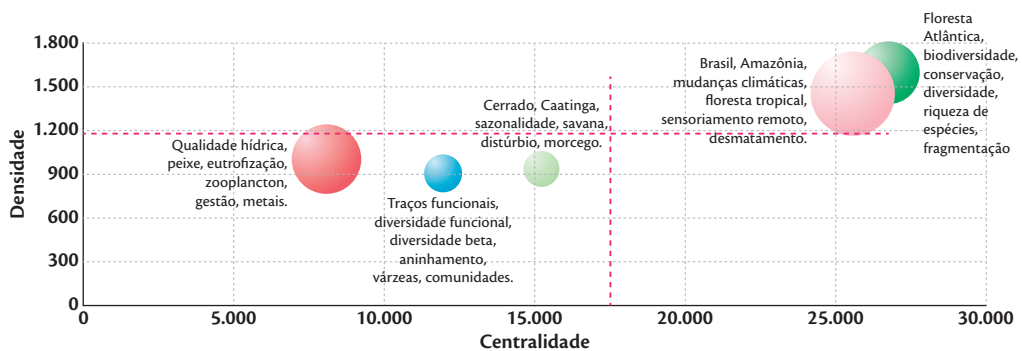


Gráfico 14 – Diagrama estratégico do *cluster Biodiversidade*

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.



Já no quadrante de temas ascendentes ou descendentes, três subgrupos destacam-se: um primeiro com foco em estudos sobre Cerrado e Caatinga e um segundo com foco em diversidade funcional e aninhamento, subtema importante para os estudos de impacto sobre a existência de espécies e mudanças de *habitat*. Um terceiro subgrupo apresenta como foco as pesquisas em qualidade da água, eutrofização e gestão de recursos hídricos.

No recorte das pesquisas mais recentes, entre os anos de 2018 e maio de 2020,³⁹ é possível identificar forças temáticas com foco em estudos sobre *fragmentação de habitats*, sobre *áreas de proteção ambiental* e os efeitos da *urbanização* no contexto dos ecossistemas nacionais. Algumas temáticas chamam atenção, nesse período, por sua possível trajetória ascendente na pesquisa brasileira: *regeneração natural* e *incêndios florestais*.

A tabela 4 apresenta uma lista dos 10 artigos mais citados no *cluster Biodiversidade*, bem como o número de citações e de DOI⁴⁰ de cada publicação.

Tabela 4 – Top 10: artigos mais citados em Biodiversidade

Artigos mais citados	Nº de citações	DOI
Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity E. Jeppesen, S. Brucet, L. Naselli-Flores, E. Papastergiadou, K. Stefanidis, T. Nôges, P. Nôges, J. L. Attayde, T. Zohary, J. Coppens, T. Bucak, R. F. Menezes, Francisco Rafael Sousa Freitas, M. Kernan, M. Søndergaard, M. Beklioglu Hydrobiologia	224	10.1007/s10750-014-2169-x
Future water quality monitoring - Adapting tools to deal with mixtures of pollutants in water resource management R. Altenburger, Selim Ait-Aissa, P. Antczak, T. Backhaus, D. Barceló, T. Seiler, F. Brion, W. Busch, K. Chipman, M. L. de Alda, Gisela de Aragão Umbuzeiro, B. Escher, F. Falciani, M. Faust, A. Focks, K. Hilscherova, J. Hollender, H. Hollert, F. Jaeger, Annika Jahnke, A. Kortenkamp, M. Krauss, Gregory F. Lemkine, J. Munthe, S. Neumann, E. Schymanski, M. Scrimshaw, H. Segner, J. Slobodník, F. Smedes, Subramaniam Kughathas, I. Teodorović, Andrew J. Tindall, K. Tollefsen, Karl-Heinz Walz, T. Williams, P. J. Van den Brink, J. V. van Gils, B. Vrana, Xiaowei Zhang, W. Brack The Science of the total environment	189	10.1016/j.scitotenv.2014.12.057

³⁹ Os diagramas estratégicos podem ser desenvolvidos por frações temporais, como é o exemplo (2018-2020).

⁴⁰ O DOI é um código único – formado por um padrão de letras e números – e apresentado na forma de *link*, que é atribuído a publicações que estejam disponíveis na internet, ou seja, somente publicações on-line (digitais) estão aptas a receber esse código.

Artigos mais citados	Nº de citações	DOI
<p>How pervasive is biotic homogenization in human-modified tropical forest landscapes? Aquatic invasive species: challenges for the future R. Solar, J. Barlow, J. Ferreira, Erika Berenguer, A. Lees, J. R. Thomson, J. Louzada, M. Maués, Nárgila G. Moura, V. Oliveira, J. C. M. Chaul, J. H. Schoereder, I. Vieira, R. Mac Nally, T. Gardner Ecology letters</p>	167	10.1007/s10750-014-2166-0
<p>Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges R. Solar, J. Barlow, J. Ferreira, Erika Berenguer, A. Lees, J. R. Thomson, J. Louzada, M. Maués, Nárgila G. Moura, V. Oliveira, J. C. M. Chaul, J. H. Schoereder, I. Vieira, R. Mac Nally, T. Gardner Ecology letters</p>	167	10.1111/BTP.12381
<p>Aquatic invasive species: challenges for the future J. Havel, Katya E. Kovalenko, Sidinei Magela Thomaz, S. Amalfitano, L. Kats Hydrobiologia</p>	165	10.1007/s10750-014-2166-0
<p>Handbook of protocols for standardized measurement of terrestrial invertebrate functional traits Marco Moretti, André T. C. Dias, F. D. Bello, F. Altermatt, Steven L. Chown, F. Azcárate, J. Bell, Bertrand Fournier, M. Hedde, J. Hortal, Sébastien Ibanez, Erik Öckinger, José Paulo Sousa, J. Ellers, M. Berg</p>	162	10.1111/1365-2435.12776
<p>The SOLUTIONS project: Challenges and responses for present and future emerging pollutants in land and water resources management W. Brack, R. Altenburger, G. Schüürmann, M. Krauss, David López Herráez, J. V. van Gils, J. Slobodník, J. Munthe, B. Gawlik, A. V. van Wezel, M. Schriks, J. Hollender, K. Tollefsen, O. Mekenyan, S. Dimitrov, D. Bunke, I. Cousins, L. Posthuma, P. J. Van den Brink, M. López de Alda, D. Barceló, M. Faust, A. Kortenkamp, M. Scrimshaw, S. Ignatova, G. Engelen, G. Massmann, Gregory F. Lemkine, I. Teodorović, Karl-Heinz Walz, Valeria Dulio, M. Jonker, F. Jaeger, K. Chipman, F. Falciani, I. Liska, D. Rooke, Xiaowei Zhang, H. Hollert, B. Vrana, K. Hilscherova, K. Kramer, S. Neumann, Ruth Hammerbacher, T. Backhaus, J. Mack, H. Segner, B. Escher, Gisela de Aragão Umbuzeiro The Science of the total environment</p>	133	10.1016/j.scitotenv.2014.05.143
<p>Disturbance maintains alternative biome states Vinícius L. Dantas, Marina Hirota, R. Oliveira, J. G. Pausas</p>	120	10.1111/ele.12537
<p>Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime R. Chazdon, M. Guariguata</p>	117	10.1890/14-1528.1
<p>Impacts of land use conflicts on riverine ecosystems R. F. V. Junior, S. Varandas, F. A. L. Pacheco, V. Pereira, C. Santos, R. Cortes, L. Fernandes</p>	95	10.1016/j.LANDUSEPOL.2014.10.015

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.



Nota de especialista

Os desafios da biodiversidade

Bruno César Prosdocimi Nunes⁴¹
Daniella Fartes dos Santos e Silva⁴²

A diversidade biológica, ou apenas *biodiversidade*, é o conjunto de todos os organismos vivos da terra. Ela pode ser tratada em diferentes níveis, desde genes e espécies até ecossistemas e biomas. Porém mais importante do que caracterizar a biodiversidade é entender como ela interage com os elementos abióticos, como água, carbono e hidrogênio. A biodiversidade tem papel protagonista nos processos regenerativos do nosso planeta, e o seu declínio está fortemente relacionado com desequilíbrios na biosfera, como no caso das mudanças climáticas.

A interação entre a biodiversidade e os elementos abióticos é responsável pela manutenção dos valiosos *serviços ecossistêmicos*, definidos como um conjunto de benefícios que os ecossistemas fornecem à humanidade (HEIN, 2006). Dentre eles estão os *serviços de fornecimento*, em que os ecossistemas geram alimento, água limpa, madeira e os mais diversos produtos derivados dos diferentes biomas. Outro exemplo são os *serviços de regulação* que reduzem as alterações ambientais, mantendo os meios biótico e abiótico relativamente estáveis, ao regular o clima ou controlar pestes e doenças (CONSTANZA, 2014). Assim, falar de biodiversidade é falar de todos os processos da biosfera, desde a atuação de produtores primários – plantas, algas e bactérias que captam a luz solar – até o desenvolvimento de complexos sistemas econômicos baseados no uso da biodiversidade.

Um estudo recém-lançado sobre a economia da biodiversidade tratou os ecossistemas como bens de capital trazendo três importantes diferenças aos bens produzidos: i) a depreciação é, em muitos casos, irreversível (ou, na melhor das hipóteses, os sistemas demoram muito para se recuperar); ii) não é possível replicar um ecossistema esgotado ou degradado; e iii) os ecossistemas podem entrar em colapso abruptamente, sem muito

41 Zootecnista e mestre em Produtividade e Qualidade Animal, ambos pela Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA/USP). Doutorando no Programa de Doutorado em Bioenergia pela Unicamp. Atuou como Extensionista Rural pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP). Atualmente é tecnólogo pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), estando à frente da Coordenação-Geral de Ciência para Bioeconomia (CGBE).

42 Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), mestre e doutora em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ. É consultora no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e pesquisadora no Grupo de Estudos em Bioeconomia (GEBio) da UFRJ.

aviso prévio (DASGUPTA, 2021). Essas diferenças servem de alerta para como devemos interagir com os nossos biomas.

O Brasil é um País megabiodiverso que detém cerca de 20% das espécies do planeta (INSTITUTO ESCOLHAS, 2021). Estima-se que 15% de toda a biodiversidade mundial esteja concentrada apenas no ecossistema amazônico (HUBBELL *et al.*, 2008). Apesar disso, o País sofre com um sério problema de desmatamento ilegal, o que ocorre majoritariamente no bioma mais biodiverso do mundo. Os vetores de degradação atuam com maior ou menor intensidade nos biomas brasileiros, sendo as mudanças no uso da terra, a expansão urbana, a poluição, a introdução de espécies exóticas invasoras e as obras de infraestrutura as principais ameaças às espécies e causas de extinção (BPBES, 2019).

Além da importância já citada do papel da biodiversidade nos processos regenerativos do planeta e na promoção dos serviços ecossistêmicos, a manutenção da biodiversidade no Brasil tem ainda outra motivação. Como colocado pela CNI (2020, p. 29): “O Brasil [...] pode se reinventar como superpotência tropical da biodiversidade, o que, forçosamente, ocorrerá a partir da conexão entre conhecimento e empreendedorismo”. A diversidade de recursos biológicos e genéticos no Brasil é um dos principais propulsores da *bioeconomia*, aqui compreendida como “toda a atividade econômica derivada de bioprocessos e bioprodutos que contribuem para soluções eficientes no uso de recursos biológicos – frente aos desafios em alimentação, produtos químicos, materiais, produção de energia, saúde, serviços ambientais e proteção ambiental – que promovem a transição para um novo modelo de desenvolvimento sustentável e de bem-estar da sociedade” (CGEE, 2020, p. 15).

O uso sustentável da biodiversidade pode ser uma *porta de entrada* para o desenvolvimento de novos produtos de alto valor agregado e sustentáveis, tais como fármacos, cosméticos, intermediários químicos e biopolímeros.

Apesar da importância e do potencial, a conservação e o uso sustentável de recursos da biodiversidade deparam-se com diversos desafios. O primeiro deles trata justamente do equilíbrio entre preservação e uso sustentável. A *bioeconomia da biodiversidade* vai demandar dos setores públicos e privados um esforço significativo na mudança de paradigma sobre a forma como a economia dos recursos naturais é feita. Soma-se, ainda, outra complexidade a esta equação, a *sociodiversidade*, que inclui a diversidade das culturas, das línguas, das cosmologias, da história, das técnicas, dos conhecimentos e práticas, das formas de percepção, classificação e tratamento do mundo, das comunicação e da organização social. O Brasil, além



de biologicamente diverso, é também sociodiverso: considerando apenas os povos indígenas, o País abriga 305 etnias e mais de 270 línguas diferentes (BPBES, 2019). Essa sociodiversidade não só precisa ser respeitada como também poderá integrar os processos da bioeconomia.

Outro importante desafio da bioeconomia da biodiversidade, este mais específico, trata da regulamentação sobre o acesso e uso do patrimônio genético (PG) e do conhecimento tradicional associado (CTA), com a devida repartição de benefícios. Apesar de o Brasil contar com a Lei da Biodiversidade desde 2015, pesquisadores e empresas ainda enfrentam obstáculos para realizar estudos e desenvolver produtos com base em espécies nativas (BRASIL, 2015). Existe espaço para melhorias que vão desde ações de gestão, capacitação e comunicação até alterações legais, regulatórias e de governança (INSTITUTO ESCOLHAS, 2021).

Em suma, a biodiversidade é um tema amplo que carrega desafios tanto para a sua conservação quanto para o uso do seu potencial econômico e social. Para enfrentar esses desafios, a CT&I é importante aliada. Somente por meio do conhecimento será possível encontrar um equilíbrio sustentável desta que é uma das maiores riquezas do País.

Referências

BPBES – Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos. **1º Diagnóstico brasileiro de biodiversidade & serviços ecossistêmicos**. São Carlos, SP: Ed. Cubo, 2019. 178 p. Disponível em: https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/09/BPBES_Completo_VF-1.pdf. Acesso em: 3 mar. 2021.

BRASIL Presidência da República. **Lei nº 13.123, 20 de maio de 2015**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13123.htm. Acesso em: 3 mar. 2021.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Oportunidades e Desafios na Bioeconomia**, proposta de observatório em Bioeconomia. 2020. 35 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_ODBIO_Prop_Obs_Bioec.pdf. Acesso em: 3 mar. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Bioeconomia e a indústria brasileira**. Brasília: 2020. 124 p. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/>

media/filer_public/cd/ed/cded4159-a4c5-474d-9182-dd901b317e1c/bioeconomia_e_a_industria_brasileira.pdf. Acesso em: 3 mar. 2021.

COSTANZA, R. *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. **Glob. Environ. Chang.**, v. 26, p. 152-158, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paul-Sutton/publication/262489570_Changes_in_the_global_value_of_ecosystem_services/links/5c4dbc7ea6fdccd6b5cd6b5cddbfa/Changes-in-the-global-value-of-ecosystem-services.pdf. Acesso em: 3 mar. 2021.

DASGUPTA, P. **The Economics of biodiversity:** the dasgupta review. HM Treasury, fev. 2021. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>. Acesso em: 3 mar. 2021.

HEIN, L. *et al.* Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. **Ecol. Econ.**, v. 57, p. 209-228, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ekko-Van-Ierland/publication/222704896_Spatial_Scales_Stakeholders_and_the_Valuation_of_Ecosystem_Services/links/00b7d53cb6d6c30ba1000000/Spatial-Scales-Stakeholders-and-the-Valuation-of-Ecosystem-Services.pdf. Acesso em: 3 mar. 2021.

HUBBELL, S. P. *et al.* How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct? **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 105, p. 11498-11504, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Hans-Ter-Steege/publication/23163844_How_many_tree_species_are_there_in_the_Amazon_and_how_many_of_them_will_go_extinct/links/09e4150ae024c579aa000000/How-many-tree-species-are-there-in-the-Amazon-and-how-many-of-them-will-go-extinct.pdf. Acesso em: 3 mar. 2021.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Destravando a agenda da Bioeconomia:** soluções para impulsionar o uso sustentável dos recursos genéticos e conhecimento tradicional no Brasil, 2021. 17 p. Disponível em: <https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Destravando-a-agenda-da-Bioeconomia-recursos-gen%C3%A9ticos-e-conhecimento-tradicional-no-Brasil-Sum%C3%A1rio-Executivo-.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2021.



2.8. Saúde: o domínio temático com maior dispersão de *clusters*

As condições de saúde e inovações na área são imprescindíveis para que haja uma melhoria na qualidade de vida da população, priorizando para a comunidade científica questões como busca por vacinas, medicamentos e aparelhos cada vez mais eficazes, além de estudos para o descobrimento da cura para as doenças já conhecidas e as emergentes.

No que se refere à CT&I, vários setores dependem de uma estratégia única para o seu desenvolvimento. A saúde é um deles, tendo em vista que os princípios da equidade, da universalidade, da integralidade, princípios do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil, refletem o compromisso que a ciência e a tecnologia têm de proporcionar benefícios decorrentes dos conhecimentos científicos e tecnológicos à população global.

Além disso, o setor da saúde é dotado de particularidades que decorrem de sua aproximação com as demandas básicas da sociedade, que o condicionam à identificação de temáticas prioritárias à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico e à consequente necessidade de estruturação e incorporação dos novos conhecimentos e de novas tecnologias ao SUS. Não por menos, a Constituição Federal inclui, como atribuições do SUS, o incremento do desenvolvimento científico e tecnológico em sua área de abrangência. Além disso, a Lei nº 9.639/1998 (BRASIL, 1998), alterada pela Medida Provisória nº 2.143/2001 (BRASIL, 2001), determina que a área de ciência e tecnologia faz parte das competências do Ministério da Saúde (MS). Portanto, a ciência, tecnologia e inovação tornaram-se fundamental ao desenvolvimento e melhoria na Saúde Pública do cidadão brasileiro.

Dito isso, vale notar que a produção científica brasileira, nas áreas da saúde, dobrou sua participação na produção mundial nas duas últimas décadas, refletindo um crescimento constante liderado por algumas áreas de pesquisas sobre os vírus Zika e HIV, saúde mental, tratamentos oncológicos inovadores (MACHADO, 2020). Ressalta-se que as Ciências da Saúde são parte relevante da produção científica brasileira.

Conforme visto anteriormente, a produção brasileira registrada na WoS concentra-se fortemente nas ciências médicas e biomédicas. Ao considerar os 35 principais agrupamentos analisados nestas publicações, 15 deles estão relacionados com alguma área e/ou tema de pesquisa em Saúde, além daqueles indiretamente relacionados devido a objetos de pesquisa compartilhados, como *Violência de gênero*, *Nanopartículas*, *Educação*, *Biodiversidade*, entre outros.

Além disso, ao se aplicar filtros e métricas de centralidade com o objetivo de reduzir as complexidades e ampliar a compreensão das relações entre os agrupamentos temáticos, observa-se que *Saúde Pública*, além de ocupar a quinta posição entre principais *cluster* em termos de volume de artigos, é o mais central na rede, em termos de influência ou prestígio em relação à rede como um todo,⁴³ acompanhado de *Atenção primária à saúde*.

Nesse contexto, apresentam-se, a seguir, os principais resultados da análise desses dois *clusters* temáticos identificados na rede da produção científica brasileira de 2015 a maio de 2020.

Países com colaboração	
Estados Unidos	579
Portugal	304
Inglaterra	265
Canadá	207
Espanha	204
França	150
Israel	133
Austrália	129
Alemanha	105
Itália	95
Suíça	94



Imagem 4 – Distribuição dos países coautores na produção científica brasileira do *cluster* *Atenção primária à saúde* e nuvem de termos

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Obs.: artigos: 8.133; e países: 142.

⁴³ Métrica definida pelo uso e aplicação da centralidade de autovetor.



Países com colaboração	
Estados Unidos	1.403
Inglaterra	535
Canadá	427
Portugal	366
Austrália	365
França	358
Espanha	341
Alemanha	293
Itália	274
Israel	198
Holanda	195



Imagem 5 – Distribuição dos países coautores na produção científica brasileira do cluster Saúde Pública e nuvem de termos

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Obs.: artigos: 10.336; e países: 147.

Distribuição por países conforme as instituições de origem dos autores dos artigos

Em ambos os *clusters*, embora haja importante colaboração internacional, maior no caso de *Saúde Pública* do que em *Atenção primária à saúde*, a produção científica é majoritariamente de autores com filiação institucional nacional.

Em termos de parceiras nas produções, os EUA, Portugal e França aparecem entre os cinco principais países segundo a origem institucional dos autores. No *cluster Saúde Pública*, a colaboração com autores dos EUA é três vezes maior do que o segundo país de origem dos autores parceiros; em *Atenção primária à saúde*, esse percentual é praticamente o dobro (imagem 4 e 5).

Principais instituições brasileiras segundo a origem dos autores

Quanto à filiação institucional dos autores dos artigos que compõem os dois *clusters*, a instituição nacional de origem dos autores que mais se destaca, em ambos, é a USP, seguidas por UFRGS, UFMG e UFRJ. Em *Atenção primária à saúde*, a UFMG ocupa o segundo lugar (quadros 6 e 7).

Quadro 6 – Principais instituições vinculadas aos autores dos artigos do cluster Saúde Pública

Saúde Pública: instituições brasileiras segundo a origem dos autores	
1.	Universidade de São Paulo (USP)
2.	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
3.	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
4.	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
5.	Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Quadro 7 – Principais instituições vinculadas aos autores dos artigos do cluster Atenção primária à saúde

Atenção primária à saúde: Instituições brasileiras segundo a origem dos autores	
1.	Universidade de São Paulo (USP)
2.	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
3.	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
4.	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
5.	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Principais revistas científicas

Em *Saúde Pública*, os três principais periódicos científicos são os seguintes: *Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*, *Ciência & Saúde Coletiva* e *Plos ONE*. Os dois primeiros de origem nacional



e o terceiro sediado na Califórnia, EUA. Os periódicos *Revista Brasileira de Enfermagem* e *Ciências & Saúde Coletiva*, por sua vez, são os principais no *cluster Atenção primária à saúde* (gráficos 16 e 17).

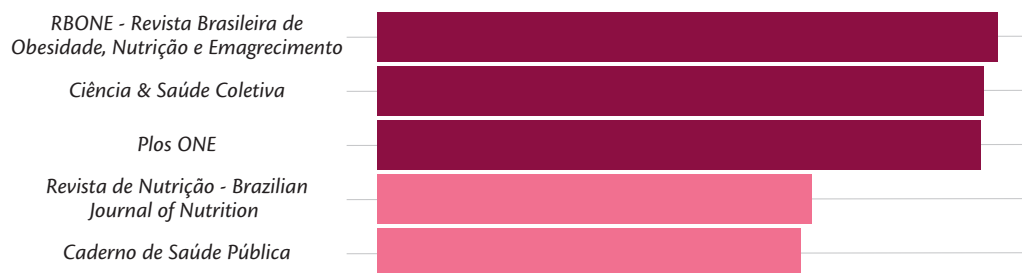


Gráfico 15 – Revistas com maior número de artigos do *cluster Saúde Pública*

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

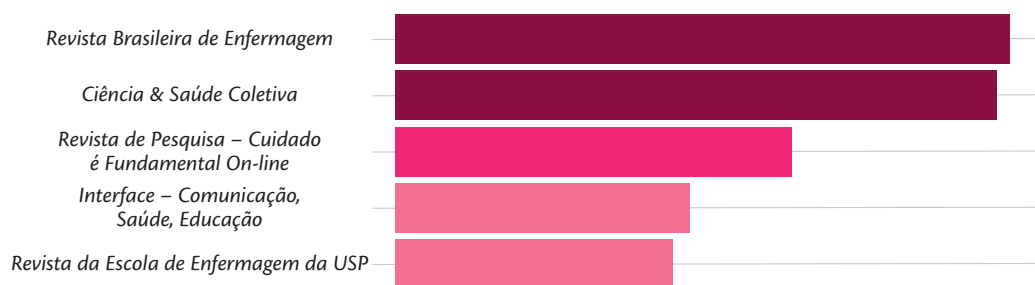


Gráfico 16 – Revistas com maior número de artigos do *cluster Atenção primária à saúde*

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Áreas de pesquisa mais frequentes

A tabela 5 apresenta as áreas de pesquisa, segundo a classificação da WoS, mais frequentes no interior dos dois *clusters*. Em *Saúde Pública*, destaca-se a ampla presença de artigos indexados na área *Nutrition & Dietetics* (1.532 artigos) e *Public, Environmental & Occupational Health* (1.130).

Em *Atenção primária à saúde*, os destaques são nas áreas *Public, Environmental & Occupational Health* (2.191 artigos) e *Nursing* (2.099).

Tabela 5 – Áreas de pesquisa com maior número de artigos dos clusters Saúde Pública e Atenção primária à saúde

Saúde Pública		
Posição	Área	Frequência
1	Nutrição e dietética	1.532
2	Saúde Pública, ambiental e ocupacional	1.130
3	Endocrinologia e metabolismo	702
4	Medicina geral e interna	476
5	Sistema cardiovascular e cardiologia	456
Atenção primária à saúde		
Posição	Área	Frequência
1	Saúde Pública, ambiental e ocupacional	2.191
2	Enfermagem	2.099
3	Ciências e serviços da saúde	366
4	Medicina geral e interna	339
5	Negócios e economia	313

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Linha do tempo: produção científica em Saúde

Objetos de pesquisa mais frequentes por ano

Nas linhas do tempo apresentadas nos gráficos 17 e 18, é possível observar as palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem cada *cluster*.⁴⁴

⁴⁴ Os anos médios da linha do tempo de 2015 a 2020 concentram-se, sobretudo, em 2017. O ano médio é calculado pela média aritmética ponderada, quer dizer, multiplica-se cada valor do conjunto de dados (ano) pelo seu peso (frequência das palavras-chave). Para cada conjunto de palavras-chave, foi designado um subgrupo para que se facilite a identificação de temas recorrentes no interior de determinado *cluster*.



Linha do tempo: produção científica em Saúde Pública

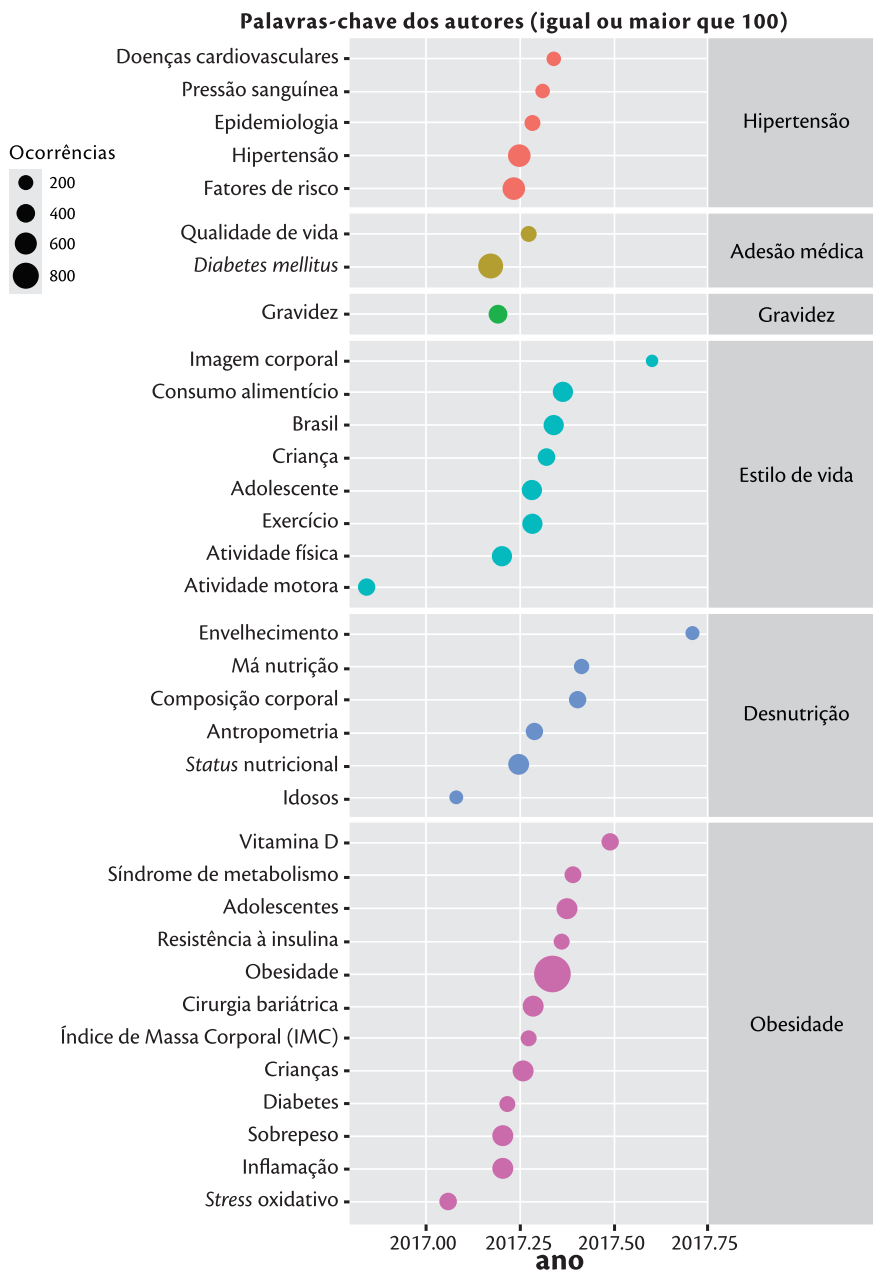


Gráfico 17 – Distribuição das palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o cluster Saúde Pública, por ano

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Linha do tempo: produção científica em Atenção primária à saúde



Gráfico 18 – Distribuição das palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o *cluster* Atenção primária à saúde, por ano

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

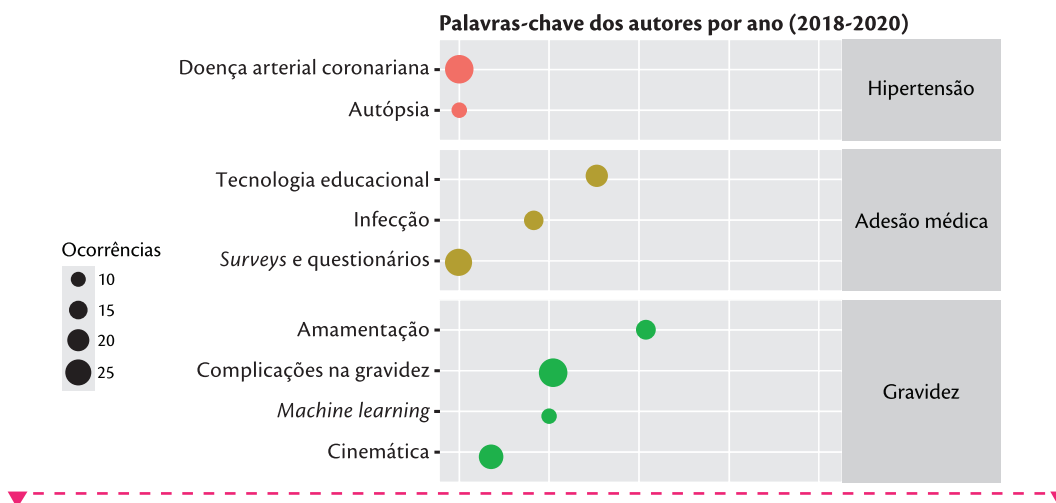


Em *Saúde Pública*, os principais termos revelam pesquisas centradas em temas relacionados a doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, síndrome metabólica, hipertensão, além da relação do estilo de vida com essas enfermidades – como hábitos alimentares, prática de exercícios, imagem corporal e qualidade de vida – na infância, na adolescência e na gravidez.

No *cluster Atenção primária à saúde*, destaca-se importante subgrupo sobre *Saúde primária*, abordando discussões sobre políticas públicas, avaliação, gestão e educação na área de saúde, além do tema SUS. Igualmente importante, são os objetos de pesquisa relacionados à saúde mental e à segurança do paciente, uma nova disciplina na área da Saúde que enfatiza o relato, a análise e a prevenção do erro médico e os eventos adversos deles decorrentes.

Termos quentes: algumas tendências

Em *Saúde Pública*, chama a atenção, entre os termos mais recentes nas publicações (2018 e 2019), o termo tecnologia educacional, no subgrupo de *Adesão médica*. Em temas relacionados à *Gravidez*, têm-se estudos sobre complicações na gravidez, como, por exemplo, cinemática, alterações do equilíbrio e postura, que ampliam a taxa de acidentes por queda, e na amamentação. Os impactos do consumo de comida ultraprocessada destacam-se no tema sobre *Estilo de vida* (gráfico 19).



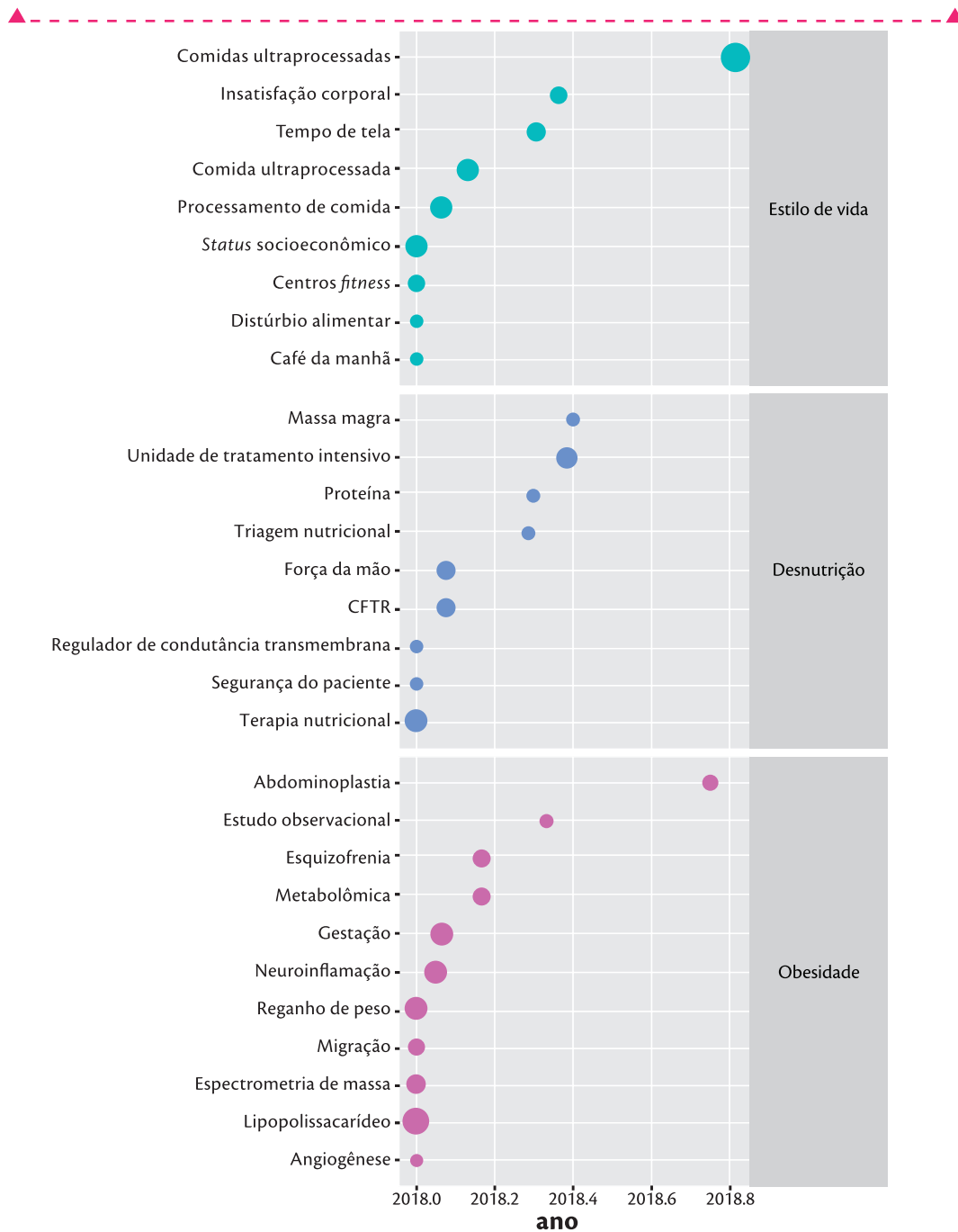


Gráfico 19 – Distribuição das palavras-chave dos artigos compõem o cluster Saúde Pública, nos dois últimos anos

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.



Gráfico 20 – Distribuição das palavras-chave dos artigos que compõem o *cluster Atenção primária à saúde*, nos dois últimos anos

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Ainda no *cluster Saúde Pública*, ao se reduzir o número de ocorrências de palavras-chave, o termo ECR (ensaios clínicos randomizados do inglês *randmized clinical trial*) chama atenção pela significativa frequência em ano médio recente. Esse tipo de método, considerado o padrão-ouro para determinação de efeito de uma terapêutica, está sendo muito discutido no atual contexto da pandemia (gráfico 21).

No que se refere à *Atenção primária à saúde*, destaca-se, pela frequência relativamente alta nos anos recentes, as palavras-chave relacionadas à simulação clínica ou ensino simulado; padrões de terminologias para procedimentos e intervenções na saúde, em especial na área de enfermagem; além de participação comunitária, doenças crônicas e treinamento profissional (gráfico 22).

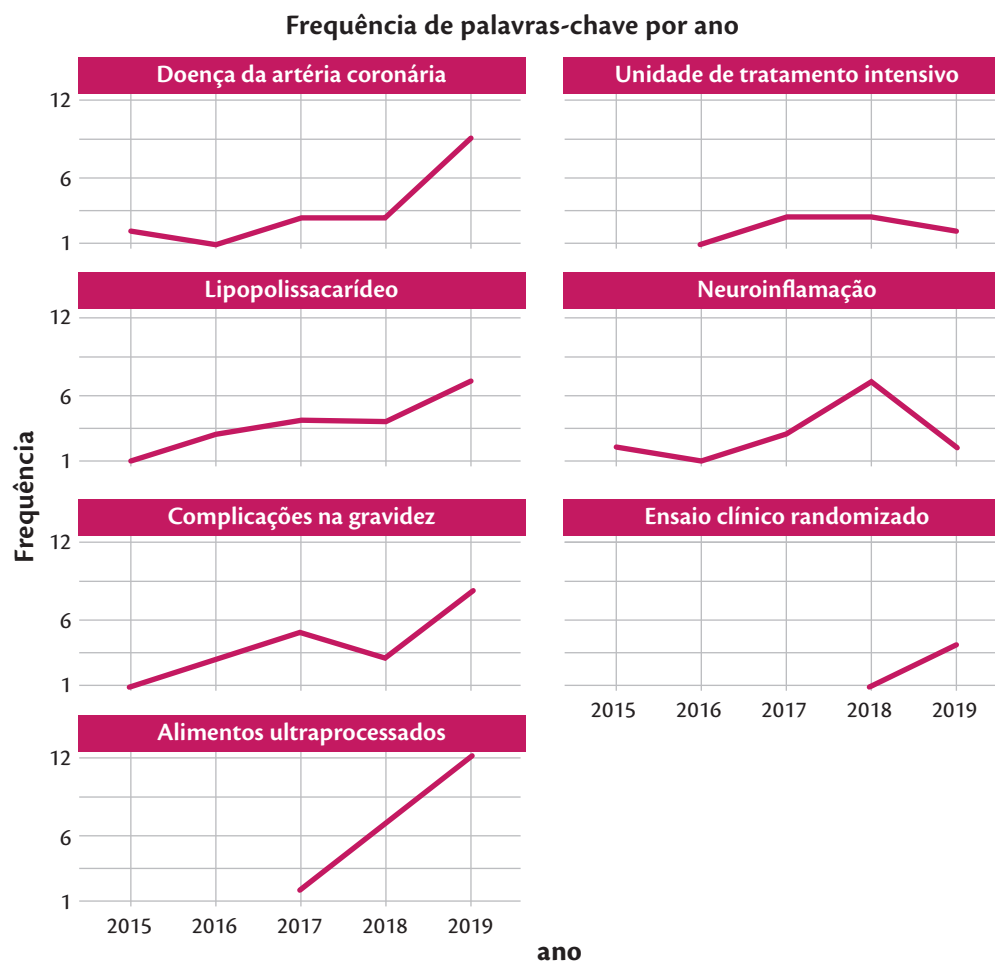


Gráfico 21 – Frequência de palavras-chave por ano, *cluster Saúde Pública*

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

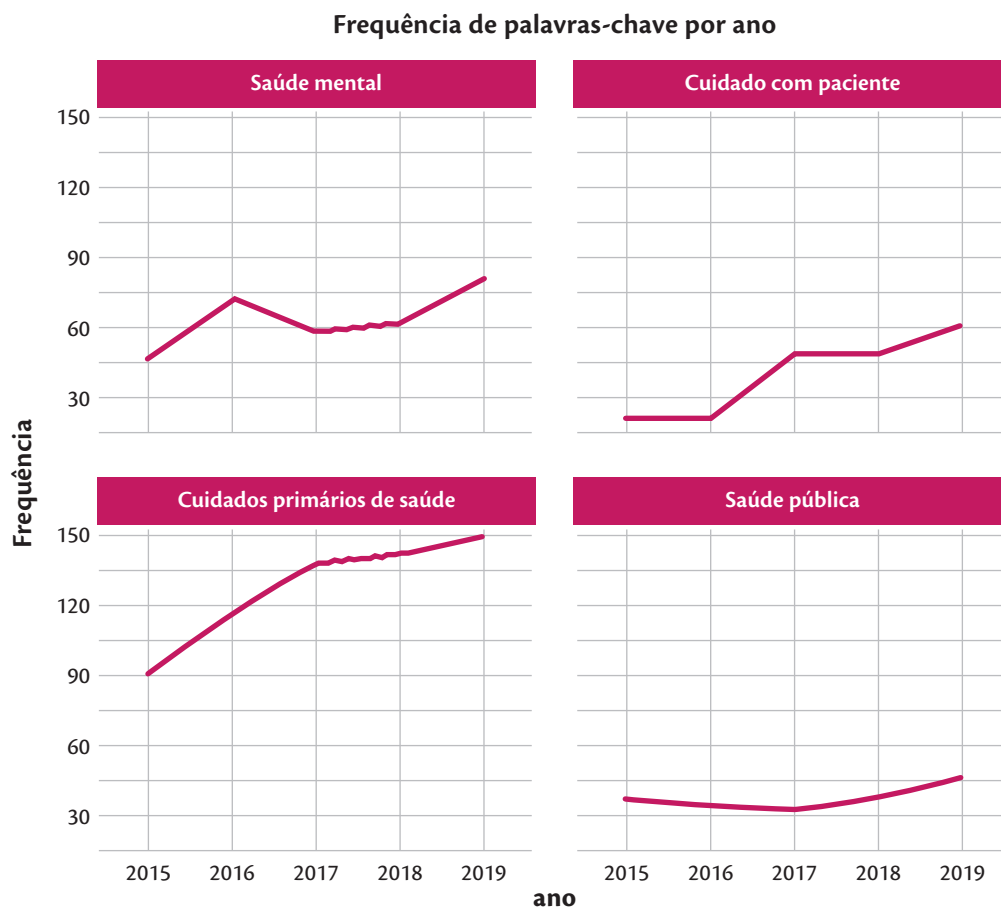


Gráfico 22 – Frequência de palavras-chave por ano, cluster Atenção primária à saúde

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Destacam-se também pela indexação recente palavras-chave relacionadas ao cuidado da criança fora do domicílio e à transmissão de doenças nas creches e pré-escolas. Observa-se também certa tendência em estudos que mesclam novas tecnologias com a área de saúde – como o uso de técnicas de *machine learning* no reconhecimento de padrões e análise de imagens, por exemplo – bem como *ehealth* (subagrupamento telessaúde). Nota-se certa tendência em estudos que mesclam novas tecnologias com a área de saúde, bem como treinamento de recursos humanos. Entre as palavras-chave com frequência de indexação igual ou superior a 100, observa-se a tendência alta das palavras-chave *mental health*, *patient safety*, *public health* e *primary health care*.

Diagramas estratégicos

Os gráficos 23 e 24 apresentam diagramas estratégicos⁴⁵ que contribuem para identificação das forças temáticas dos dois *clusters* em saúde analisados aqui.

Em Saúde Pública, no quadrante superior à direita, estão os temas motores do agrupamento, altamente conectados entre si – obesidade, sobrepeso, cirurgia bariátrica, saúde da criança e do adolescente. No quadrante inferior à esquerda, considerados os temas declinantes ou emergentes, o foco está em estudos sobre gravidez e saúde neonatal, bem como doenças crônicas e epidemiologia.

Diagramas estratégicos dos *clusters* Saúde Pública e Atenção primária à saúde

Em *Saúde Pública*, no quadrante superior à direita, onde estão os temas considerados motores, com altas métricas de densidade e centralidade, destaca-se um conjunto de termos relacionados à saúde da criança e do adolescente, à obesidade e à cirurgia bariátrica. No quadrante superior esquerdo referente a temas altamente desenvolvidos ou específicos, há forte concentração em estudos sobre nutrição e antropometria, que se ocupam em analisar os aspectos genéticos e biológicos do corpo humano, bem como condições e determinantes da saúde do idoso. No quadrante referente a temas emergentes ou declinantes, inferior à esquerda, há um enfoque em saúde na gravidez; em saúde neonatal e em paralisia cerebral (gráfico 24).

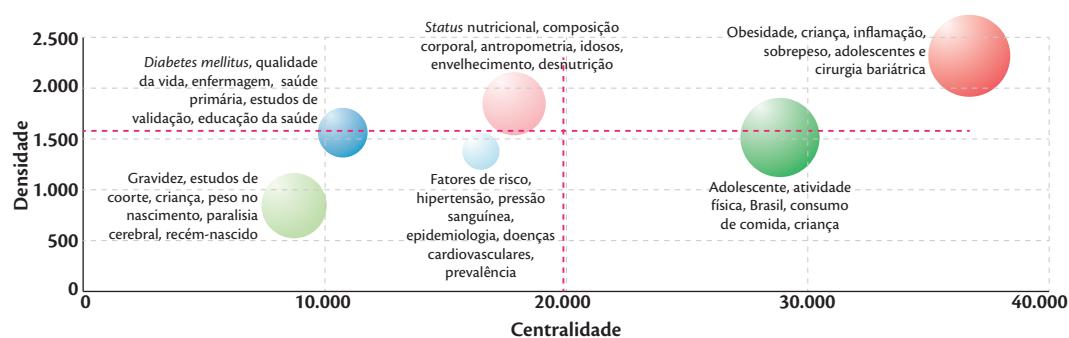


Gráfico 23 – Diagrama estratégico do *cluster* Saúde Pública

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

⁴⁵ Para maiores informações sobre essa abordagem de análise, veja nota metodológica no Anexo 3.



Como temas motores, em *Atenção primária à saúde*, destacam-se termos relacionados à educação na área de enfermagem, segurança do paciente e ao SUS. Neste *cluster*, *qualidade de vida e políticas públicas*, no quadrante inferior direito, aparecem como os temas transversais (gráfico 23).

No quadrante inferior esquerdo, em temas enquadrados como emergentes ou declinantes, aparecem termos relacionadas à saúde da mulher, gravidez e cuidados pré-natal, além de telemedicina e telessaúde. No centro do diagrama, é possível identificar um subgrupo que lida com as temáticas de saúde da família, saúde da criança e do adolescente e doenças crônicas, temas também presentes no *cluster Saúde Pública*.

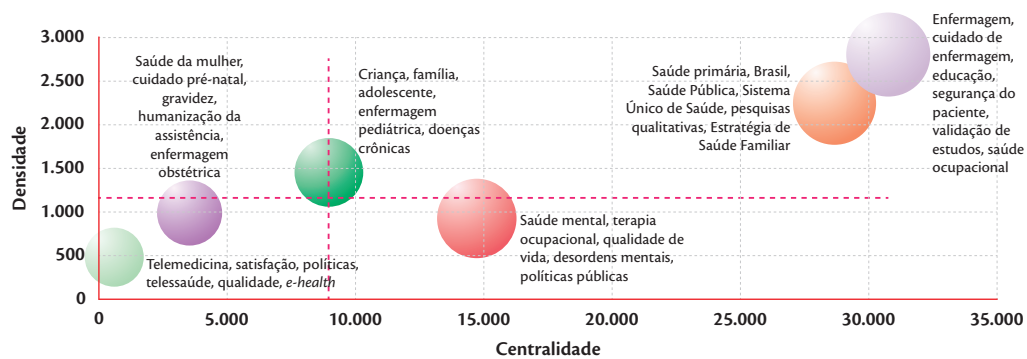


Gráfico 24 – Diagrama estratégico do cluster Atenção primária à saúde

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

As tabelas 6 e 7 apresentam os 10 artigos mais citados nos *clusters Saúde Pública e Atenção primária à saúde*, bem como o número de citações e de DOI de cada publicação.

Tabela 6 – Top 10: artigos mais citados em Saúde Pública

Artigos mais citados	Nº de citações	DOI
ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. T. Cederholm, R. Barazzoni, P. Austin, P. Ballmer, G. Biolo, S. Bischoff, C. Compher, I. Correia, T. Higashiguchi, M. Holst, G. Jensen, A. Malone, M. Muscaritoli, I. Nyulasi, M. Pirlich, E. Rothenberg, K. Schindler, S. Schneider, M. A. E. de van der Schueren, C. Sieber, L. Valentini, J. Yu, A. van Gossum, P. singer Clinical nutrition (2017)	561	10.1016/j.clnu.2016.09.004
ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery. A. Weimann, M. Braga, F. Carli, T. Higashiguchi, M. Hübner, S. Klek, A. Laviano, Olle Ljungqvist, D. Lobo, R. Martindale, D. Waitzberg, S. Bischoff, P. singer Clinical nutrition (2017)	506	10.1016/j.clnu.2017.02.013

Artigos mais citados	Nº de citações	DOI
<p>International Consensus on Use of Continuous Glucose Monitoring T. Danne, R. Nimri, T. Battelino, R. Bergenstal, Kelly L. Close, J. DeVries, S. Garg, L. Heinemann, I. Hirsch, Stephanie A. Amiel, R. Beck, E. Bosi, B. Buckingham, C. Cobelli, E. Dassau, Francis J. Doyle, S. Heller, R. Hovorka, Weiping Jia, Tim Jones, O. Kordonouri, B. Kovatchev, A. Kowalski, L. Laffel, D. Maahs, H. Murphy, K. Nørgaard, C. Parkin, E. Renard, B. Saboo, M. Scharf, W. Tamborlane, S. Weinzimer, M. Phillip Diabetes Care (2017)</p>	499	10.15388/INFEDU.2016.03
<p>Obesity and vitamin D deficiency: a systematic review and meta analysis M. Pereira-Santos, P. F. Costa, A. Assis, C. A. T. Santos, D. B. Santos Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity (2015)</p>	349	10.1111/obr.12239
<p>Ultra-processed foods and the nutritional dietary profile in Brazil M. Louzada, A. Martins, D. Canella, L. Baraldi, R. Levy, R. Claro, Jean-Claude Moubarac, G. Cannon, C. Monteiro Revista de Saúde Pública (2015)</p>	225	10.1590/S0034-8910.2015049006132
<p>Association between maternal age at childbirth and child and adult C. Fall, H. Sachdev, C. Osmond, M. C. Restrepo-Méndez, C. Victora, R. Martorell, A. D. Stein, Shikha Sinha, N. Tandon, L. Adair, Isabelita N. Bas, S. Norris, L. Richter The Lancet. Global health (2015)</p>	224	10.1016/S2214-109X(15)00038-8
<p>PCSK9 genetic variants and risk of type 2 diabetes: a mendelian randomisation study A. F. Schmidt, D. Swerdlow, M. Holmes, R. Patel, Z. Fairhurst-Hunter, D. Lyall, F. Hartwig, B. Horta, E. Hyppönen, C. Power, M. Moldovan, E. V. van Iperen, G. Hovingh, I. Demuth, K. Norman, E. Steinhagen-Thiessen, Juri Demuth, L. Bertram, T. Liu, S. Coassin, J. Willeit, S. Kiechl, K. Willeit, D. Mason, J. Wright, R. Morris, Goya Wanamethee, P. Whincup, Y. Ben-Shlomo, Stela McLachlan, J. Price, M. Kivimaki, C. Welch, A. Sanchez-Galvez, P. Marques-Vidal, A. Nicolaidis, A. Panayiotou, N. C. Onland-Moret, Y. T. van der Schouw, G. Matullo, G. Fiorito, S. Guarrera, C. Sacerdote, N. Wareham, C. Langenberg, R. Scott, J. Luan, M. Bobak, S. Malyutina, A. Pajak, R. Kubínová, A. Tamosiunas, H. Pikhart, L. Husemoen, N. Grarup, O. Pedersen, T. Hansen, A. Linneberg, K. Simonsen, J. Cooper, S. Humphries, M. Brilliant, Terrie E. Kitchner, H. Hakonarson, David S Carrell, C. McCarty, H. L. Kirchner, E. Larson, D. Crosslin, M. de Andrade, D. Roden, J. Denny, Cara Carty, Stephen Hancock, J. Attia, E. Holliday, M. O'Donnell, S. Yusuf, Michael Chong, G. Paré, P. van der Harst, M. A. Said, R. N. Eppinga, N. Verweij, H. Snieder, T. Christen, D. Mook-Kanamori, S. Gustafsson, L. Lind, E. Ingelsson, R. Pazoki, O. Franco, A. Hofman, A. Uitterlinden, A. Dehghan, A. Teumer, S. Baumeister, M. Dörr, M. Lerch, U. Völker, H. Völzke, Joey Ward, J. Pell, D. Smith, T. Meade, A. H. Maitland-van der Zee, E. V. Baranova, R. Young, I. Ford, A. Campbell, S. Padmanabhan, M. Bots, D. Grobbee, P. Froguel, D. Thuillier, B. Balkau, A. Bonnefond, B. Cariou, M. Smart, Y. Bao, M. Kumari, A. Mahajan, P. Ridker, D. Chasman, A. Reiner, L. Lange, M. Ritchie, F. Asselbergs, Juan-Pablo Casas, B. Keating, D. Preiss, A. Hingorani, N. Sattar The lancet. Diabetes & endocrinology (2017)</p>	215	10.1016/S2213-8587(16)30396-5



Artigos mais citados	Nº de citações	DOI
<p>Ultraprocessed food consumption and risk of overweight and obesity: the University of Navarra Follow-Up (SUN) cohort study R. Mendonça, A. Pimenta, A. Gea, C. De la Fuente-Arrillaga, M. Martínez-González, A. Lopes, M. Bes-Rastrollo The American journal of clinical nutrition (2016)</p>	204	10.3945/AJCN.116.135004
<p>Availability, affordability, and consumption of fruits and vegetables in 18 countries across income levels: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study V. Miller, S. Yusuf, Clara K. Chow, M. Dehghan, Daniel J Corsi, K. Lock, B. Popkin, S. Rangarajan, R. Khatib, S. Lear, Prem K Mony, M. Kaur, V. Mohan, K. Vijayakumar, R. Gupta, A. Kruger, L. Tsolekile, N. Mohammadifard, O. Rahman, A. Rosengren, Á. Avezum, A. Orlandini, N. Ismail, P. López-Jaramillo, Afzalhussein Yusufali, K. Karşıdağ, Roohi Iqbal, J. Chifamba, S. P. Oakley, F. Ariffin, K. Zatońska, P. Poirier, Li Wei, Bo Jian, C. Hui, L. Xu, Bai Xiulin, K. Teo, A. Mente The Lancet. Global health (2016)</p>	176	10.1016/S2214-109X(16)30186-3
<p>GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition - A consensus report from the global clinical nutrition community T. Cederholm, G. Jensen, M. Correia, M. C. Gonzalez, R. Fukushima, T. Higashiguchi, G. Baptista, R. Barazzoni, R. Blaauw, A. Coats, A. Crivelli, D. Evans, L. Gramlich, V. Fuchs-Tarlovsky, H. Keller, L. Llido, A. Malone, K. M. Mogensen, J. Morley, M. Muscaritoli, I. Nyulasi, M. Pirlich, V. Pisprasert, M. A. E. de van der Schueren, S. Siltharm, P. singer, K. Tappenden, N. Velasco, D. Waitzberg, P. Yamwong, J. Yu, A. van Gossun, C. Clinical nutrition,(2019)</p>	-	10.1515/ling-2015-0010

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

Tabela 7 – Top 10: artigos mais citados em Atenção primária à saúde

Artigos mais citados	Nº de citações	DOI
<p>The Brazilian health system at crossroads: progress, crisis and resilience A. Massuda, T. Hone, Fernando Antônio Leles, M. C. de Castro, R. Atun BMJ Global Health (2018)</p>	100	10.1136/bmjgh-2018-000829
<p>"Mais Médicos": a Brazilian program in an international perspective Felipe Proença de Oliveira, T. Vanni, H. Pinto, Jerzey Timóteo Ribeiro Santos, A. Figueiredo, Sidlei Queiroga de Araújo, Mateus Falcão Martins Matos, Eliana Goldfarb Cyrino Interface (Botucatu) vol.19 no.54 Botucatu jul./set. 2015</p>	88	10.1590/1807-57622014.1142
<p>Family Health Strategy Coverage in Brazil, according to the National Health Survey, 2013 D. Malta, M. A. S. Santos, S. R. Stopa, José Eudes Barroso Vieira, E. Melo, Ademar Arthur Chioro dos Reis Ciencia & saude coletiva (2016)</p>	87	10.1590/1413-81232015212.23602015

Artigos mais citados	Nº de citações	DOI
The health care model: concepts and challenges for primary health care in Brazil Hosanna Patrig Fertonani, D. E. P. Pires, Daiane Biff, M. Scherer Ciência & Saúde Coletiva (2015)	87	10.1590/1413-81232015206.13272014
Mais Medicos Program: an effective action to reduce health inequities in Brazil L. Santos, A. Costa, S. Girardi Ciência & Saúde Coletiva (2015)	85	10.1590/1413-812320152011.07252015
Burnout, anxiety, depression, and social skills in medical residents K. Pereira-Lima, S. Loureiro Psychology, health & medicine (2015)	76	10.1080/13548506.2014.936889
Child health and nutrition in Peru within an antipoverty political agenda: a Countdown to 2015 country case study L. Huicho, E. Segura, Carlos A. Huayanay-Espinoza, Jessica Niño de Guzman, M. C. Restrepo-Méndez, Y. Tam, A. Barros, C. Victora The Lancet. Global health (2016)	71	10.1016/S2214-109X(16)00085-1
Strengthening health systems in low-income countries by enhancing organizational capacities and improving institutions R. C. Swanson, R. Atun, A. Best, A. Betigeri, Francisco de Campos, Somsak Chunharas, T. Collins, G. Currie, S. Jan, D. Mccoy, F. Omaswa, D. Sanders, T. Sundararaman, W. Van Damme Globalization and Health (2015)	64	10.1186/s12992-015-0090-3
Health, access to services and sources of payment, according to household surveys F. Viacava, J. G. Bellido Ciencia & saude coletiva (2016)	53	10.1590/1413-81232015212.19422015
The Development of the National Health Survey in Brazil, 2013 G. N. Damacena, C. Szwarcwald, D. Malta, P. D. S. Júnior, Maria Lúcia França Pontes Vieira, Cimar Azeredo Pereira, Otaliba Libânio de Morais Neto, J. Júnior Epidemiologia e Serviços de Saúde (2015)	11	10.5123/S1679-49742015000200002

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.



Nota de especialista

Desafios de gestão na pesquisa em Saúde

Alerino Silva Filho⁴⁶

Raquel Coêlho⁴⁷

É inegável a importância da Saúde Pública, afinal seu conceito e suas finalidades abrangem ações totalmente voltadas ao bem-estar e à melhoria das condições de vida de indivíduos e comunidades. Quando se refere à pesquisa em saúde, os temas estudados no Brasil possuem convergências com muitos outros países, entretanto características próprias do País – como dimensões continentais, diferenças regionais e desigualdades sociais e econômicas – tornam o mapeamento das demandas da sociedade brasileira imprescindíveis à formulação de políticas públicas e à gestão na área (SANTOS *et al.*, 2019).

Esse é um dos grandes desafios das atividades de pesquisa e da gestão em saúde, aliado a outros, como a necessidade de conciliar e integrar as evidências científicas às práticas na área. Além disso, ressaltam-se dois importantes aspectos: investimentos compatíveis aos objetivos pretendidos; e percepção da sociedade sobre os benefícios diretos da ciência e da tecnologia.

Sobre esses aspectos, pesquisadores e gestores de ciência e tecnologia estão apreensivos com o futuro do setor no Brasil. O orçamento do principal órgão de fomento à pesquisa no País, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por exemplo, tem sofrido grandes cortes nos últimos tempos. Em 2020, a execução orçamentária foi da ordem de R\$ 1,14 bilhão. Se retrocedemos 20 anos, vemos que o relatório de gestão da agência apontava dispêndios anuais da casa dos R\$ 500 milhões (CNPq, 2001). Esse valor, corrigido pela inflação, é de R\$ 2,6 bilhões nos dias de hoje. Ainda que as agências de fomento estaduais (as Fundações de Amparo à Pesquisa – FAP) tenham tido papel importante, consolidando-se nas duas últimas décadas como parceiros óbvios no cofinanciamento de ações, as principais linhas de pesquisas, ainda, dependem fortemente das agências federais.

Mas por que o orçamento do CNPq tem reduzido consistentemente? Um possível causa pode estar relacionada à percepção da sociedade sobre o desenvolvimento científico e

⁴⁶ Tem formação na área de Administração Pública com ênfase em Planejamento de Ciência e Tecnologia do Instituto de Educação Superior de Brasília (IESB). Atualmente é assessor da Diretoria de Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde. Atuou como coordenador de parcerias estaduais, coordenador de estatísticas e indicadores e secretário executivo da Comissão Lattes.

⁴⁷ Graduada em Engenharia Química, mestre em Bioquímica e doutora em Ciências Biológicas pela UFPE. Analista em Ciência e Tecnologia Sênior do CNPq, onde é coordenadora-geral do Programa de Pesquisa em Saúde desde 2007.

tecnológico e ao apelo dessa e de outras causas para o público brasileiro. Quanto maior atração do público pelo tema, maior a probabilidade de atrair também a classe política, que, por sua vez, define o aporte de recursos ao orçamento do órgão.

De forma geral, há uma valorização das ações com resultado imediato. Todavia a ciência, quase que por definição, é construída paulatinamente. Afinal, o conhecimento científico avança com base em um conhecimento maturado e solidificado pelo tempo.

Isso é particularmente válido para o momento atual. Atravessamos uma pandemia grave, sobre a qual se conhecia pouco ou nada, e a saída dependerá mais da ciência do que de qualquer outra atividade humana. O papel da CT&I é lembrado sempre que a sociedade sofre algum grande revés. Anteriormente à pandemia de Covid-19, tivemos também os casos de microcefalia e outras decorrências do vírus Zika nos últimos cinco anos. Em ambos, a emergência nacional gerada pelo crescimento exponencial de contágios foi impactante o suficiente para romper as dificuldades orçamentárias oriundas do insulamento governamental. Recursos extraordinários foram votados, ministérios tiveram que construir negociações para viabilizar o lançamento de chamadas e encomendas, e a comunidade científica mobilizou-se e conseguiu apresentar alguns resultados.

Mesmo sendo estratégica para o País, a área de saúde também sofre com a escassez de recursos da pasta de Ciência e Tecnologia. *Como fazer com que a ciência e tecnologia não seja chamada apenas para apagar incêndios? Como nos preparar para enfrentar problemas e dar respostas mais rápidas e assertivas?*

Nesse sentido, cabe destacar a atuação do Ministério da Saúde que, nos últimos 18 anos, tem mantido uma profícua parceria com o CNPq e dedicado recursos expressivos, todos os anos, para implementação de uma agenda de prioridades de pesquisa. Essa atuação tem sido mais focada, como a experiência de dois bem-sucedidos programas frutos dessa parceria, o Programa de Pesquisa para o Sistema Único de Saúde (PPSUS) e o Programa de Treinamento em Epidemiologia Aplicada aos Serviços do Sistema Único de Saúde (EPISUS).

O primeiro é inovador: os temas de pesquisa são sempre definidos em oficinas de prioridades e tendem a responder a problemas de saúde locais. Congrega pesquisadores, financiadores e gestores (CNPq, Ministério da Saúde, as FAPs e as secretarias de saúde dos estados), potencializando a eventual absorção dos resultados alcançados.

O segundo é um programa destinado a capacitar profissionais especializados na investigação de surtos e eventos epidemiológicos inesperados. Foi criado pelo MS para suprir uma



necessidade, uma carência de profissionais que atuassem em regime de dedicação exclusiva. Com mais de 10 anos de execução em parceria com o CNPq, esse programa já está em sua 17ª turma de treinandos.

Ambos têm relativamente baixo custo, com alto potencial de impacto. Em tempos de pandemias, são dois importantes aliados no fortalecimento do SUS. São exemplos que podem surtir efeito pedagógico às agências de fomento, a redefinirem algumas de suas estratégias de ação.

Considerando todos esses pontos, mapear e analisar o conteúdo e os resultados científicos e tecnológicos fornecem subsídios diretos tanto para uma gestão qualificada, quanto para a construção de formas efetivas de comunicação da ciência. Essa última atua como um remédio direto para a falta de conhecimento e reconhecimento da sociedade quanto à proximidade e aos impactos da CT&I das demandas sociais.

Perspectivas

Refletindo mais amplamente sobre gestão em CT&I, experiências recentes na implementação de políticas e programas colocaram em questionamento as reais fragilidades do Sistema de Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). Diferentes perguntas foram apresentadas aos gestores, com o intuito de fortalecê-lo, ainda mais em períodos de crise. Formação de pessoal qualificado? Condições adequadas para fazer pesquisas, como aquisição de insumos e equipamentos? Regularidade e continuidade de investimentos? Objetivos e aspirações das ações implementadas? Melhores práticas de gestão? Enfim, questões cujas respostas influenciam diretamente na construção e na gestão de políticas públicas e reforçam a necessidade de mecanismos qualificados de monitoramento e avaliação do SNCTI.

O FNDCT, por exemplo, ganhou uma segunda oportunidade com o Projeto de Lei nº 177/2021 (BRASIL, 2021), que proíbe contingenciamentos. Essa sobrevivência do projeto vem acompanhada de um Termo de Ajuste de Conduta: o Modelo de Avaliação Global (MAG). Este modelo propõe 30 indicadores quantitativos e qualitativos, que abordam desde a formação de recursos humanos até o empreendedorismo e a inovação. É um avanço dentro da necessidade de tornar mensuráveis os resultados obtidos, que ajudará na melhor definição de prioridades e no seu acompanhamento.

No caso do CNPq, a maior parte de suas ações são as mesmas dos últimos 30, 40 anos, com pouca modernização nos seus objetivos ao longo de décadas. Seu carro-chefe, a bolsa de

Produtividade em Pesquisa (PQ), com orçamento na casa dos R\$ 300 milhões anuais, é tida como um dos principais instrumentos de estímulo à excelência em pesquisa. Em recente artigo de Ioannidis (2020), que propôs uma lista dos 100 mil pesquisadores mais influentes do mundo, foi possível constatar a presença de 600 brasileiros. Desses, 526 são ou já foram bolsistas PQ do CNPq, destes mais de 300 conseguiram chegar ao nível máximo (1A). Esses números apontam para uma sinalização de impactos promovidos pelas políticas de fomento à pesquisa, que promovem o posicionamento de cientistas brasileiros entre o conjunto com influência dentro do contexto científico e tecnológico global.

Outro exemplo, as bolsas de mestrado e doutorado custam à agência mais de R\$ 400 milhões/ano, *16 vezes o valor anual investido com recursos próprios no Edital Universal*, maior iniciativa de financiamento a projetos do conselho. O fato é que CNPq e Capes destinam aproximadamente 90% de seus orçamentos ao pagamento de bolsas. Esse é um instrumento fundamental para propiciar a formação e o engajamento de pesquisadores qualificados. Entretanto a falta de correspondência dos valores das bolsas com as respectivas correções monetárias causa problemas para que existam condições materiais plenas ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Um cenário mais equilibrado permitiria obter resultados que demonstrem, de forma mais palatável, à sociedade que a ciência e a tecnologia promovem, de fato, o desenvolvimento econômico e social do País.

Grandes desafios de gestão estão postos. *A pesquisa na área de saúde realizada no País é bastante sólida e produtiva*, segundo as métricas consagradas pela cientometria: publicação de artigos científicos, formação de mestres e doutores, pesquisas clínicas, entre outros. Ao se pensar sobre as pesquisas na área, percebe-se que foi aquela com mais representantes na lista de pesquisadores mais influentes, com mais de 200 nomes no *ranking*. Países parecidos com o Brasil em termos de desenvolvimento científico, como a Índia, já têm a própria vacina para Covid-19. Com recursos extraordinários oriundos de medidas provisórias, o MCTI mobilizou suas agências (CNPq e Finep) no lançamento de chamadas e encomendas e, também, temos vários candidatos vacinais.

Feito o dever de casa, é preciso uma comunicação mais assertiva para que a sociedade consiga entender a importância dos resultados alcançados por cientistas, tecnólogos e atue como defensora de investimentos para o setor. As agências têm trabalhado em iniciativas de convergência e interoperabilidade, o que poderá trazer maior racionalidade às ações e



melhor gestão dos investimentos e dos resultados. SBPC e ABC têm envidado esforços na popularização da ciência e na aproximação com a sociedade, mas é possível fazer mais e com a participação de mais atores.

No cenário atual, é preciso mais do que nunca combater a falta de informação científica. Com recursos em declínio, há urgência em inovar. Apresentar e compreender os resultados das pesquisas realizadas é fundamental para garantir que os orçamentos possam ser recompostos e aumentados. *Como exposto acima, é importante que as agências de fomento e os demais parceiros sejam eficazes em suas ações aos olhos da sociedade, condição sine qua non para que continuem apoiando o desenvolvimento do País, em especial na área de saúde.*

Os autores registram agradecimento ao professor Og de Souza, diretor de Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde do CNPq, pelo inestimável apoio e inspiração na elaboração deste texto.

Referências

BRASIL. Presidência da República. **Lei Complementar nº 177 de 12 de janeiro de 2021**. Altera a Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000, para vedar a limitação de empenho e movimentação financeira das despesas relativas à inovação e ao desenvolvimento científico e tecnológico custeadas por fundo criado para tal finalidade, e a Lei nº 11.540, de 12 de novembro de 2007, para modificar a natureza e as fontes de receitas do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), e incluir programas desenvolvidos por organizações sociais entre as instituições que podem acessar os recursos do FNDCT. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LCP/Lcp177.htm. Acesso em: 7 fev. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq. **Relatório de gestão institucional**. Brasília: 2001. Disponível em: http://centrodememoria.cnpq.br/relatorio_gestao_2001.pdf. Acesso em: 24 mar. 2021.

GRANJA, Cintia; CARNEIRO, Ana Maria. O programa Ciência sem Fronteiras e a falha sistêmica no ciclo de políticas públicas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas**

em Educação, v. 29, p. 183-205, mar. 2021. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40362021000100183&nrm=isso. Acesso em: 24 mar. 2021.

IOANNIDIS, John P. A.; BOYACK, Kevin W.; BAAS, Jeroen. Updated science-wide author databases of standardized citation indicators. **PLOS Biology**, v. 18, out. 2020. Disponível em: https://storage.googleapis.com/plos-corpus-prod/10.1371/journal.pbio.3000918/1/pbio.3000918.pdf?X-Goog-Algorithm=GOOG4-RSA-SHA256&X-Goog-Credential=wombat-sa%40plos-prod.iam.gserviceaccount.com%2F20210418%2Fauto%2Fstorage%2Fgoog4_request&X-Goog-Date=20210418T234957Z&X-Goog-Expires=3600&X-Goog-SignedHeaders=host&X-Goog-Signature=5443d58273413f2e237e7b4111838a34974c018c99270462bb01f7e7boef66a-8fa2c6cb5ce8dfcodf16beb5112baccoe4eff643c60e6e2b5ceff27faca894cb74469be1396b73910c-c23efb7dc20b7edf4f935529b2a64f2f363badd7ca35d16855aebc9af1ffbe1de4c398e05425ba-475332docaeabfcc1be21f2ccodsfe558bbcd183cd76c404d401fe2ae6ce63d5ed7b849d2a29894b41a-9d8245f60c5ef4af652b8699138a395d8bobe33e44faf8557d33a98a1d52a5ee2b687747aa6892fc4e-c6d173935fb04727ad1db7278f4a8f5a680b3e030d8966393b7a948353870a1cbf4cf50ebf21bc4cc-23970535c28b06eb91bf2e3fd15e1adf7c11bb3e8ca. Acesso em: 24 mar. 2021.

SANTOS, Alethele de Oliveira; BARROS, Fernando Passos Cupertino de; DELDUQUE, Maria Célia. A pesquisa em saúde no Brasil: desafios a enfrentar. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. spe5, p. 126-136, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042019001000126&lng=en&nrm=isso. Acesso em: 24 mar. 2021.

Outros destaques

Dada a riqueza dos 35 *clusters* já analisados, além dos dois agrupamentos e um domínio temático apresentados (*Educação*, *Biodiversidade* e *Saúde*), outros *clusters* foram selecionados pela sua importância estratégica seja no contexto específico brasileiro, como a Agropecuária, seja no âmbito mais amplo de se pensar as novas fronteiras do desenvolvimento tecnológico e a inovação, como as temáticas envolvidas em Nanotecnologia. Esses temas, inclusive, também são citados entre as prioridades em projetos de desenvolvimentos científicos, tecnológicos e de inovação discriminadas na Portaria nº 1.122, de 19 de março de 2020 (BRASIL, 2020a), do MCTI. Além disso, merece também atenção um foco mais específico na área de pesquisa de Engenharias.



Agropecuária: o desenvolvimento científico e tecnológico da semente à mesa

A Agropecuária representa um campo estratégico por diferentes razões: pela sua conexão com o desenvolvimento econômico do País, por ser uma área de intensa experimentação e aplicação tecnológica e pela sua conexão com o desenvolvimento e a garantia de segurança alimentar da população. Dois *clusters* do conjunto de artigos analisados pelo OCTI apresentam dados que permitem uma caracterização do desenvolvimento científico e tecnológico recente dessa atividade: o de *Pecuária e aquicultura* e o de *Agricultura e irrigação*.

Esses dois *clusters* apresentam características similares, como o tamanho de documentos (10.911 e 10.556, respectivamente), a alta presença de artigos publicados entre pesquisadores vinculados a instituições brasileiras, com destaque para instituições de ensino superior, como a Universidade Federal de Viçosa, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Federal de Santa Maria.

Quanto ao recorte temático, os dois *clusters* apresentam diferenciações que podem elucidar os comportamentos vistos nas pesquisas de ambos. Em *Pecuária e aquicultura*, por exemplo, destacam-se nas áreas de Medicina Veterinária, Ciência e Tecnologia Alimentícia, Química e microbiologia, enquanto o *cluster Agricultura e irrigação* volta-se para os estudos em áreas, como agricultura, silvicultura, entomologia, genética e hereditariedade e bioquímica e biologia molecular.

Os estudos em pecuária trazem ao conjunto de artigos discussões e inovações envolvendo reprodução, crescimento, ganho de peso, qualidade do corte, digestão animal, nutrição, *performance* e produção de leite. Além disso, chama atenção os estudos de microbiologia e medicina veterinária também presentes nesses agrupamentos, trabalhando questões, como saúde animal, aplicações de biotecnologia, ganho de resistência imunológica e comportamento animal.

É interessante notar a presença de estudos no *cluster Pecuária e aquicultura* que abordam diretamente a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Nesses artigos, aparecem temáticas envolvendo, principalmente, a seca e o déficit de água ligados a alterações na saúde animal e na sua qualidade nutricional (gráfico 25).

Tais temas também são abordados com força no agrupamento de *Agricultura e irrigação*. Nesse sentido, estudos de climatologia aparecem para apoiar inovações genéticas e tecnológicas no melhoramento das plantações. A gestão hídrica, nesse *cluster*, aparece com ainda maior destaque, dada sua importância para a atividade agrícola.

Também em *Agricultura e irrigação*, a análise do OCTI consegue observar artigos tratando sobre cultivo, controle biológico, diversidade genética e taxonomia (gráfico 26).

Nos artigos sobre cultivo na agricultura, a gestão e o controle de doenças ganham destaques, assim como o uso de novas ferramentas tecnológicas. Já os documentos sobre controle biológico buscam identificar e caracterizar ameaças às lavouras, assim como apresentar meios de combatê-las.

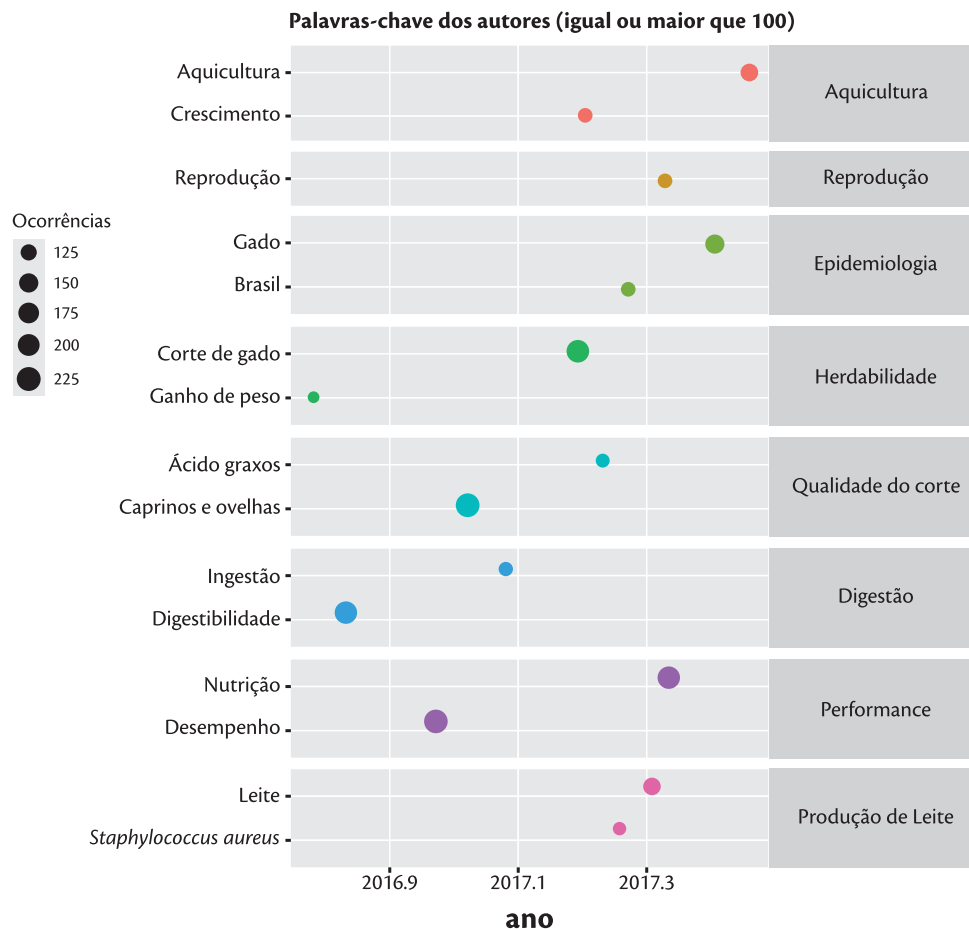


Gráfico 25 – Distribuição das palavras-chave dos artigos do *cluster Pecuária e aquicultura*, por ano

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

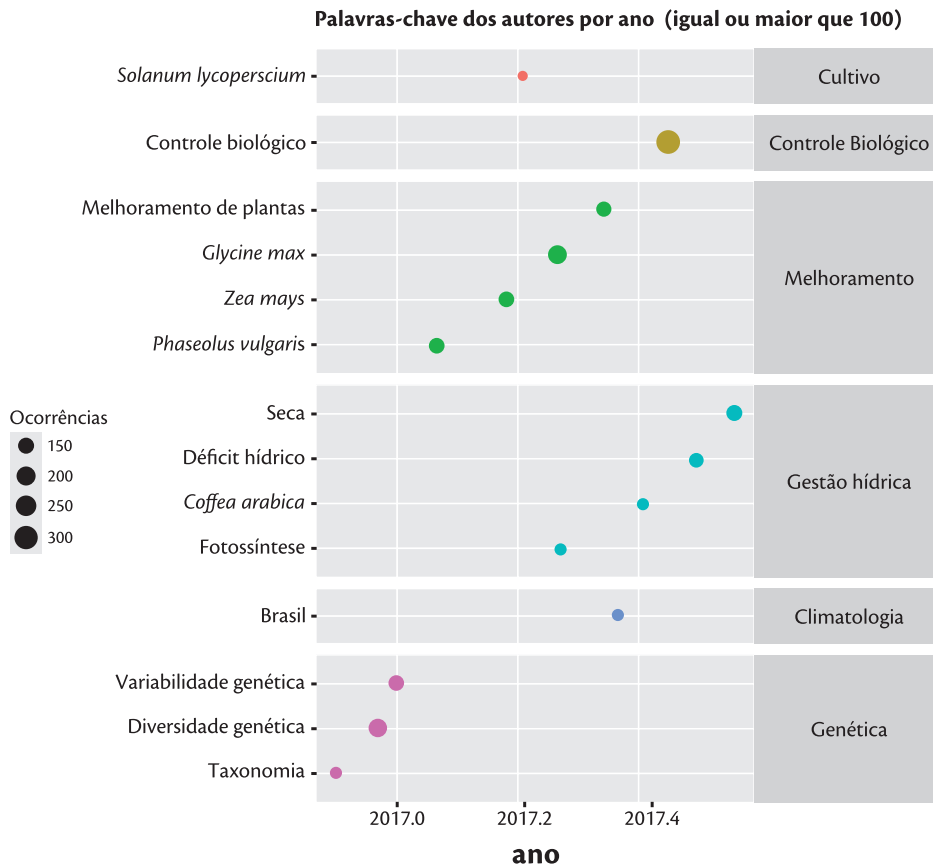


Gráfico 26 – Distribuição das palavras-chave dos artigos do *cluster Agricultura e irrigação*, por ano

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Nanopartículas: o presente e o futuro

A nanotecnologia é um segmento da ciência que está ligado ao estudo e à manipulação de elementos e materiais – como o carbono, o silício, o fósforo, a prata e o ouro – em uma escala molecular ou atômica. Entretanto, longe de ser algo restrito a experiências laboratoriais, os frutos dos desenvolvimentos dessa área têm sido usado em campos da física, química e biologia, além de muitos setores, como saúde, indústria têxtil, agricultura, entre tantas outras aplicações tecnológicas, como a fabricação

de eletrônicos e cosméticos. As possibilidades, a partir desse novo olhar da ciência sobre antigos elementos, estão apenas começando.

Entre os 35 principais *clusters* temáticos formados a partir da rede de artigos da produção científica brasileira nos últimos cinco anos, segundo a WoS, o terceiro lugar, em termo de número de publicações, refere-se a *Nanopartículas*, um campo científico de nanotecnologia. Os artigos com participação brasileira nesse domínio temático estão muito relacionados a áreas, como: Química, no tocante às publicações referentes a processos eletroquímicos, ciência dos materiais, quando analisam nanomateriais; e Física, ao descrever propriedades físicas das partículas e processos físicos associados.

A figura 16 apresenta o mapa da ciência de Nanotecnologia. Ele foi gerado a partir do mesmo conjunto de dados e evidencia esses relacionamentos ao mostrar que as maiores e mais relacionadas áreas de pesquisa são Química, Ciência dos materiais e Física com 6.751, 6.715 e 3.398 artigos, respectivamente.

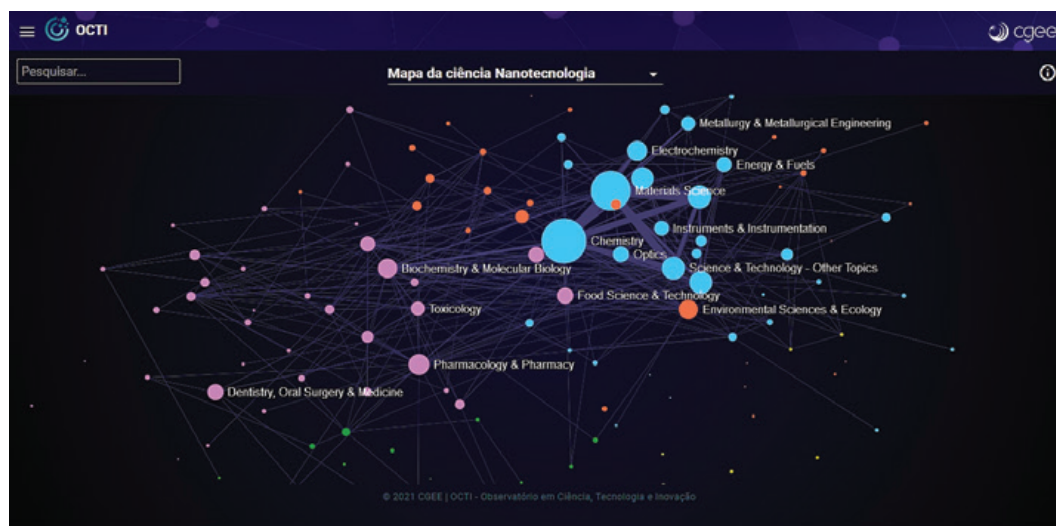


Figura 16 – Mapa da ciência de *Nanotecnologia*

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Ao considerar os cerca de 12 mil artigos constantes no *cluster Nanopartículas*, os países com os quais o Brasil teve maior índice de colaboração foram Estados Unidos, França e Espanha, tendo cerca de 9,06%, 5,54% e 4,94 de participação, respectivamente. Entre a participação de instituições brasileiras, pode-se destacar a Universidade de São Paulo, a Universidade Federal de São Carlos, a Universidade Estadual de Campinas e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



Conforme pode ser observado no diagrama estratégico presente no gráfico 27, o grupo de palavras presentes no quadrante de temas motores no período 2015-2017, formados por termos que estão muito associados internamente a temas altamente centrados (quadrante superior direito), contém vocábulos como nanopartículas de prata, atividade antibacteriana e microscopia eletrônica de transmissão (MET), o que pode indicar assuntos relacionados a análises laboratoriais modernas de materiais, como polímeros, semicondutores ou, até mesmo, amostras biológicas.

Outro subgrupo que merece destaque contém os termos nanotubo de carbono, nanocompósitos e grafeno, que estão relacionados à busca científica de novos materiais que tenham estruturas moleculares que os permitam revolucionar áreas da construção civil por terem uma extraordinária condução térmica, alto fator de transmissão de energia, além de grande resistência física.

O diagrama estratégico do período 2018-2020, presente no gráfico 28, mostra mais *clusters* que se evidenciam dos demais: o primeiro inclui os termos nanotoxicologia e nanopartículas de ouro e prata, o que pode indicar publicações relativas aos estudos dos efeitos toxicológicos desses nanomateriais nos sistemas biológicos; já o segundo engloba os termos fotoluminescência e propriedades magnéticas e ópticas, as quais se relacionam com a análise de fenômenos de adsorção de compostos químicos por materiais semicondutores.

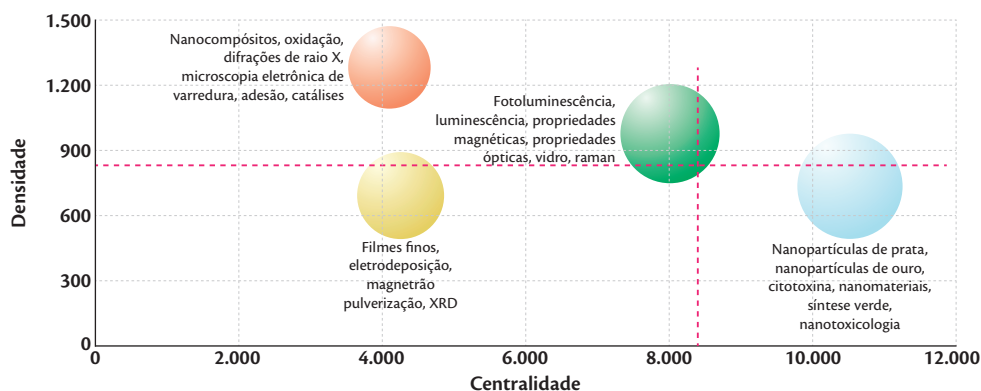


Gráfico 27 – Diagrama estratégico do *cluster Nanopartículas* (2015 a 2017)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

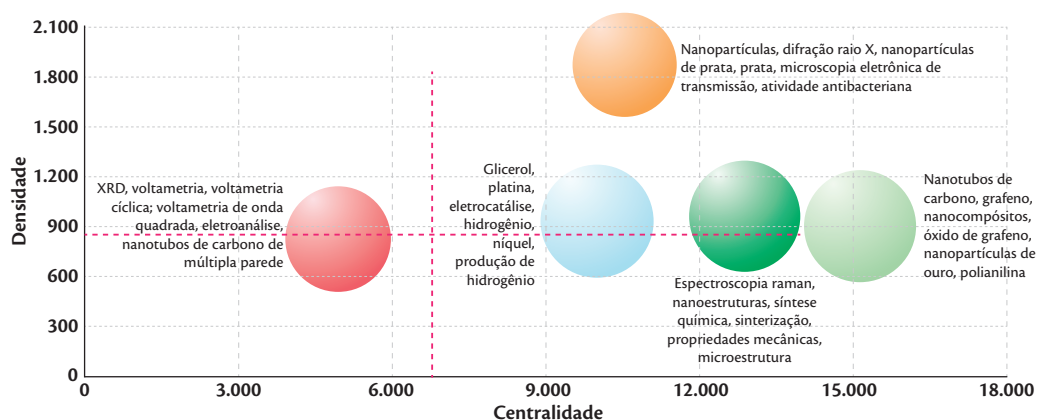


Gráfico 28 – Diagrama estratégico do cluster Nanopartículas (2018 a 2020)

Fonte: Web of Science, dados extraídos em maio de 2020.

As engenharias desenvolveram pesquisas com aplicações em diferentes contextos temáticos

Nos artigos indexados para a área de pesquisa de Engenharias, a principal em termos de volume de publicações no Brasil,⁴⁸ diferentes temáticas destacam-se. A rede exibida na figura 17 apresenta a coocorrência das principais palavras-chave das publicações na área, entre os anos de 2015 e maio de 2020, e seus principais subgrupos temáticos. Essa técnica permite compreender o contexto das pesquisas produzidas na área, em específico sobre a preferência de estudos por parte das instituições nacionais.

Para o desenvolvimento da rede, foram selecionadas as palavras com recorrência mínima em 10 artigos científicos. Dessa forma, os termos sugerem os objetos de maior atenção por parte dos pesquisadores nas diferentes engenharias nos últimos cinco anos, pelo critério de indexação. Divididas em seis grandes *clusters*, as temáticas apontam para aplicações com grande potencial tecnológico no País (figura 17). O quadro 8 apresenta os principais termos e linhas de pesquisa segundo esses seis *clusters*.

⁴⁸ As engenharias apresentam o maior número de artigos indexados, com participação de instituições brasileiras, entre os anos de 2015-2020. Vale comentar que as áreas de pesquisa não representam os clusters ou agrupamentos temáticos, pois esses combinam diferentes áreas no seu interior.

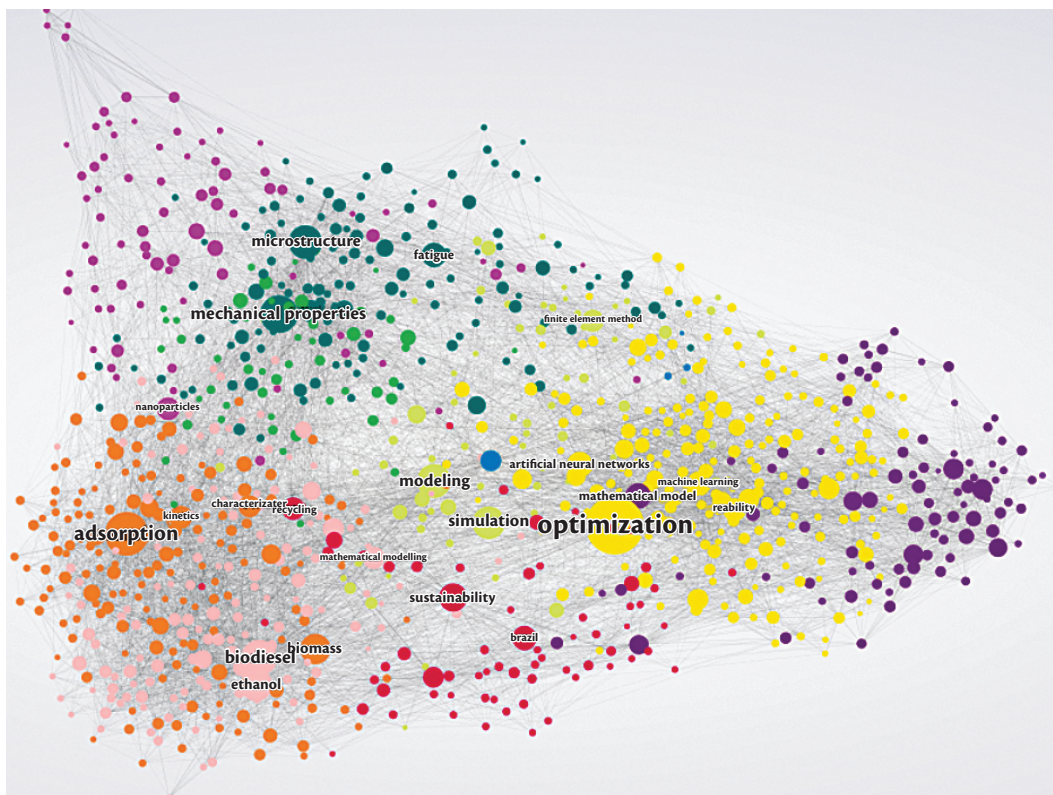


Figura 17 – Rede de coocorrência de palavras-chave em artigos indexados na área de pesquisa *Engenharia* (até maio de 2020). Recorrência mínima de 10 vezes

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Quadro 8 – Principais termos e linhas de pesquisa dos seis principais clusters da rede de coocorrência de palavras-chave em artigos indexados na área de pesquisa Engenharia (2015-2020)

Cluster temático, segundo a cor	Principais termos	Linha de pesquisa
Vermelho	Gestão de resíduos, bioetanol, aquecimento global, mudanças climáticas, produção limpa, pegada de carbono, ecoeficiência, cadeia de suprimento verde, resíduos sólidos, economia circular.	Sustentabilidade
Laranja	Adsorção, biomassa, pirólise, ultrafiltração, <i>design</i> experimental, tratamento de águas residuais, degradação, foto.	Transformação e Química

Cluster temático, segundo a cor	Principais termos	Linha de pesquisa
Roxo	Geração de energia distribuída, sistemas de distribuição, energias renováveis, <i>microgrids</i> , veículos elétricos, eletrônica de potência, controle de voltagem, qualidade de energia, apagão, capacitores.	Sistemas de energia
Amarelo	Rede neural artificial, <i>machine learning</i> , internet das coisas, <i>deep learning</i> , algoritmo genético, modelagem computacional, reconhecimento de padrões, processo estocástico, biometria, visão computacional, processamento digital de imagem.	Otimização
Verde Escuro	Microestrutura, propriedades mecânicas, compósitos, nanotubos de carbono, fadiga, corrosão, cerâmica, recristalização, alumínio, soldagem, aço inoxidável, ligas de titânio, grafeno, mistura asfáltica.	Materiais
Lilás	<i>Laser</i> , zircônia, reparação óssea, biomateriais, vidros bioativos, implante dentário, citotoxicidade, <i>drug delivery</i> , hidrogel, fotobiomodulação, <i>scaffold</i> , células troncos, periodontite.	Bioengenharia

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.



Nota de especialista

O que são os nanomateriais e os impactos das tecnologias associadas para a sociedade

Oswaldo Luiz Alves⁴⁹

Os nanomateriais podem ser considerados como sendo o *coração* das Nanotecnologias e das Nanociências (N&N). Isso se configura em função de suas propriedades físico-químicas únicas, decorrentes e dependentes de sua escala de tamanho nanométrico (1nm = 10⁻⁹ m), composição, morfologia, topologia e, sem qualquer exagero, de seu método de obtenção. Tais características contribuem para determinar uma interface natural entre Química, Física, Biologia e Engenharia, *pavimentando* assim a emergência da interdisciplinaridade, multidisciplinaridade e, até mesmo, da transdisciplinaridade.

Como consequência, os nanomateriais têm aberto ampla faixa de possibilidades de aplicação em várias áreas da Ciência e da Tecnologia. Entre elas, destacam-se meio ambiente, geociências, ecologia, computação, saúde, biomedicina, doenças infecciosas, agricultura e medicina clínica. Ao colocá-los resumidamente em outros termos, pode-se dizer que se trata, basicamente, da interação de três elipses: i) Medicina e Biologia (Biofarma); e ii) Engenharia (Infotech) e Química, Física e Ciências dos Materiais (Nanotech), em que as interfaces de recobrimento geram atividades de desenvolvimento de fármacos e ferramentas de diagnóstico, nanodispositivos, nanossensores e nanoeletrônica, manufatura molecular, nanomateriais avançados para energia e comunicações, entre outras.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) fez uma precificação das atividades ligadas ao mercado mundial dos insumos nanotecnológicos (nanomateriais e nanodispositivos) em US\$ 7,24 bilhões no ano de 2017 e estima, para 2025, algo da ordem de US\$ 24,56 bilhões. Esses dados precisam ser conferidos, devidos aos efeitos danosos da pandemia de Covid-19 na economia mundial, sendo mister uma reavaliação dessa estimativa.

Pode-se depreender desse quadro que os nanomateriais estão no *ponto de partida* de importantes atividades científicas e tecnológicas. De fato, muitos deles já fazem parte de

⁴⁹ Professor titular do Instituto de Química da Unicamp, coordenador científico do Laboratório de Química do Estado Sólido do IQ-Unicamp e coordenador da Cátedra de Nanociência e Nanotecnologia do Instituto de Estudos Avançados do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) do Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Cimatec).

nosso cotidiano, dado estarem *embarcados* nos mais diferentes produtos comerciais, desde cosméticos e fármacos, passando por eletrônicos e até em iluminação.

Entre as famílias de nanomateriais frequentemente utilizados, tanto em pesquisa básica quanto nas aplicações, destacam-se: *quantum dots*, fulerenos, nanotubos de carbono, grafeno e óxido de grafeno, nanotubos inorgânicos, nanopartículas metálicas e mais recentemente a família das perovskitas. Para a produção desses nanomateriais são utilizadas as mais diferentes técnicas de preparação, denominadas: *top-down* (TD) e *bottom-up* (BU). No caso da TD, pode-se destacar o uso das técnicas que utilizam o atrito e a moagem e, ainda, diferentes tipos de litografia. No que se refere a BU, geralmente as mais utilizadas e baseadas em procedimentos em fase líquida, há destaque para síntese hidrotérmica, coprecipitação, processamento sol-gel, microemulsões, síntese por micelas reversas, síntese por micro-ondas, síntese por ultrassom e métodos que fazem uso de *templates*.

Como não poderia deixar de ser, dada a pervasividade das nanotecnologias, pode-se esperar que os nanomateriais venham a ter um impacto significativo para o homem e para o meio ambiente.

Vale destacar que os nanomateriais têm propriedades físico-químicas diferentes quando comparados à sua contraparte na escala macroscópica. Em decorrência dessa constatação, o entendimento das interações de nanomateriais com biosistemas passou a ser de crucial importância e, pelo fato de estarmos frente a novos paradigmas, não puderam ser abarcados no interior dos alicerces da toxicologia clássica, sendo necessária a criação de uma nova disciplina: a Nanotoxicologia. Esta nova disciplina é a base da chamada *Science for Regulation*, pois objetiva fornecer dados científicos que não só subsidiarão a regulação, mas também as questões afeitas à nanossecurança das nanotecnologias e, por conseguinte, irão garantir que o desenvolvimento científico, tecnológico e mercadológico ocorram de modo seguro e responsável.

2.9. Cinco anos da ciência brasileira: visão panorâmica (2015 a 2020)

Em 2020, o OCTI investiu na sistematização dos dados relativos à ciência brasileira em uma das mais importantes bases indexadoras internacionais, a Coleção Principal WoS.



Trata-se de um vasto universo de dados coletados, relativos aos mais de 300 mil artigos publicados por pesquisadores sediados em instituições brasileiras de pesquisa e de ensino entre 2015 e maio de 2020. A análise foi feita por meio da extração dos metadados desses artigos, o que permitiu a identificação dos principais assuntos, das áreas de pesquisa mais frequentes, de algumas tendências no interior dos grandes *clusters* temáticos identificados, das principais colaborações internacionais, entre outras.

Em seu escopo e objetivos, trata-se de um mapeamento de abrangência inédita, capaz de propiciar à comunidade científica, aos gestores e ao público em geral uma forma nova de observação da ciência de ponta produzida no Brasil. Além disso, o sentido do mapeamento, na contramão das análises segmentadas e/ou interessadas em apenas alguns assuntos ou disciplinas, é justamente trazer uma visão do conjunto da ciência brasileira, com ênfase em suas relações recíprocas, mesmo que, à primeira vista, suas várias especializações possam parecer distantes ou mesmo indiferentes umas das outras.

Com base no exposto até aqui, pode-se afirmar que o sistema da ciência – e os dados da ciência brasileira corroboram esse ponto – é um universo heterogêneo e desigual, conformado por centros e periferias, porém internamente conectado e com relações significativas entre todos os campos do conhecimento.

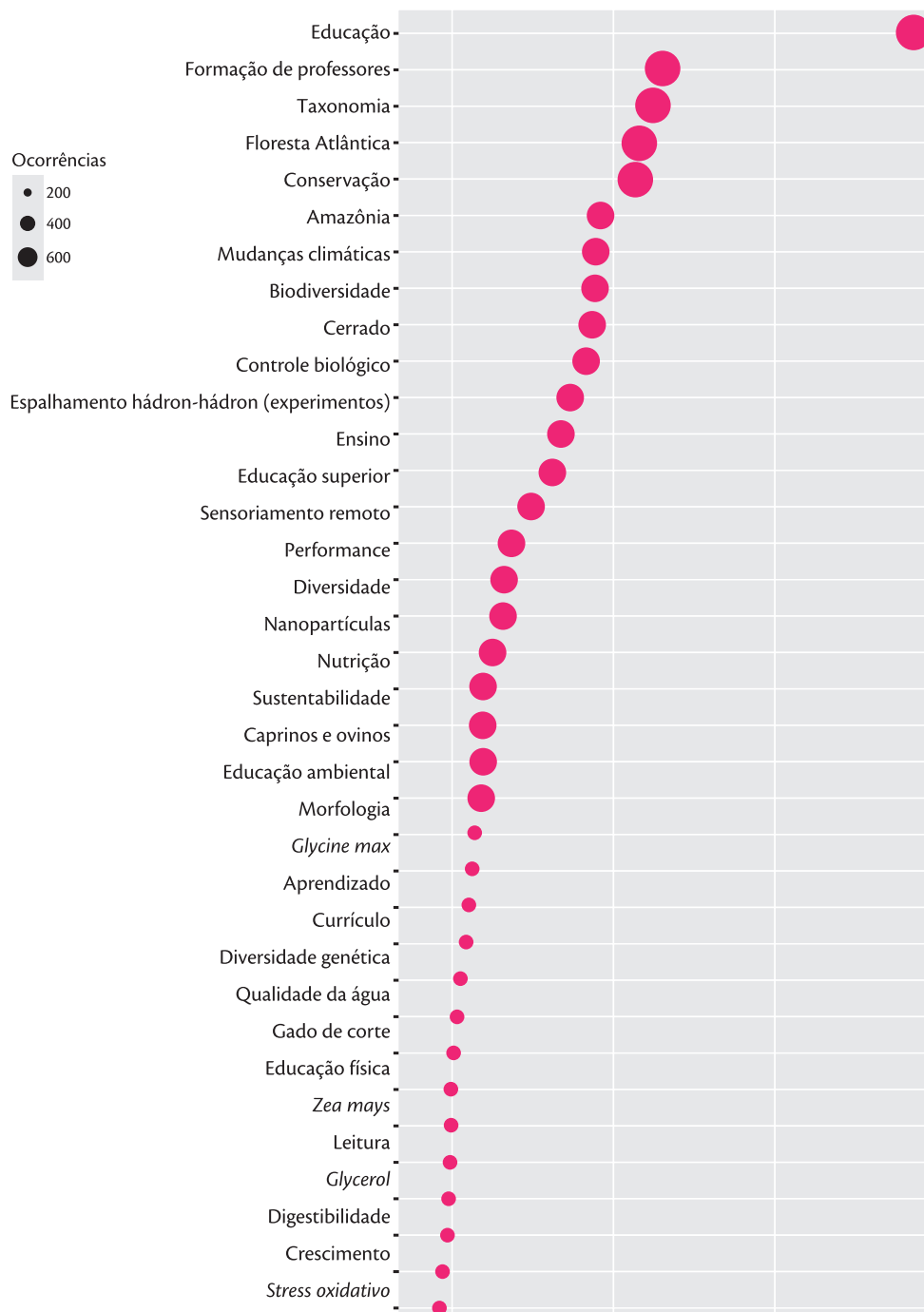
Como dito no início, o levantamento exaustivo da WoS é apenas a primeira etapa da pesquisa, pois, ainda, a produção brasileira indexada na base SciELO – base internacional de acesso aberto com forte penetração na América Latina – será explorada com mais vagar. A WoS é reconhecida como aquela que possui a política de indexação mais estrita e seletiva (e concentrada em revistas de língua inglesa dos países centrais), porém com cobertura baixa das Ciências Humanas. A SciELO, por sua vez, é uma das principais bases de acesso aberto do mundo, em que o Brasil possui a maior coleção de revistas, e com forte abertura a periódicos do campo das humanidades.

A expectativa é que a combinação de WoS e SciELO, duas bases internacionais muito distintas, poderá trazer ótimos *insights* sobre os diferentes sentidos da ciência brasileira em diferentes circuitos internacionais de circulação do conhecimento.

Vale ainda dizer que igualmente já está em curso uma exploração da ciência mundial indexada na Coleção Principal da WoS, baseada em uma amostragem dos artigos mais citados de todas as áreas de conhecimento disponíveis nessa base nos últimos dois anos.

Por fim, como o foco deste estudo foi traçar um primeiro panorama geral da ciência brasileira na WoS, vale um olhar mais detalhado sobre as principais palavras-chave indexadas em todos os artigos aqui computados, conforme apresentado no gráfico 29.

Palavras-chave dos autores com maiores frequência (2015-2020)



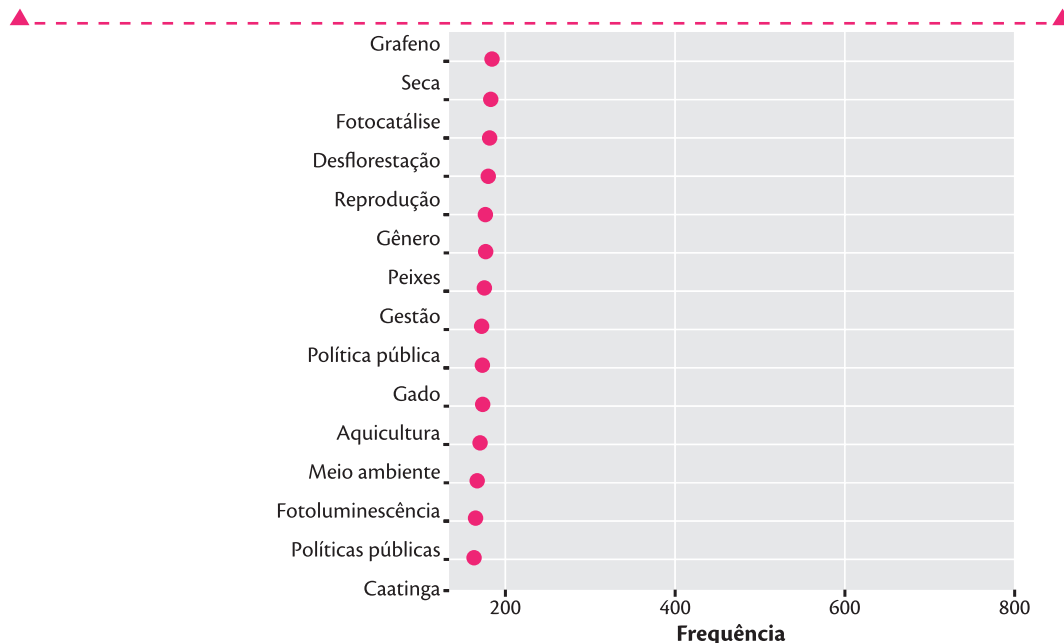


Gráfico 29 – Distribuição das palavras-chave da produção científica brasileira com maiores frequências (de 2015 a maio de 2020)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

- Ao se observar a distribuição dessas palavras-chave, chama a atenção a centralidade do termo Educação, indexado por quase 800 artigos. Se é verdade que o *cluster* mais volumoso, conforme já destacado ao longo deste estudo, é justamente dedicado à discussão educacional – em suas diferentes interfaces e dimensões –, é igualmente certo que esse termo se encontra difundido em todas as regiões da rede de artigos.
- Na sequência, vê-se a prevalência de termos ligados ao debate ambiental, ecológico e voltado à biodiversidade – taxonomia, floresta atlântica, conservação, Amazônia, mudança climática, biodiversidade, entre vários outros. Uma das abordagens metodológicas utilizada no estudo, a rede bipartida de *clusters* e termos relevantes, revelava justamente *Biodiversidade* como o *cluster* com a maior intermediação entre todos os temas.
- Assim, os demais termos muito indexados, também, vão seguindo os temas dos principais *clusters* identificados, como física – *hadron-hadron scattering* –, nanociências – nanopartículas –, ciências do solo, agricultura e pecuária – ovelha, *glycine max*, pecuária de corte, *zea mays* –, ciência dos materiais – glicerol, grafeno –, entre vários outros.

Em suma, o OCTI espera que essa primeira visão de conjunto de dados estudados possa propiciar um ponto de partida para novas formas de observação da ciência brasileira e, sobretudo, de novas perguntas por parte de cientistas, gestores e do público em geral sobre as tendências e o sentido da produção científica aqui realizada.



**Capítulo 3 | Produção científica
sobre coronavírus e Covid-19**



Capítulo 3

3. Produção científica sobre coronavírus e Covid-19

Esta seção oferece uma visão abrangente sobre a produção científica em Covid-19 diante do enfrentamento da crise pandêmica. O OCTI monitorou, em duas edições intermediárias, a evolução desse campo científico, identificando esforços em diferentes áreas: pediátrica, obstetrícia e turismo.

Entre junho e dezembro de 2020, a produção sobre o tema aumentou cerca de 10 vezes, de apenas 2.685 para 25.715 artigos indexados na *Web of Science*.

O OCTI identificou os 21 *clusters* temáticos que mais se expandiram até dezembro de 2020. Todos eles contam com mais de 450 artigos, apresentando contribuições importantes para aperfeiçoar a capacidade de resposta dos países diante da crise sanitária.

Esses *clusters* revelam que, para além do contexto médico-hospitalar, foram múltiplos os objetos de pesquisas abordados, sob diferentes perspectivas e prismas referentes à pandemia.

Os impactos sociais, econômicos e políticos serviram de contraponto para importantes discussões nas áreas de Ciências Sociais e um novo agrupamento surgiu inteiramente dedicado às transformações climáticas e ambientais durante a pandemia.

O Brasil mostrou-se relevante no tema, expandindo sua produção para quase 1.000 artigos científicos. As contribuições na área Epidemiológica e no campo da Saúde Mental foram consideráveis. O dinamismo da produção permitiu empreitar importantes coautorias com pesquisadores alocados em outros países, transferindo e compartilhando conhecimento de extrema relevância para o enfrentamento do coronavírus.

Esse mapeamento indica os principais desdobramentos da produção científica dessa área, revelando preocupações e metas que nortearão os caminhos sobre a crise nos anos vindouros.

3.1. Linha do tempo: mapeamentos anteriores

Em março de 2020, enquanto o mundo ainda começava a aprender sobre a ameaça de Covid-19, a plataforma *Web of Science* já continha 12.708 artigos sobre os outros coronavírus, com destaque para o SARS-Cov e MERS-Cov.

Entre esses artigos, uma grande parte de suas autorias era proveniente da Veterinária, destacando o impacto dessa família de vírus em bovinos, suínos e aviários. Virologia e Medicina clínica também abrangeram boa parte dos artigos.

No extremo direito da rede de similaridade semântica, figura 18, destacado em cor verde, um conjunto de artigos pioneiros lidava com o novo coronavírus. Ao seu redor, um vasto grupo de pesquisas na área de imunologia humana e controle epidemiológico de outros surtos tematizava os *coronaviridae*, família de vírus de RNA, a qual pertence o coronavírus, alertando sobre seu impacto na Saúde Pública e na sua interação com outras viroses.



Figura 18 – Rede de similaridade semântica de artigos e *reviews* publicados (1990 a maio de 2020)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em 25 de março de 2021.



Junho de 2020

Em 2020, em apenas dois meses, o número de artigos sobre Covid-19 passa a ser maior que 20% de todos os artigos sobre os outros coronavírus durante os últimos 10 anos. Esse salto permitiu que apenas um único *cluster* (sobre Covid-19), existente em março, passasse a ter múltiplas divisões temáticas, em diferentes especializações. Diferentes áreas de pesquisa passaram a cooperar com o crescimento do tema e a diversificar os seus objetos de pesquisas, notadamente a partir de variadas áreas da medicina e das ciências sociais.

Países intensamente afetados pela pandemia, tais como China, Estados Unidos e Itália, se tornariam protagonistas nesse salto acelerado da produção científica. Temas como os cuidados com a saúde mental, a patogenicidade do vírus, as capacidades da imunoinformática, entre outros, passaram a apresentar diferentes circuitos promissores de pesquisa, com crescimento contínuo no volume de artigos em suas respectivas áreas.



Figura 19 – Rede de similaridade semântica de artigos e *reviews* publicados em 2020 (até junho)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em 28 de junho de 2021.

Obs.: número de publicações: 2.685.

Dezembro de 2020

Passados seis meses, qual a evolução da produção científica mundial sobre o tema?

Visando analisar a evolução da produção científica mundial sobre Covid-19, foram analisados apenas os artigos indexados em 2020, excluindo-se, assim, *early access* (acessos antecipados) e *reviews*. Ao todo, foram extraídos 25.715 artigos científicos (figura 20).

O material aqui analisado está baseado, exclusivamente, em informações disponíveis nos metadados da produção científica extraída da *Web of Science* (WoS), no dia 14 de dezembro, a partir da seguinte expressão de busca:

SARS-CoV OR 2019-nCoV OR covid-19 OR 2019-covid OR Mers-CoV OR Middle East respiratory syndrome OR Severe acute respiratory syndrome OR coronavirus OR coronaviridae OR SARS-COV-2 OR Covid



Figura 20 – Rede de similaridade semântica de artigos indexados sobre Covid-19 em 2020 na *Web of Science*

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em dezembro de 2020.

Obs.: 25.715 artigos científicos (sem *early access*), 215.420 relações semânticas entre os artigos.



3.2. 2020: panorama da produção científica mundial sobre Covid-19

O Observatório em Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) coletou os metadados dos artigos selecionados e utilizou da metodologia de análise de redes semânticas para sua análise. Essa metodologia consiste em analisar os resumos e títulos dos mais de 25.000 artigos envolvidos com a temática do Covid-19, com o intuito de identificar suas principais recorrências semânticas. Tais recorrências são analisadas, em um passo seguinte, para criar correspondência entre os textos, associando-os por similaridade textual, isto é, recorrência de termos em diferentes intensidades de uso.

Artigos próximos semanticamente contarão com arestas de maior peso e, por consequência, artigos com maior distância semântica terão arestas fracas ou não conterão conexões na rede.

Esse processo permite organizar as publicações sobre o tema a partir de agrupamentos temáticos com grande correspondência semântica.

Esses agrupamentos, também conhecidos como *clusters*, informam sobre diferentes temas de atenção dos pesquisadores, resumindo como a corrida científica sobre o coronavírus se organizou, com a contribuição de diferentes universidades e institutos de pesquisa.

A tabela 8 apresenta os 21 *clusters* com maior número de produções científicas ao longo do ano analisado. Detalhes relativos aos cinco maiores, com mais de 1.000 publicações, podem ser observados no quadro 9.

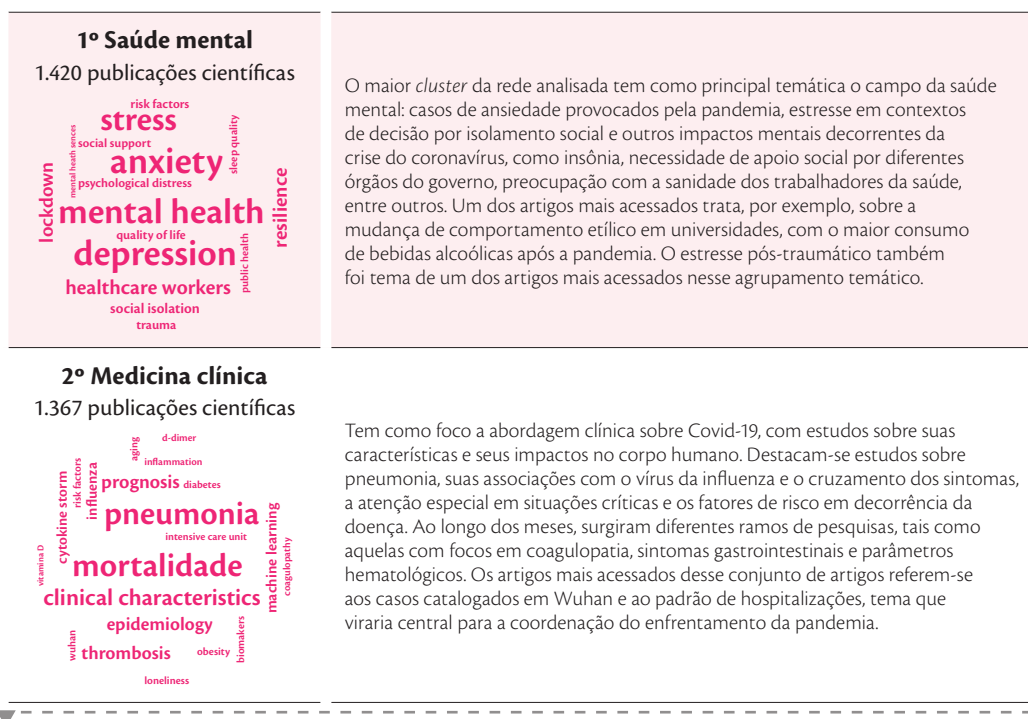
Tabela 8 – Clusters com maior número de produções científicas sobre Covid-19 (2020)

Posição	Cluster	Nº de artigos
1	Saúde mental	1.420
2	Medicina clínica	1.367
3	Epidemiologia geral	1.330
4	Imunovirologia	1.309
5	Educação e trabalho	1.072
6	Medicina emergencial	973
7	Medicina da imagem	879
8	Diagnóstico	819
9	Pesquisa clínica	659

Posição	Cluster	Nº de artigos
10	Direitos e violência	650
11	Saúde Pública e proteção médica	616
12	Oncologia	615
13	Pediatria, psicologia infantil e medicina da família	614
14	MERS-Cov e contextos pandêmicos	609
15	Cuidados paliativos e enfermagem	587
16	Impactos e mudanças climáticas	569
17	Fármacos e tratamento	564
18	Assintomáticos	509
19	Impactos econômicos e sociais	481
20	Mídias sociais e <i>fake news</i>	477
21	Gravidez e obstetrícia	463

Fonte: Web of Science, dados extraídos em dezembro de 2020

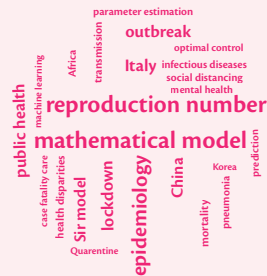
Quadro 9 – Top 5 – os clusters temáticos com mais artigos indexados sobre Covid-19 (2020)





3º Epidemiologia geral

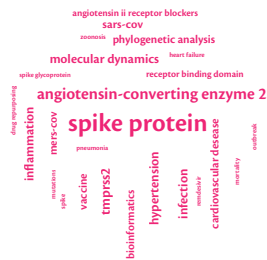
1.330 publicações científicas



Este *cluster* surgiu já no começo da pandemia, tendo como foco a crise epidemiológica e suas estratégias de contenção do contágio do novo coronavírus. Os estudos sobre o padrão de transmissão, os efeitos de estratégias de *lockdown* e a produção de modelos matemáticos para previsão da curva de contágio pautaram um bom número de publicações científicas. Os casos vividos na Coreia, na Itália e, principalmente, na China foram recorrentes nos artigos da área de infectologia. O *cluster* avolumou-se ao longo do ano, adensando suas pesquisas sobre a estimação dos parâmetros da crise, produzindo múltiplos relatórios de pontos ótimos na contenção do vírus. A área de *machine learning* também passou a figurar entre os principais artigos no tema. Entre os artigos mais acessados, destacam-se publicações sobre a importância das estratégias de comunicação como determinante do combate para Covid-19.

4º Imunovirologia

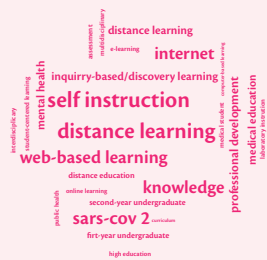
1.309 publicações científicas



Este *cluster* tem como foco a produção de conhecimento em virologia e em imunologia. A produção de análises com apoio da bioinformática, a patogenicidade do vírus e os estudos sobre a recepção celular do novo coronavírus foram amplamente debatidos pela comunidade científica mundial. Diferentes laboratórios de imunologia focaram suas pesquisas sobre a expressão do gene, a capacidade de bloqueios da infecção viral e a dinâmica molecular da relação entre vírus e hospedeiro. Entre os artigos mais acessados, estão aqueles sobre caracterizações genômicas do vírus e suas associações com os fatores de ligação ao corpo humano. A Universidade de Hong Kong figura entre as instituições que mais produziram artigos nesse agrupamento, com destaque para o avanço do conhecimento sobre a competência de replicação do vírus e o tipo de resposta imunológica inata, tanto em culturas *in vitro* quanto *ex vitro*.

5º Educação e trabalho

1.072 publicações científicas



Dada a necessidade de isolamento social, muitos artigos focaram nos seus impactos em contextos educacionais e laborais, tema central desse agrupamento. O aprendizado à distância e a autoinstrução foram objetos de pesquisas recorrentes nesse *cluster*. Os modelos educativos baseados na *web*, ou com foco no uso da internet como ferramenta pedagógica, passaram a centralizar o debate de adaptação do ensino em um contexto pandêmico. A educação médica, essencial para conscientização da população e dos graduandos em cursos de saúde, foi amplamente debatida, à luz dos paradigmas da telemedicina. Várias publicações preocuparam-se sobre o desenvolvimento profissional em contextos de distanciamento, abordando questões, como engajamento, depressão e, até mesmo, sobre novas ferramentas remotas para avaliação de rendimento. Entre os artigos mais acessados, destacam-se aqueles sobre a dificuldade do equilíbrio laboral no *home-office*, na satisfação pessoal em condições de isolamento social e nos determinantes de sucesso do aprendizado *on-line*.

Fonte: Web of Science, dados extraídos em dezembro de 2020.

Do 6º ao 18º *cluster*, são abordados temas relacionados ao ambiente médico-hospitalar, como o impacto da pandemia e da doença em si na realização de cirurgias e os cuidados necessários tanto com pacientes quanto com a proteção dos profissionais de saúde.

No *cluster Medicina emergencial e Situações cirúrgicas no contexto pandêmico de Covid-19*, várias foram as pesquisas sobre a prevenção de contágio em setores críticos de assistência médica, com

recortes abordando os cuidados em neurocirurgia, em situações de transplantes de órgãos e em intervenções oftalmológicas. As cirurgias de emergência foram analisadas sob a luz do protocolo de prioridade em contexto de ausência de vagas de leitos, bem como as diretrizes médicas gerais sofreram adaptações em decorrência da pandemia. A partir desses estudos, múltiplas cartilhas de boas práticas, em diferentes segmentos da área médica, foram construídas coletivamente. Entre os trabalhos mais acessados, destacam-se aqueles que abordaram o uso de plásticos para proteção em cirurgias e nos impactos das novas necessidades de proteção nas cadeias de fornecimento médico-hospitalares.

Em *Pesquisa clínica*, a imunossupressão foi tema de diferentes artigos, voltados à compreensão do impacto de Covid-19 em perfis vulneráveis à sua infecção. As práticas de transplantes de órgãos foram amplamente debatidas à luz da prevenção do contágio. Muitos artigos tiveram como foco o impacto da infecção em transplantados de fígado e rim, aprofundando o tema dos fatores de riscos envolvidos nesse segmento hospitalar, bem como sobre os agentes de infecção, com o intuito de construir um ambiente mais protegido. As características clínicas de Covid-19 foram discutidas para repensar seu efeito em pacientes com mal de Parkinson, com problemas cardiológicos ou com dificuldade de respiração sem auxílio da ventilação mecânica. Diferentes terapias imunomodulatórias foram analisadas, com o intuito de evitar o que se convencionou em ser chamado de tempestades de citocinas, uma resposta inflamatória desproporcional.

Também focado em estudos sobre as implicações de Covid-19 no contexto de pacientes acometidos por outras doenças, há um *cluster* com 615 artigos, o 12º, dedicado a estudos na área de Oncologia. Dado o perfil vulnerável dos pacientes em tratamento contra o câncer, pesquisadores ao redor do mundo buscaram compreender os riscos associados a esse grupo médico, investigando a relação entre as respostas às imunoterapias e as implicações da infecção de Covid-19. O câncer de pulmão teve grande protagonismo nesse campo, dado sua estreita relação com a capacidade respiratória dos pacientes. Os cânceres de mama, tireoide, pediátrico e cervical também foram temas de pesquisas clínicas e laboratoriais.

O 11º *cluster*, em termos de números de artigos, tem como principal tema de preocupação as necessidades de aprimoramento da proteção médica perante o agravamento da crise epidemiológica no mundo. Com mais de 600 artigos, muitas das publicações buscavam aperfeiçoar os cenários de garantia da saúde em trabalhadores no ramo médico e as melhores estratégias de controle da infecção em cenários de atendimento da saúde. Os equipamentos de proteção pessoal passaram por vasto inquérito, à luz do melhoramento dos seus materiais e da sua arquitetura para contenção do coronavírus. Ao longo de 2020, as máscaras cirúrgicas, a higienização das mãos, a aplicação de injeções foram objetos de estudos avançados. Diferentes abordagens buscavam elucidar os determinantes de



sucesso da telemedicina como forma de frear os fluxos humanos em centros hospitalares, conter o risco à exposição e fortalecer as campanhas de monitoramento e cuidado de outras doenças.

Com abordagem semelhante, no *cluster Cuidados paliativos e enfermagem*, a maioria das publicações científicas focam em discussões sobre a segurança do atendimento em cenários de emergência médica, os parâmetros éticos na condução do tratamento de diferentes perfis de pacientes agravados por Covid-19 e os seus impactos nas triagens médicas. No campo dos cuidados necessários para o tratamento dos pacientes, foram publicadas pesquisas voltadas para analisar os distúrbios alimentares da infecção e as necessidades de atendimentos em casos de pacientes com demência. Foram centrais as pesquisas sobre a importância da comunicação como determinante para o melhor atendimento dos pacientes de Covid-19, da identificação de outros sintomas que mereçam cuidado especial e das estratégias de tomadas de decisão em cenários críticos de enfrentamento da pandemia.

O *cluster* sobre MERS-Cov é caracterizado por sua diversidade em pesquisas sobre contextos epidemiológicos e pandêmicos. É composto por publicações também da área de Infectologia, contendo grandes similitudes com o agrupamento temático sobre epidemiologia geral. Sua especificidade reside na reflexão de outros contextos pandêmicos para aprofundar temas, como mortalidade, riscos de disseminação e evolução das curvas de contágios, em diferentes contextos nacionais e continentais. Os artigos nesse *cluster* tematizam diferentes estratégias de Saúde Pública, compreendendo a importância dos achados clínicos e laboratoriais para construção de metas baseadas em evidência epidemiológica.

Também abordando temas como contágio e transmissão do novo coronavírus, está o *cluster* sobre os assintomáticos. Boa parte das 509 publicações identificadas tiveram como objetivo compreender o período de incubação, a capacidade de detecção do vírus e as possíveis características clínicas dos infectados não sintomáticos com Covid-19.

No que se refere à detecção da doença, dois *clusters* focam em técnicas de diagnóstico: *Medicina da imagem* (7º) e *Diagnóstico* (8º). Este último contempla publicações de diferentes países abordando as especificidades do teste RT-PCR e dos testes sorológicos. A caracterização de anticorpos, a sensibilidade dos exames e sua determinação sobre a detecção deram o tom de diferentes iniciativas da comunidade científica. Estudos sobre a soroprevalência adensaram inquéritos sobre a circulação do vírus em diferentes capitais no mundo, facilitando a construção de estratégias de enfrentamento da pandemia do coronavírus.

No *cluster Medicina da imagem*, os principais objetos de pesquisa são o uso de ultrassons, de tomografia computadorizada e a aplicação de raios X tanto para detecção do vírus quanto para complicações médicas

decorrentes. Distintas pesquisas trouxeram a contribuição do *deep-learning* como instrumental de precisão para ambas aplicações. Seus resultados forneceram importantes indícios para a pesquisa clínica, com diferentes focos, seja no contágio e cura da doença em crianças ou grávidas, seja em outros setores de grande risco de mortalidade.

Entre as pesquisas mais acessadas, aparecem artigos com objetivo de identificar correlações entre achados radiológicos e o teste diagnóstico de RT-PCR, além da caracterização de padrões nas imagens de pacientes diagnosticados com a doença. Como principais temas conectores, ou seja, assuntos que aproximaram diferentes pesquisas semanticamente, é possível mencionar artigos que estudaram o contraste de testes negativos para Covid-19, porém com características imagéticas claras de infecção do novo coronavírus e a identificação de lesões no peito como efeitos preditores do agravamento da doença e de suas possíveis intervenções médicas.

Ainda relacionados diretamente a temas da área de saúde, estão os agrupamentos sobre *Pediatria, psicologia infantil e medicina da família* (13º), *Gravidez e obstetrícia* (21º) e *Fármacos e tratamentos* (17º). Desde o início, um tema de grande interesse para a comunidade médica foi a infecção pelo novo coronavírus em crianças. As características clínicas foram comparadas em diferentes contextos nacionais, gerando relatórios robustos sobre a manifestação da doença em crianças e adolescentes. Também foram publicadas pesquisas com o objetivo de discutir o acesso à saúde desse segmento populacional, por meio da participação familiar e de sua conscientização sobre os riscos da crise na Saúde Pública. Mais recentemente, pesquisas apontaram para a síndrome de Kawasaki, um tipo de comprometimento ocasionado pela infecção do novo coronavírus em crianças. Essa síndrome, conhecida como uma doença inflamatória pouco comum em outros contextos, promove um quadro de vasculite em vasos coronarianos, podendo se agravar para um quadro de aneurisma, arritmia ou, inclusive, infarto.

Com enfoque central nos períodos de gravidez e neonatal, 463 artigos dedicaram-se a compreender a transmissão vertical de Covid-19, o impacto do vírus na amamentação e os efeitos do coronavírus em recém-nascidos. A relação entre mãe e filho nortearam parte desse debate, com o intuito de identificar padrões importantes, tanto para estruturar estratégias epidemiológicas, quanto para construir protocolos clínicos de atendimento e prevenção. A medicina neonatal também foi palco de importantes contribuições, buscando aprofundar pesquisas sobre o desenvolvimento respiratório em recém-nascidos e a elaboração de indicadores sobre a nova doença. Estudos dedicaram-se em compreender taxas de mortalidade nesse segmento populacional, bem como investigar boas práticas para a atuação cesariana.



O 17º *cluster* tem como enfoque a produção e o aproveitamento de fármacos em diferentes terapias de tratamento contra a Covid-19. Com a ressalva de que muitos outros artigos com esse mesmo enfoque possam ter maior distribuição em bases indexadoras voltadas especificamente para o meio médico, foram identificados 564 artigos com essa abordagem temática em toda produção sobre coronavírus na base *Web of Science* (2020). Uma série de terapias candidatas foram alvos de pesquisas laboratoriais e clínicas, como é o caso de estudos sobre a Cloroquina, Lopinavir, Azithromycin, Interferon, Remdesivir e vários outros. Diferentes estudos de ensaios médicos aleatórios foram comunicados pelas academias científicas, buscando pensar o protocolo de atendimento contra Covid-19. Várias drogas antivirais foram analisadas com a intenção de lançar luz sobre a resposta imunológica necessária ao impedimento do agravamento da doença e à recuperação de pacientes críticos.

Por fim, destacam-se outros quatro *clusters* temáticos. Um deles, presente entre os 10 primeiros em termos de número de artigos (10º Direitos e violência), trata sobre a discussão de direitos humanos frente à crise instalada por Covid-19. Com forte contribuição das áreas de Ciências Sociais e Ciências Sociais Aplicadas, foram vários os artigos que abordaram desde os cuidados sob a saúde mental em contextos de risco e vulnerabilidade até o crescimento esperado sobre os casos de violência doméstica durante o isolamento social. Esses estudos focaram na produção da violência em grandes metrópoles e na ausência de instrumentos de proteção aos direitos fundamentais das pessoas.

Um *cluster* que adquiriu força nos últimos meses de 2020 é focado em estudos sobre os impactos e efeitos ambientais e climáticos relacionados às estratégias de contenção do novo coronavírus. Pesquisadores dedicaram-se a compreender os efeitos na poluição do ar e na sua qualidade, em meio às aplicações de *lockdown* ao redor do mundo. Foram também publicadas pesquisas abordando os efeitos das temperaturas, em diferentes partes da Terra, na disseminação da nova doença; os impactos do distanciamento social na umidade do ar; e a diminuição da poluição atmosférica e suas implicações para as mudanças climáticas.

Outro agrupamento que ganhou importante densidade, ao longo de 2020, tem como enfoque central estudos sobre os impactos econômicos e sociais decorrentes da crise sanitária. No campo econômico, surgiram variadas pesquisas sobre o efeito da crise no que tange à manutenção de empregos e ao aceleração da pobreza. De forma inédita, a crise pandêmica introduziu elementos de incerteza e vulnerabilidade aos mercados de ações, afetando as bolsas de valores em diferentes localidades. Economistas de diferentes instituições passaram a avaliar o risco de rompimento dessas bolsas e suas consequências em um ano de grande turbulência social e política. A economia mundial tornou-se centro dos debates acerca da resiliência frente os efeitos nefastos e generalizados da crise na Saúde Pública.

Considerando outros agravantes no contexto de crise endêmica, é importante também ressaltar a abordagem temática trazida pelo 20º *cluster* da rede de produções científicas sobre coronavírus e Covid-19 em 2020: a discussão sobre mídias sociais e a disseminação de *fake news*. Cerca de 500 artigos focaram na necessidade de garantia da lisura das informações de saúde e no perigo das mídias digitais diante do combate ao novo coronavírus. Foram objetos de pesquisa a cobertura midiática da pandemia, o papel do jornalismo no enfrentamento da crise, o destaque dos youtubers como disseminadores de opinião, o acesso à informação como garantia fundamental e a necessidade do *fact-checking* como boa prática informativa.

Dado esse panorama sobre os principais temas e objetos de estudos no universo das publicações aqui analisadas, a figura 21 apresenta a distribuição dessa produção por país.

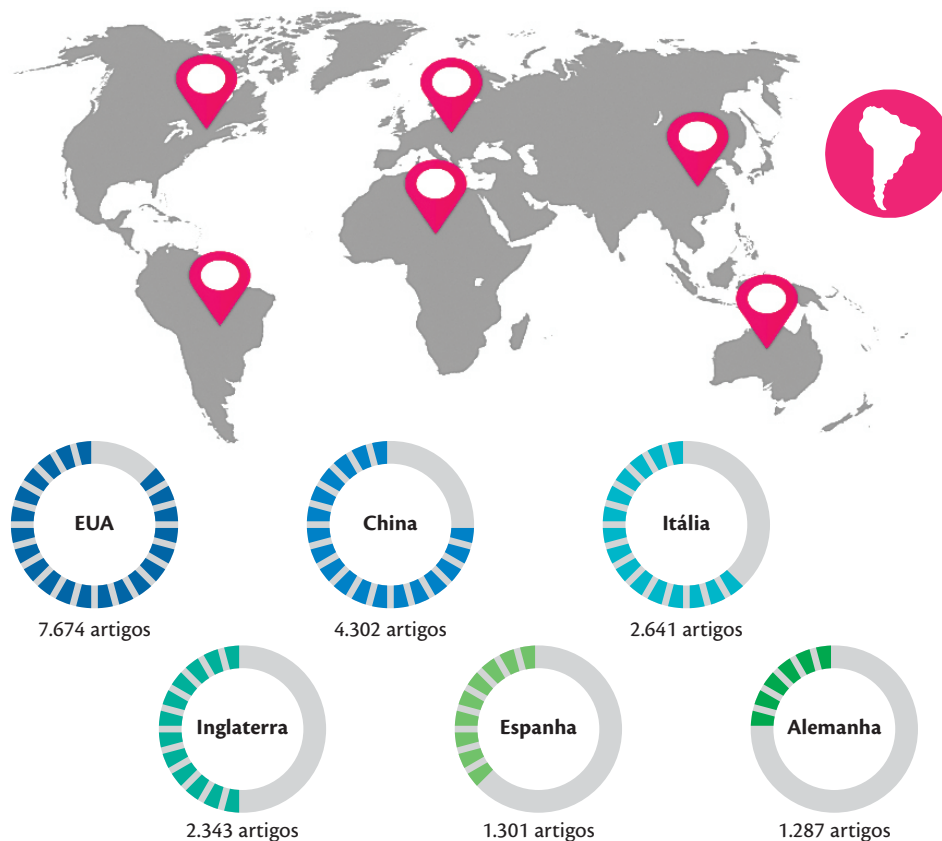


Figura 21 – Distribuição por país da produção científica mundial sobre Covid-19 (2020)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em dezembro de 2020.

Obs.: na América do Sul, o Brasil é o líder em produção de artigos, com 867 publicações disponíveis. No *ranking* mundial, o País ocupa a 11ª posição, logo abaixo da França e na frente da Turquia.



Produção científica sobre Covid-19 com participação brasileira

Com 867 artigos científicos publicados sobre o tema até dezembro de 2020, 34% dessas publicações foram feitas com colaboração internacional, uma taxa um pouco maior do que o percentual nacional referente às colaborações internacionais para todo o ano de 2019, com 31%.

Entre os artigos mais acessados (quadro 10), com participação apenas de brasileiros ou com outros coautores internacionais, destacam-se estudos sobre os seguintes temas: a qualidade do ar durante o isolamento social no Rio de Janeiro; o efeito do calor na transmissão do novo coronavírus; a possibilidade de transmissão fecal-oral da nova doença em esgotos brasileiros; e o uso da ciência comportamental no apoio a resposta à crise pandêmica no País.

O Brasil participa, com um alto número de artigos publicados, nos *clusters* *Epidemiologia geral* (58 artigos), *Saúde mental* (47 artigos) e *Medicina clínica* (44 artigos).

Verifica-se também expressiva participação em temas sobre *Direitos e violência* (34 artigos), *Imunovirologia* (30 artigos) e *Pediatria e psicologia infantil* (29 artigos).

Quadro 10 – Artigos mais acessados segundo as instituições nacionais de origem dos autores

Instituições nacionais participantes	Artigo mais acessado
Universidade de São Paulo	<i>Sobre as interações do domínio de ligação ao receptor das proteínas de pico SARS-CoV-1 e SARS-CoV-2 com anticorpos monoclonais e o receptor ACE</i>
Fundação Oswaldo Cruz	<i>Transmissão fecal-oral Covid-19: estamos fazendo as perguntas certas?</i>
Universidade do Estado de Campinas	<i>Pandemia de Covid-19: impactos na qualidade do ar durante o bloqueio parcial no estado de São Paulo, Brasil</i>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	<i>O impacto da pandemia Covid-19 na saúde mental dos profissionais de saúde</i>
Universidade Federal do Rio de Janeiro	<i>Todos juntos para lutar contra o Covid-19</i>
Universidade de Brasília	<i>A temperatura altera significativamente a transmissão de Covid-19 em cidades (sub)tropicais do Brasil</i>

Instituições nacionais participantes	Artigo mais acessado
Universidade Federal do Amazonas	<i>Efeito de doses altas versus baixas de difosfato de cloroquina como terapia adjuvante para pacientes hospitalizados com síndrome respiratória aguda grave infecção por coronavírus 2 (SARS-CoV-2): um ensaio clínico randomizado</i>
Universidade Federal do Ceará	<i>Quando o profissional de saúde olha a morte nos olhos: a saúde mental dos profissionais que lidam diariamente com o surto de coronavírus de 2019</i>
Universidade do Estado do Rio de Janeiro	<i>Efeitos do confinamento domiciliar Covid-19 no comportamento alimentar e na atividade física: resultados da pesquisa on-line internacional ECLB-Covid19</i>
Universidade Federal da Bahia	<i>Equidade em saúde e Covid-19: perspectivas globais</i>

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em dezembro de 2020.

Nota: ¹ As instituições citadas para esse quadro fazem parte de uma amostra aleatória de instituições de pesquisas distribuídas pelo Brasil.

2020: o ano em análise

O ano de 2020 será conhecido pela corrida científica e tecnológica para o enfrentamento da pandemia causada pela Covid-19. Pesquisadores e pesquisadoras, ao redor do mundo, produziram importantes contribuições sobre efeitos, causas e consequências do novo coronavírus nos hábitos sociais, econômicos, culturais e sanitários.

Esse presente mapeamento busca informar aos gestores, cientistas e à população geral sobre os desdobramentos desses esforços em pesquisas desafiadoras, capazes de redirecionar nossas ações e estratégias nas próximas etapas desse enfrentamento mundial. De forma multidisciplinar e comprometida, a CT&I nunca se mostrou mais relevante.

A expectativa é que os sistemas nacionais voltados a esse setor criem rotas e estruturas duradouras para que governos e sociedades consigam desenvolver resiliência frente a outros desafios que se colocarão na agenda pública nos próximos anos.

A densa e necessária interação entre os cientistas, a troca de informação crucial para o combate eficaz contra a Covid-19, a capacidade de respostas coletivas e conjuntas sedimentaram memórias sobre esse momento importante para a humanidade. Que esse aprendizado nos leve a um futuro mais integrado e fortalecido, no qual a ciência encontre seu protagonismo meio aos grandes desafios vindouros.



Nota de especialista

Brics e a geopolítica da vacina

Verena Hitner⁵⁰

O debate sobre as forças geopolíticas internacionais ganha novo alento na atual conjuntura causada pela pandemia de Covid-19. É fato que a pandemia ressaltou uma crise de globalização e governança global, acirrando as disputas internacionais, ao mesmo tempo que consolida China como potência global e demonstra ao mundo a importância remanescente da Rússia. Nesse contexto, a função estratégica da ciência e da tecnologia ganha outra vez preponderância no debate internacional. Assim, propõe-se breve resenha sobre a participação dos países do Brics na corrida científica global em busca de soluções para a pandemia.

Um primeiro panorama sobre a conjuntura diz respeito ao tipo de cooperação empreendida por esses países na sua participação na divisão internacional do trabalho científico. Nota-se que ainda que existem divergências dentro do Brics e certa morosidade no progresso quando se trata da implementação de iniciativas; e o modelo de cooperação Norte-Sul, fundamental no contexto internacional dos anos 1990, continua perdendo importância como modelo predominante nas regiões em desenvolvimento. A cooperação Sul-Sul recebeu impulso e, ao mesmo tempo, observam-se outras formas de cooperação, incluindo cooperação Sul-Norte, como o apoio da China à Itália, e cooperação Leste-Norte, como nos envios de material médico russo para os Estados Unidos.

Na disputa internacional pela vacina, ainda que os tradicionais produtores de ciência tenham sido aqueles que mais aumentaram seu número de publicações científicas em revistas indexadas internacionalmente durante a pandemia (ELSE, 2020), Rússia, Índia, China e, em menor medida, África do Sul vêm desempenhando papel substancial e crescente no mercado global de imunizantes. Esses países tiveram fortes iniciativas para o desenvolvimento de tecnologia vacinal e melhoraram substancialmente sua capacidade reguladora nacional. A África do Sul restabeleceu uma produção própria de imunizantes e ultrapassou o estágio de simplesmente importar, formular e envasar frascos.

Por meio de colaborações com universidades, doadores, parceiros internacionais e empresa multinacionais, os fabricantes de vacinas no Brics não só fornecem maior capacidade de

50 Coordenadora de projetos e assessora técnica do CGEE, pós-doutoranda na UnB, doutora em Desenvolvimento pelo Centro de Estudios del Desarrollo da Universidad Central de Venezuela (CENDES-UCV), mestre em Integração da América Latina pelo Programa de Pós-Graduação Integração da América Latina (Prolam) da USP e graduada em Ciências Sociais pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da USP.

produção de importantes vacinas subutilizadas, como também desenvolvem novas vacinas para uso específico em países de baixa e média renda.

Quatro países do grupo – China, Índia, Rússia e Brasil – participam da corrida por uma vacina contra o coronavírus:

Vacinas desenvolvidas pelos países do Brics:

- China (4) – Sinovac/ Inst. Butantan (fase III); Cansino Biological Inc/ Beijing Inst. of Biotech (III + aprovação); China Beiing Inst. of Biological Products / Sinopharm (II); Wuhan Inst./Sinopharm (II).
- Rússia (1) – Univ. of Sechenor / testes realizados pelo Gamaleya Inst. (fase I).
- Índia (1) – Bharat Biotech (Pré-clínico); Zydus Cadila (fase I).
- Brasil – *Spray* nasal sendo desenvolvido pela USP⁵¹ + Plataforma Científica Pasteur-USP + Unicamp (protótipo pronto em setembro 2020); Fiocruz MG + Butantã (fase testes em animais).

No final de abril de 2020, seguindo a lógica da importância da vacina para a geopolítica mundial, os países do Brics iniciaram negociações para criar o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Vacinas do Brics, discutido na Cúpula de Johannesburgo em 2018. O estabelecimento desse tipo colaboração, em especial em tempos de pandemia, garantiria velocidade, acesso preferencial a 40% da população mundial, evitaria a duplicação de esforços, reduziria investimentos e perdas econômicas.

Do ponto de vista de uma análise individual dos países do Brics, vale menção às atividades empreendidas por três dos membros, com impacto importante na geopolítica mundial. A Índia é o maior produtor mundial de medicamentos genéricos e abriga o maior fabricante privado de vacinas em unidades produzidas. O Serum Institute of India é o maior fabricante de vacinas do mundo em número de doses produzidas (1,5 bilhão de doses/ano, 80% são exportadas) e a empresa fornece cerca de 20 vacinas para 165 países a uma média de US\$ 0,50 por dose, uma das mais acessíveis no mundo.

A Rússia foi o primeiro país a anunciar o registro de uma vacina contra Covid-19, em agosto de 2020, dando a ela o nome de Sputnik, em referência ao primeiro satélite espacial russo,

51 O *spray* nasal aparece compondo esse quadro em Hoirisch (2020).



lançado em 1957. Ainda que até hoje alguns dados dos testes russos não foram disponibilizados pelo Instituto Gamaleya, responsável pela pesquisa da vacina, em 2021, a revista científica britânica *The Lancet* publicou pesquisa mostrando que a vacina russa tem eficácia equivalente a várias vacinas ocidentais, de 92%.

Ademais, o país apontado como aquele que mais teve publicações científicas sobre Covid-19 (ELSE, 2020), a China, fez contato com líderes de todo o mundo buscando uma coordenação global no gerenciamento do surto de coronavírus. O país, com apoio de Índia, Rússia e África do Sul, tem defendido a vacina como bem público global. O Brasil, por outro lado, tem preferido adotar uma postura alinhada aos países desenvolvidos. Esta é a primeira crise internacional em que a China está reforçando seu poder brando (*soft power*) e assumindo ativamente um papel de liderança global.

A crise de Saúde Pública é a oportunidade do século para a China construir confiança no mundo, reconstruir sua imagem internacional e consolidar seu lugar como potência global. Doou, em março de 2020, US\$ 20 mi para OMS na luta contra a pandemia e em abril, após o presidente americano ameaçar diminuir a contribuição paga à OMS, se comprometeu em doar mais US\$ 30 mi. Os EUA contribuíram em 2019 com US\$ 550 mi/ano para a OMS.

Por fim, ao olhar para as publicações brasileiras indexadas na *Web of Science*, realizadas em coautoria com pelo menos um país do Brics, ocorridas entre janeiro de 2015 e maio de 2020, a partir de levantamentos disponíveis no OCTI, observa-se um total de 12.377 artigos científicos. É interessante notar que China apresenta-se como o principal parceiro em quantidade total de artigos em coautoria. Nota-se ainda que 61,93% das publicações entre Brasil e Rússia conta também com a participação de membro da China. De outro ponto de vista, das publicações entre Brasil e China, a Rússia surge como coautor em 41,18% desses documentos.

Ao olhar para as publicações gerais sobre vacina, percebe-se que a participação brasileira nas coautorias é ainda muito pequena na temática. Da base inicial de artigos com Brasil e algum parceiro Brics, filtrou-se um total de 122 artigos que contam com o termo *Vaccin* no resumo. Percebe-se que cerca de metade dessas publicações contam com a participação da Índia, enquanto cerca de 45% delas contam com a África do Sul e apenas 14% delas foram compartilhadas com a Rússia, não seguindo o padrão de outras publicações sobre temáticas gerais.


A força internacional de Rússia e China parece se expressar, na geopolítica da vacina, por meio da escolha sobre os temas tratados em cooperação com outros países do Brics e por

meio de seu poder brando no sistema internacional, que ganha novos contornos na busca de soluções internacionais para a conjuntura atual. No vazio deixado pelos países ricos, três países do Brics apresentam-se com imunizantes próprios e vontade de ampliar sua influência no sistema internacional: Rússia, China e Índia. Para o Brasil, que já teve maior protagonismo no Brics, poderia ser uma oportunidade de usar sua experiência de produção e imunização em larga escala.

Referências

ELSE, H. How a torrent of COVID science changed research publishing — in seven charts. **Nature**, v. 588, n. 553, dec. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03564-y>. Acesso em: 7 mar. 2021.

HOIRISCH, C. **Respostas políticas, sanitárias, diplomáticas e econômicas do BRICS à Covid-19**. Fiocruz, 2020. 40 p. (Informe, 29). Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/46297/2/BRICS%20_INFORME.pdf. Acesso em: 7 mar. 2021.



Capítulo 4 | Indicadores de
inovação: novos desafios



Capítulo 4

4. Indicadores de inovação: novos desafios

Em um País tão heterogêneo e desigual como o Brasil, onde é expressiva a parcela da população em vulnerabilidade social, é um desafio pensar e implementar políticas públicas. Nesse contexto, a CT&I é crucial ao desenvolvimento econômico sustentável e ao alcance dos objetivos sociais do País. E atrelado a essa percepção está a necessidade da criação de mecanismos permanentes de prospecção, acompanhamento e avaliação de incentivos e condições necessárias ao estabelecimento de um ambiente propício ao desenvolvimento científico, tecnológico e à inovação, que seja dinâmico e compatível com as prioridades e necessidades da sociedade brasileira.

Entretanto a mensuração e a análise do sistema de CT&I são, por si só, um grande desafio, desde aspectos relacionados ao seu conceito e sua abrangência até outros, como disponibilidade e limitações de fontes de dados necessários à construção de indicadores.

Em paralelo ao trabalho do mapeamento da produção científica brasileira, o OCTI tem se debruçado sobre o desafio de promover um olhar regional no planejamento de ações direcionadas à CT&I.

A partir dessas análises, o Observatório tem investido em uma cesta de indicadores que possam auxiliar a compreensão das especificidades e a entender a dinâmica da geografia da CT&I no Brasil. Um dos focos do OCTI neste trabalho é o desenvolvimento de indicadores de inovação que sirvam de insumos para elaboração de políticas públicas nos estados, e que também orientem a Política Nacional de Inovação do País.

Nesse contexto, nesta última seção do *Boletim*, são apresentados temas e desafios importantes no fomento à inovação, para os quais o OCTI pretende desenvolver metodologias de acompanhamento e análises sistemáticas no decorrer de 2021.

4.1. Inovações mais além das empresas

A nova edição (4ª) do *Manual de Oslo* (OCDE, 2018) trouxe novos desafios para elaboração de indicadores de inovação. Pode-se afirmar que o manual expandiu o conceito de inovação, agora aplicável a quatro setores da economia e da sociedade, além de somente nas empresas, conforme a versão anterior desse Manual (2005): *governo; organizações sem fins lucrativos que servem as famílias (Non-profit institutions serving households – NPISH); e famílias.*

Segundo o *Manual de Oslo* (OCDE, 2018, p. 22), é necessário desenvolver orientações futuras para medir a inovação em setores que não empresas e eventualmente *building up an economy-and society-wide statistical view* (construir uma ampla visão estatística da economia e da sociedade, tradução nossa).

Nesse sentido, o manual passou a considerar a inovação como um produto ou processo novo ou melhorado (ou combinação dos mesmos) que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da unidade e que foi disponibilizado aos potenciais usuários (produto) ou posto em uso pela unidade (processo). Como uma novidade, essa definição utiliza o termo genérico *unidade* para descrever o agente responsável pelas inovações. Refere-se a qualquer unidade institucional em qualquer um dos quatro setores, incluindo os agregados familiares e os seus membros individuais (OCDE, 2018, p. 19).

O desafio de entender a dinâmica e de mensurar inovações em setores que não as empresas é de elevada relevância, particularmente em um País como o Brasil, com características e realidades tão díspares entre as unidades federativas.

Nesse contexto, deve-se também levar em conta o impacto da Covid-19 sobre o cotidiano das pessoas, em particular sobre o mercado de trabalho e famílias socialmente mais vulneráveis. Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), um dos nossos desafios na conjuntura pós-pandemia é "reconstruir o tecido social e produtivo dos Estados e municípios, bem como o ambiente de negócios, de emprego e de renda, em novas bases [...]" (SEBRAE, 2020).

Assim, além do fomento ao processo de inovação nas empresas, inovações nos setores *Governo, Organizações sem fins lucrativos que servem as famílias e Famílias* podem ser cruciais à reconstrução desse tecido social.



Governo, Organizações sem fins lucrativos que servem as famílias e Famílias

O manual entende que o setor governo consiste em unidades institucionais que, para além de cumprirem as suas responsabilidades políticas e regulamentares, redistribuem rendimentos e riqueza e produzem serviços e bens para consumo individual ou coletivo, principalmente de base não mercantil.

Os estudos de inovações no setor *Governo* tem sido motivado pela crescente procura de *benchmarks* de eficiência e qualidade dos serviços públicos. Uma das principais referências sobre o tema é o “*Observatory of Public Sector Innovation: Measuring Public Sector Innovation – Why, when, how, for whom and where to?*” (OECD, 2018).

No Brasil, os estudos sobre inovações no setor público ainda são poucos. Nesse contexto, merece ser destacado o estudo de Camões *et al.* (CAVALCANTE, 2017), voltado para a análise de tendências e casos de inovação no setor público brasileiro. Esses pesquisadores fazem um balanço da “Inovação na gestão pública federal: 20 anos do Prêmio Inovação” e resumem os resultados dos principais estudos acadêmicos e profissionais que foram realizados tendo por referência o banco de dados produzido pelo Concurso “Inovação da Gestão Pública Federal”, promovido pela Escola Nacional de Administração Pública (Enap).

Já as *organizações sem fins lucrativos* que prestam serviços a famílias são entidades jurídicas que se dedicam principalmente à produção de serviços não mercantis para as famílias ou para a comunidade em geral cujo principal recurso provém de contribuições voluntárias. Essas instituições podem fazer parte de setores do Governo ou atuarem enquanto instituições sociais não governamentais, sendo que muitas delas procuram implementar *inovações sociais*, definidas pelos seus objetivos de melhorar o bem-estar de indivíduos ou comunidades.

No Brasil, várias instituições sem fins lucrativos não governamentais vêm desenvolvendo papel relevante no que se refere a iniciativas de inovações sociais. A título de exemplo, podem ser citadas, as seguintes: a Fundação Banco do Brasil (Banco de Tecnologias Sociais); o Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (Idesan), com investimentos no empreendedorismo social e iniciativas em bioeconomia; a Fundação Amazonas Sustentável (FAS), cuja agenda está relacionada à PD&I relacionada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS); e o Instituto de Tecnologia e Sociedade (ITS) do Rio de Janeiro, com ações voltadas à identificação de oportunidades e desafios das tecnologias emergentes.

Por fim, segundo o *Manual de Oslo* (OCDE, 2015, p. 51), no contexto de um Sistema de Contas Nacionais, as principais funções das *famílias* são fornecer mão de obra, realizar o consumo final e, como empreendedores, produzir bens e serviços para o mercado. No entanto as famílias, incluindo indivíduos e empresas não constituídas formalmente, também desempenham papel crítico para a inovação, tanto do ponto de vista da oferta, quanto da procura.

Os trabalhadores por conta própria, em várias situações, podem ser considerados como inovadores. Além disso, a internet vem potencializando as atividades de inovação de negócios levados a cabo por unidades familiares e indivíduos.

Compreender o impacto das inovações geradas por famílias e indivíduos pode ser relevante para definição de políticas públicas direcionadas à melhoria da qualidade de vida e inclusão produtiva de segmentos socialmente mais vulneráveis da população.

No Brasil, várias unidades familiares e indivíduos, muitas vezes por conta própria e de maneira informal, desenvolvem papel relevante no que se refere a iniciativas inovadoras em nichos, como gastronomia, alimentos, moda e música, entre outros.

4.2. Análise e sistematização de indicadores sobre o processo de digitalização da economia e da sociedade

O processo de transformação digital vem avançando no Brasil e, mais ainda, em alguns países do mundo, a exemplo da Coreia.

Segundo a OECD (2021, tradução nossa), a

transformação digital pode estimular a inovação, gerar eficiência e melhorar os serviços ao mesmo tempo que impulsiona um crescimento mais inclusivo e sustentável e aumenta o bem-estar. Mas estes benefícios vêm com rupturas, levando a transformações estruturais no mercado de trabalho e na dinâmica do emprego e da empregabilidade e nas condições de privacidade e segurança. Assegurar que o processo de transformação digital venha a beneficiar a sociedade como um todo constitui um dos principais desafios no mundo contemporâneo. [...].



A análise e a sistematização de indicadores sobre o processo de digitalização da economia e da sociedade constituem um dos desafios colocados pelo *Manual de Oslo* (2018), que cita como uma das principais referências nessa área o projeto *Going Digital* (OECD, 2021).

O projeto *Going Digital* cobre os países da OECD, dos Brics e de outros não membros da OECD, como a Colômbia e a Costa Rica. Disponibiliza uma estrutura *web, toolkit*, estruturada com base em sete dimensões de políticas relativas ao processo de transformação digital: acesso às infraestruturas e serviços de comunicações; uso eficaz das tecnologias digitais; inovação digital; empregos; inclusão digital; confiança na era digital; e abertura do mercado em ambientes empresariais digitais.

Ao se olhar para alguns dos indicadores relacionados às dimensões supramencionadas – por exemplo, selecionados, especialmente, por se referirem a variáveis que se mostraram relevantes no contexto da pandemia de Covid-19 –, observa-se que a situação do Brasil, quando comparada a de outros países, revela um atraso em seu processo de transformação digital.

Na dimensão *Inclusão digital*, o Brasil está no 27º lugar no indicador referente ao percentual de usuários de internet com baixos níveis de renda, a frente apenas de Portugal, Colômbia e Hungria. Quanto à percentagem de indivíduos com idade entre 55-74 anos que usam a internet, o País ocupa a 25ª posição, e em relação ao percentual de famílias com acesso à banda larga (Dimensão: Acesso), o penúltimo lugar, à frente apenas do México.

4.3. Indicadores relativos à difusão de tecnologias emergentes, habilitadoras e de uso geral (*General Purpose Technologies*)

É possível afirmar que, quanto mais tecnologias dessa natureza são desenvolvidas internamente e difundidas nas atividades econômicas de um país, maiores tendem a ser os empuxes, as inter-relações e a endogenia de seu Sistema Nacional de CT&I, com impactos positivos sobre a dinâmica econômica, a competitividade das empresas e a geração de empregos.

Tecnologias habilitadoras são entendidas como aquelas já existentes e podem ser aplicadas em um curto e médio prazo para gerar mudanças radicais na forma como tecnologias são utilizadas. Já as

emergentes são aquelas que surgem de avanços tecnológicos contemporâneos e estão em rápida evolução, além de possuírem alto potencial de resultarem em inovações com impactos sociais e econômicos significativos. Por fim, as de propósito geral (GPT) são aquelas tecnologias habilitadoras que possuem potencial de serem utilizadas por toda a economia e terem efeito amplo na sociedade (GOKHBERG; FURSOV; MILES; PERANI, 2013).

Assim, pela importância que apresentam, indicadores relativos a essas tecnologias devem ser um foco permanente de sistematização e análises de forma a orientar a Política Nacional de Inovação, cujo um dos eixos refere-se ao estímulo da base de conhecimento tecnológico para inovação que gere soluções tecnológicas (art. 5º, BRASIL, 2020b).

O *Manual de Oslo* (OCDE, 2018, p. 118) coloca a avaliação da difusão ou o uso de tecnologias emergentes ou habilitadoras por parte das empresas como um desafio, em áreas como biotecnologia, nanotecnologia, inteligência artificial e robótica, entre outras com aplicações em múltiplos setores. Pesquisas dessa natureza devem ser estruturadas a médio prazo. No curto prazo, é possível avaliar como vem se conformando o panorama da ciência no mundo, relativo a essas tecnologias, e avaliar como a ciência brasileira se insere nesse contexto.

Nesse sentido, como visto anteriormente, revela-se útil a análise de redes relacionais ao mapeamento da produção científica a partir de bases, como a WoS e a Plataforma Lattes, por meio das metodologias desenvolvidas pelo OCTI.

Como referência, o quadro 11 apresenta um rol dessas tecnologias, conforme discriminadas pelos seguintes documentos: Portaria MCTIC nº 1.122/2020 (BRASIL, 2020a); Projeto Indústria 2027/CNI (CNI, 2020); Edital MCTI/Finep/FNDCT Subvenção Econômica à Inovação 04/2020: Tecnologias 4.0 (FINEP, 2020); e Fundação Vanzolini.



Quadro 11 – Tecnologias habilitadoras, emergentes ou de uso geral (GPT): MCTI, CNI, Finep e Fundação Vazollini¹

Tecnologias habilitadoras (Portaria MCTIC nº 1.122/2020)	Inovações disruptivas (Projeto Indústria 2027 – CNI)	Edital subvenção econômica à Inovação – 04/2020 tecnologias 4.0 (Finep)	Tecnologias habilitadoras para a indústria 4.0 (Fundação Vanzollini)
Inteligência artificial	Inteligência artificial, big data e cloud computing	Inteligência artificial (ai – artificial intelligence)	Big data e analytics
		Instrumentação/sensor inteligente (smart sensor)	
		Computação em borda (edge computing)	
		Computação em névoa/em neblina (fog computing, fogging)	
		Computação em nuvem (cloud computing)	Computação na nuvem
		Gêmeos digitais (digital twins)	
Internet das coisas	Internet das coisas	Internet das coisas (IOT – internet of things)	Internet das coisas industrial
Materiais avançados	Materiais avançados	Materiais avançados	
Biotecnologia	Biotecnologia e bioprocessos		
Nanotecnologia	Nanotecnologia	Nanotecnologia	
	Produção inteligente e conectada	Manufatura aditiva	Manufatura aditiva
		Manutenção preditiva	
		Robótica avançada	Robôs autônomos
	Tecnologia de redes	Comunicação máquina a máquina (M2M – machine-to-machine)	
		Comunicações avançadas 5G	Simulação digital
	Armazenamento de energia	Armazenamento de energia	
		Geolocalização e georreferenciamento	
		Realidade aumentada, realidade virtual e realidade mista	Realidade aumentada (augmented reality)
			Segurança cibernética
			Integração horizontal e vertical de sistemas

Fonte: MCTI, CNI, Finep e Fundação Vanzollini.

Nota:¹ a Finep, a CNI e a Fundação Vanzollini especificam o campo de cada uma de suas Tecnologias 4.0; Inovações Disruptivas; e Tecnologias Habilitadoras para a Indústria 4.0.

4.4. Indicadores relativos aos instrumentos de apoio à inovação nas empresas

De forma a contribuir para o monitoramento da Política Nacional de Inovação, estabelecida pelo Decreto nº 10.534/2020 (BRASIL, 2020b), torna-se relevante definir metodologias visando elaborar um painel, de base anual, sobre o uso e valores referentes aos diferentes instrumentos de apoio à inovação nas empresas, conforme estabelecidos pela Lei de Inovação nº 10.973/ 2004 (BRASIL, 2004).

Como base nesse painel, será possível definir indicadores que permitam identificar a evolução da importância relativa de cada um desses instrumentos no valor total de recursos destinados ao fomento à inovação nas empresas.

Lei de Inovação: instrumentos de estímulo à inovação nas empresas

Segundo o art. 19 da Lei de Inovação, os instrumentos de estímulo à inovação nas empresas são os seguintes:

- Subvenção econômica.
- Financiamento.
- Participação societária.
- Bônus tecnológico.
- Encomenda tecnológicas.
- Concessão de bolsas.
- Uso do poder de compra do Estado.
- Fundos de investimentos, fundos de participação; títulos financeiros, incentivados ou não.
- Previsão de investimento em pesquisa e desenvolvimento em contratos de concessão de serviços públicos ou em regulações setoriais.

Fonte: Lei de Inovação: Lei nº 10.973/2004 (BRASIL, 2004).

Nesse sentido, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), em parceria com o Ipea, lançou a plataforma HUBTEC sobre encomendas tecnológicas, com informações sobre legislação, casos de sucesso, boas práticas, conteúdo técnico e eventos.



Segundo o Decreto nº 9.283 (BRASIL, 2018), que regulamentou a Lei nº 10.973/2004 (BRASIL, 2004), os órgãos e as entidades da Administração Pública poderão contratar diretamente ICT pública ou privada, entidades de direito privado sem fins lucrativos ou empresas, voltadas para atividades de pesquisa e de reconhecida capacitação tecnológica no setor, com vistas à realização de atividades de PD&I que envolvam risco tecnológico, para solução de problema técnico específico ou obtenção de produto, serviço ou processo inovador.

Raeun (2019) publicou a nota técnica "Atualização do mapeamento das encomendas tecnológicas no Brasil".⁵² Segundo esse mapeamento, foram realizadas 75 encomendas tecnológicas entre 2010 e setembro de 2019, que totalizaram cerca de R\$ 330 milhões a preços de 2019. Chamam atenção as iniciativas realizadas com recursos do P&D/Aneel e a consolidação da área de saúde como importante demandante.

4.5. Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil: a proposta do OCTI

A proposta desse conjunto de indicadores é avaliar o potencial e os gargalos das diferentes grandes regiões brasileiras e Unidades da Federação no que se refere às variáveis-chave que condicionam a dinâmica nessa área, dada a sua relevância ao desenvolvimento regional e local.

Um dos objetivos dos *Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil* é referenciar a formulação de políticas públicas voltadas ao fomento da CT&I no País. Outro foco são os indicadores que permitam mensurar elos de relações entre empresas e Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT), o que não é prática corrente em métricas de inovação no Brasil.


Esse conjunto de indicadores permeia forte interação do OCTI com os Serviços de Informação de Recursos Humanos para CT&I (CGEE), além de usos inovadores de bases de dados do CNPq, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Para construção dos indicadores estão sendo exploradas, ainda, as bases de dados reconhecidas nacionalmente como a Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec/IBGE), a Relação Anual de Informações Sociais (Rais) e a Plataforma Sucupira.

52 Disponível no sítio: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/191105_nt_53_diset.pdf.

Os indicadores são sistematizados conforme uma tipologia que se refere às diferentes naturezas que apresentam frente à dinâmica de sistemas de CT&I: insumos, processos, resultados e impactos. Essa tipologia, por sua vez, é formada por diferentes dimensões, com indicadores que lhes são específicos.

Esse conjunto de indicadores – entre outros que atendam aos desafios apresentados anteriormente, como os referentes aos instrumentos de apoio à inovação nas empresas (Lei de Inovação) – será objeto do próximo boletim temático do OCTI, que tem como objetivo a busca por informações que possibilite um olhar mais sistêmico para a produção do conhecimento científico, tecnológico e da inovação no Brasil.



Capítulo 5 | Desafios para
o Observatório de CTI:
considerações finais



Capítulo 5

5. Desafios para o Observatório de CTI: considerações finais

Esta primeira publicação anual do OCTI apresentou os resultados dos esforços realizados em 2020 no sentido de mapear e ampliar a compreensão sobre o desenvolvimento científico e tecnológico no País, entre outros fatores que auxiliem a entender a dinâmica do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

Em um País tão heterogêneo quanto o Brasil, é imprescindível que a formulação de políticas públicas e a tomada de decisão considerem as especificidades locais e regionais. Daí a proposta de uma cesta de indicadores que contemple a geografia não somente do território nacional, mas também a sua relação com o SNCTI. A partir dessa perspectiva de tentar compreender as especificidades da CT&I no Brasil, o OCTI propõe-se a realizar análises, pensar indicadores e a realizar um acompanhamento sistemático dos processos que podem, de alguma maneira, interferir no entendimento e no arranjo das políticas de CT&I.

Ao pensar nos desafios de compreensão e fomento ao desenvolvimento científico, a principal pergunta norteadora foi *Como está e para onde vai a ciência brasileira?*

Os mapeamentos sobre a produção científica estão cada vez mais difundidos nos espaços destinados à comunicação da ciência. Com a intensa expansão das grandes bases indexadoras (como a *Web of Science*, o *Google Scholar*, a *Scopus*) e com a ampliação do sistema de CT&I em diferentes contextos nacionais, o desafio de acompanhar os *esforços e as conquistas científicas* que se tornam, ainda, mais centrais para a gestão pública. Em geral, esses mapeamentos dependem do acesso aos dados ofertados pelas grandes corporações que produzem as bases científicas, desenhando, assim, importantes limitações para esse tipo de iniciativa.

Contudo os aparatos da ciência, tais como a estruturação e o aperfeiçoamento de universidades, a expansão de canais para a divulgação e para a comunicação entre pares e o próprio financiamento essencial para o rumo de diferentes pesquisas não são construídos à luz de uma *única régua de desenvolvimento*. Conforme expresso pelo *Manifesto de Leiden* (HICKS *et al.*, 2015), quase nunca os números frios expressam a dinâmica das áreas de conhecimento e de pesquisa, tampouco exaurem as possibilidades de compreender a diversidade de atuações e impactos.

As diferentes missões científicas encontram dificuldades para alcançar a visibilidade competitiva das grandes plataformas científicas, compreendido aqui seus vieses de objetivos, capacidade de coleta e disponibilização de dados. Além disso, os esforços de contabilizar as contribuições da ciência e de, eventualmente, avaliá-las, também geram consequências no contexto acadêmico-científico. São seus *efeitos sistêmicos*, para citar o próprio manifesto. Em outras palavras, os indicadores cientométricos não passam incólume dentro dos sistemas de CT&I, ao contrário, podem produzir desigualdades, endossar diagnósticos precipitados e influenciar estratégias, tanto políticas quanto científicas.

Nessa direção, torna-se imprescindível construir novas rotas de análise, capazes de abrir mão de pretensões rápidas e prematuras e assumir a transparência como critério central para seu desenvolvimento. Mediante o extraordinário volume de dados já disponível para análise, tal tarefa deve ser vista como desafio necessário para conhecer melhor as diferentes pesquisas feitas com participação brasileira, sem taxá-las como uma ciência sem conflitos. Nem sempre os indicadores são capazes de compreender os arranjos promovidos pelo contexto científico.

Foi com esse foco, e com o objetivo de ir além de sua forma de organização de dados científicos que o Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação produziu os dados aqui apresentados a partir do levantamento de mais de 320.000 publicações científicas na *Web of Science*. Cobrindo os anos de 2015 até o primeiro quartil de 2020, esse levantamento permitiu estabelecer como meta a identificação de dinâmicas importantes relativas à ciência feita por brasileiros, antes não observadas pela base de indexação da Clarivate.

Contudo mapeamentos científicos são tarefas árduas que, invariavelmente, se limitam às suas escolhas metodológicas. Para citar alguns exemplos, as análises de citação e cocitação estão presentes no arsenal de técnicas bibliométricas com grande capacidade informativa, mas novos modelos têm produzido mudanças no campo da cientometria. Entre elas, é possível citar o uso do processamento de linguagem natural para compreender os regimes semânticos dos resumos científicos. A técnica recorre ao conceito de *similaridade semântica* entre os resumos do *corpus* textual, utilizada na metodologia deste estudo.



Essa técnica instaura importante inquérito aos cientometristas, pois, de um lado, permite extrapolar suas análises para o campo do possível e do potencial, uma vez que as semelhanças e diferenças entre textos não se explicam apenas pela micropolítica das citações. Contudo, por outro lado, essa mesma característica extraordinária impõe desafios, uma vez que coloca para segundo plano os marcadores rígidos da interação científica. Ao passo que expõe uma ciência mais relacional, menos presa às citações duras e aos acoplamentos herdados de bibliografias, torna menos concreta a identificação dos laços entre cientistas e as próprias redes de sociabilidades.

Mas, enquanto uma técnica de leitura distanciada – ou *distant reading*, para citar sua forma anglófona –, sua aplicação parece render mais frutos que limitações. Além disso, considerando que as bases internacionais de indexação da produção científica são seletivas por definição, abrir mão de conceitos duros da bibliometria pode emancipar novas formas de compreender dinâmicas da produção científica, especificamente levando em conta suas marcas mais regionais e locais.

Por consequência, contornar a sub-representação é o objetivo final dessas rotas mais inovadoras, que trabalham *com e contra* a disponibilidade de dados na era digital. Os critérios de seleção e de organização das áreas de pesquisa, das cartografias nacionais e de suas redes de impacto são dados que podem ser *questionados*, antes de serem utilizados. É nesse ponto que o presente mapeamento encaixa-se, especificamente, ao tomar a arquitetura de informação disponível sobre a produção brasileira, para construir um conjunto de outros critérios de visibilidade e de análise cientométrica.

Assim, o que dava nomes às áreas de pesquisa na árvore de conhecimento da *Web of Science* é convocado para ser repensado, à luz de novas técnicas de partição.⁵³ Nesse contexto, a *clusterização* é aplicada como nova forma de ver a interação entre diferentes áreas de pesquisa, permitindo quebrar a estrutura rígida de sua categorização. Diferentes áreas podem ser orientadas a temas concêntricos, assim como uma mesma área pode se dividir entre diferentes missões científicas. É na aposta desse *novo design sobre a ciência feita com brasileiros*, que o presente mapeamento se dedica.

Os resultados desse mapeamento, portanto, indicam uma conclusão de grande destaque: a ciência brasileira não é uma estrutura única com diferentes ramos de especialização. Na verdade, são *várias ciências com objetivos compartilhados*. As pesquisas aqui mapeadas não se orientam somente às suas zonas disciplinares, mas dividem intenções e interesses difusos, formando um grande e vivo emaranhado de esforços para ultrapassar a fronteira dos conhecimentos.

53 Partição remete à possibilidade de dividir os dados e as informações em subconjuntos, com o intuito de agregar novas análises e gerar novas interpretações, antes não visíveis ao analista. Como exemplo, citam-se os *clusters* apresentados.

Além disso, o que antes poderia ser, precipitadamente, interpretado como áreas pequenas em demasia – como as áreas das Ciências Humanas e Sociais (tradicionalmente pouco cobertas nessas bases), ou como apenas mais um nicho de especialização nacional, como é o caso das pesquisas dedicadas à *biodiversidade brasileira* – revela-se como espaços extraordinariamente estratégicos em nossa ciência. A rede semântica da produção científica feita com participação brasileira indica, por exemplo, que o *cluster Educação* é o *maior conjunto convergente de pesquisas* nos últimos cinco anos, apesar de ter, internamente, pesquisas com diferentes objetivos e desafios frente ao cenário brasileiro. A explicação desse fato é simples: as áreas não conseguem refletir, isoladamente, os interesses que movem nossos cientistas.

Os resultados também revelam que o tema da biodiversidade não é apenas uma marca da ciência feita com brasileiros, ou apenas um nicho de nossas especializações. É o *tema com maior potencial de aproximar diferentes conjuntos de saberes*, desde as ciências médicas até as diferentes engenharias. Seu incrível potencial de estimular pesquisas em diferentes sentidos e direções indica o papel de destaque que ocupa na nossa produção científica.

Muitos outros resultados poderiam ser destacados como fruto da rica construção metodológica proposta por esse mapeamento. Porém um dos aspectos mais relevantes dessa reflexão é que esses *novos achados* sobre a produção científica são oriundos de um conjunto extenso de esforços do Sistema de CT&I, desde a sua capacidade de construir uma estrutura ativa de editoração de manuscritos científicos até a formação de novos recursos humanos na carreira científica.

A partir desses alicerces, como é possível verificar nos resultados apresentados, esses ricos *clusters* – ou agrupamentos temáticos – ganham característica expansiva, isto é, sua possibilidade de adensar e construir novas agendas públicas e eleger novos desafios, como é, por exemplo, o caso das pesquisas audaciosas sobre Covid-19. Como citam Carvalho e Brasil (2019), o impacto extracientífico, ou seja, aquele que é sentido no plano cultural mais amplo, participa, de forma indispensável, dos aprendizados e das decisões sobre o futuro das sociedades. Portanto, estima-se que esse Panorama da Ciência brasileira possa revelar aspectos decisivos sobre onde o País busca chegar nos próximos anos.



Referências

AKSNES, D. W.; VAN LEEUWEN, T. N.; SIVERTSEN, G. The effect of booming countries on changes in the relative specialization index (RSI) on country level. **Scientometrics**, 101, 1391-1401, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11192-014-1245-3>. Acesso em: 7 mar. 2021.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 1º nov. 2017.

BLONDEL, Vincent D. *et al.* Fast unfolding of communities in large networks. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, v. 2008, n. 10, p. P10008, Out 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Renaud-Lambiotte/publication/1913681_Fast_Unfolding_of_Communities_in_Large_Networks/links/odeec51f92c1bdf366000000/Fast-Unfolding-of-Communities-in-Large-Networks.pdf. Acesso em: 7 mar. 2021.

BORGATTI, Stephen P. Centrality and network flow. **Social Networks**, v. 27, n. 1, p. 55-71, 1º jan. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Stephen-Borgatti/publication/222538101_Centrality_and_Network_Flow/links/5a0df2caa6fdcc2b5b5debc7/Centrality-and-Network-Flow.pdf. Acesso em: 7 mar. 2021.

BRASIL JR., Antonio da Silveira; CARVALHO, Lucas Correia. O impacto da sociologia: cultura de citações e modelos científicos. **Revista Brasileira de Sociologia**, v. 8, n. 20, 2020. Disponível em: http://www.sbsociologia.com.br/rbsociologia/index.php/rbs/article/download/rbs.700/pdf_700. Acesso em: 7 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Portaria nº 1.122, de 19 de março de 2020**. Define as prioridades, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), no que se refere a projetos de pesquisa, de desenvolvimento de tecnologias e inovações, para o período 2020 a 2023. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-1.122-de-19-de-marco-de-2020-249437397>. Acesso em: 7 mar. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018**. Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9283.htm. Acesso em: 7 mar. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 10.534, de 28 de outubro de 2020b**. Institui a Política Nacional de Inovação e dispõe sobre a sua governança. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10534.htm. Acesso em: 7 mar. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.639, de 25 de maio de 1998**. Dispõe sobre amortização e parcelamento de dívidas oriundas de contribuições sociais e outras importâncias devidas ao Instituto Nacional do Seguro Social – INSS. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9639.htm#:~:text=L9639&text=LEI%20N%C2%BA%209.639%2C%20DE%2025%20DE%20MAIO%20DE%201998.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20amortiza%C3%A7%C3%A3o%20e%20parcelamento,1991%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 7 mar. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20estabelece%20medidas,218%20e%202019%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 7 mar. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Medida Provisória nº 2.143-31, de 2 de abril de 2001**. Altera dispositivos da Lei no 9.649, de 27 de maio de 1998, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/Antigas_2001/2143-31.htm#:~:text=MEDIDA%20PROVIS%C3%93RIA%20No%202.143,2%20DE%20ABRIL%20DE%202001.&text=Altera%20dispositivos%20da%20Lei%20n,Minist%C3%A9rios%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 7 mar. 2021.

CAVALCANTE, P. *et al.* **Inovação no Setor Público**: teoria, tendências e casos no Brasil. Brasília: Enap, Ipea, 2017. 274 p. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/171002_inovacao_no_setor_publico.pdf. Acesso em: 7 mar. 2021.

CGEE. **Missão e Objetivos**. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/missao-e-objetivos>. Acesso em: 7 abr. 2020.

COBO, M. J.; LÓPEZ-HERRERA, A. G.; HERRERA-VIDEIRA, E.; HERRERA, F. Science mapping software tools: Review, analysis and cooperative study among tools. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 62, n. 7, p. 1382-1402. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Cobo-3/publication/227733641_Science_



Mapping_Software_Tools_Review_Analysis_and_Cooperative_Study_Among_Tools/links/5a26775e4585155dd4219d16/Science-Mapping-Software-Tools-Review-Analysis-and-Cooperative-Study-Among-Tools.pdf. Acesso em: 7 mar. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Projeto indústria 2027**. Brasília: 2020. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canaais/industria-2027/>. Acesso em: 7 mar. 2021.

CROSS, Di; THOMSON, Simon; SIBCLAIR, Alexandra. Research in Brazil: a report for CAPES by Clarivate Analytics. **Clarivate Analytics**, 2018. Disponível em: <https://www.aguia.usp.br/noticias/relatorio-da-clarivate-para-capes-revela-panorama-da-producao-cientifica-do-brasil-2011-2016/>. Acesso em: 7 mar. 2021.

FAZLALI, Mahmood; MORADI, Ehsan; MALAZI, Hadi Tabatabaee. Adaptive parallel Louvain community detection on a multicore platform. **Microprocessors and Microsystems**, v. 54, p. 26-34, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014193311630240X>. Acesso em: 7 mar. 2021.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS – FINEP. **Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT – Subvenção Econômica à Inovação – 04/2020 – Tecnologias 4.0**. Disponível em: <http://finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/643>. Acesso em: 7 mar. 2021.

GOKHBERG, Leonid; FURSOV, Konstantin; MILES, Ian; PERANI, Giulio. Developing and using indicators of emerging and enabling technologies. In: **HANDBOOK OF INNOVATION INDICATORS AND MEASUREMENT**, Edward Elgar Publishing, ch. 15, p. 349-380, 2013. Disponível em: https://EconPapers.repec.org/RePEc:elg:eechap:14427_15. Acesso em: 7 mar. 2021.

GUIMARAES, Reinaldo *et al.* Política de ciência, tecnologia e inovação em saúde. **Ciênc. Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 881-886, mar. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232019000300881&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 feb. 2021.

HAMMARFELT, Björn. Beyond coverage: toward a bibliometrics for the humanites. In: OSCHNER, Michael; HUG, Svem E.; DANIEL, Hans-Dieter (Ed.). **Research assessments in the humanities: Towards criteria and procedures**. Zurich: Springer, 2016, p.115-131. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-29016-4.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2021.

HARZING, A. W.; ALAKANGAS, S. Google Scholar, Scopus and the *Web of Science*: A long-itudinal and cross-disciplinary comparison. **Scientometrics**, v. 106, n. 2, p. 787-804, 2016. DOI:10.1007/s11192-015-1798-9. Acesso em: 7 mar. 2021.

HICKS *et al.* The Leiden Manifesto for research metrics. **Nature**, v. 520, p. 429-431, 2015. Disponível em: <http://www.nature.com/news/bibliometrics-the-leiden-manifesto-for-research-metrics-1.17351>. Acesso em: 17 jan. 2021.

JOLY, Carlos A. *et al.* Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Rev. USP**, São Paulo, n. 89, maio 2011. Disponível em: http://rusp.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-99892011000200009&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 18 mar. 2021.

MACHADO, Weverthon. **Um panorama da pesquisa em saúde no Brasil**. Ipea – Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/179-um-panorama-da-pesquisa-em-saude-no-brasil>. Acesso em: 12 mar. 2021.

MARQUES, Fabrício. O duelo dos mega-journals: disputa entre PLOS One e Scientific Reports aponta mudanças no mercado de publicações científicas. **Pesquisa FAPESP**, v. 250, dez. 2016.

MARTÍN-MARTÍN, A.; THELWALL, M.; ORDUNA-MALEA, E.; DELGADO LÓPEZ-CÓZAR, E. Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, *Web of Science*, and OpenCitations" COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. **Scientometrics**, v. 126, p. 871-906, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11192-020-03690-4.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2021.

MARTINS, Bibiana Volkmer *et al.* Evolução e tendências da agenda de pesquisa internacional em inovação. **Rev. Adm. Empres.**, São Paulo, v. 59, n. 4, p. 293-307, Aug. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75902019000400293&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 16 fev. 2021.

MONGEON, P.; PAUL-HUS, A. The journal coverage of *Web of Science* and Scopus: a comparative analysis. **Scientometrics**, v. 106, n. 1, p. 213–228. 2016. DOI:10.1007/s11192-015-1765-5. Acesso em: 7 mar. 2021.



ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT – OCDE. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Paris: OCDE, 2015.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Education at a Glance 2020**: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris, 2020. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2020_69096873-en. Acesso em: 7 mar. 2021.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Going digital**. 2021. Disponível em: <https://www.thecommonwealth.io/partner-resources/oecd-going-digital/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Oslo Manual 2018**. Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation, 2018. 258 p. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264304604-en.pdf?expires=1618793580&id=id&accname=guest&checksum=B2EDCD8924815574A915511D7EE420AA>. Acesso em: 7 mar. 2021.

RAFOLS, I.; PORTER, A.L.; LEYDESDORFF, L. Science overlay maps: A new tool for research policy and library management. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 61, n. 9, p. 1871-1887. 2010. Disponível em: <http://users.sussex.ac.uk/~ir28/docs/2010-rafols-porter-leydesdorff-jasist.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2021.

RAUEN, André Tortato. **Atualização do mapeamento das encomendas tecnológicas no Brasil**. Rio de Janeiro: Ipea, nov. 2019. (Nota Técnica, 53). Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/191105_nt_53_diset.pdf. Acesso em: 7 mar. 2021.

ROSSETTO, G.A.R.S *et al.* Desafios dos estudos "estado da arte": estratégias de pesquisa na pós-graduação. **Educação: Saberes e Práticas**, v. 2, n. 1. p.1-15. 2013.

SAMPAIO, Pablo Azevedo. **Patrulha temporal**: taxonomia, métricas e novas soluções. 256f. 2013. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12283/1/Tese%20Pablo%20Sampaio.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2021.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Guia para candidat(x)s empreendedor(x)s prefeitos e vereadores**: como o Sebrae pode apoiar no

desenvolvimento econômico e social do município. São Paulo, 2020, p. 76-77. Disponível em: https://issuu.com/sebraesp/docs/guia_do_candidato_empreendedor_2020_-_digital_-_vf. Acesso em: 7 mar. 2021.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 1 Ago. 2010. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2883932/pdf/11192_2009_Article_146.pdf. Acesso em: 7 mar. 2021.

VELEZ-CUARTAS, Gabriel; LUCIO-ARIAS, Diana; LEYDESDORFF, Loet. **Regional and global science:** Latin American and Caribbean publications in the SciELO Citation Index and the *Web of Science*. 6 nov. 2015. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1510/1510.02453.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2020.

VISSER, Martijn; VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. **Large-scale comparison of bibliographic data sources:** Scopus, *Web of Science*, Dimensions, Crossref, and Microsoft Academic. 17 jan. 2021. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2005.10732>. Acesso em: 1 fev. 2021

WICKHAM, Hadley. **ggplot2:** Elegant Graphics for Data Analysis. 1st ed. 2009. Corr. 3rd printing 2010 edição ed. New York: Springer, 2009.



Anexos



Anexo 1 - Nota metodológica: definições para análise de rede de artigos

Quadro 12 – Definições centrais para o Observatório em Ciência, Tecnologia e Inovação

Definição	Explicação	Exemplo
Áreas de pesquisa WoS	As áreas de pesquisa constituem uma forma de categorização de periódicos, utilizada pela <i>Web of Science</i> , para organizar os assuntos da produção científica em sua base. No total, são 154 áreas elencadas, distribuídas em cinco grandes áreas de pesquisa (Tecnologias, Ciências da Vida e Biomedicina, Ciências sociais, Ciências físicas e Artes e Humanidades) e que podem ocorrer em um mesmo periódico científico.	Engenharias, Ciências ambientais e ecologia, Toxicologia, Dermatologia
Agrupamento temático	Os agrupamentos temáticos são subconjuntos de produções científicas, cuja frequência dos termos extraídos, de seus resumos e títulos formam relações fortes de proximidade contextual, constituindo um <i>cluster</i> . Esses agrupamentos permitem revelar, no interior da rede, além de temas específicos, temas transversais que podem envolver diferentes áreas de pesquisa da WoS. Além disso, esses agrupamentos demonstram o esforço direcionado aos principais desafios científicos nos últimos anos.	Solos e lavouras, doenças cardíacas e renais, tratamento de água e saneamento, agricultura e irrigação, nanopartículas, pecuária e aquicultura
Domínios temáticos	Os domínios temáticos abrangem publicações que apontam para um mesmo campo de atuação em temáticas próprias, independente de estarem em um mesmo agrupamento temático. Esses domínios transbordam as definições de <i>clusters</i> , pois combinam diferentes contextos para compreender diferentes zonas de interesses compartilhados por cientistas, inclusive contendo participações de diferentes áreas de pesquisa.	Saúde, agropecuária e nanotecnologia
Temáticas	São os assuntos mais recorrentes internamente a um agrupamento temático ou domínio temático, geralmente indexados por um conjunto de palavras-chave. As temáticas afins ou próximas constituem o interior de um agrupamento temático, porém pode ser compartilhadas em diferentes domínios temáticos.	Grafeno, agricultura de precisão, produção de vacinas, compactação do solo, química verde

Quadro 13 – Definições de centralidades de redes aplicadas no panorama da ciência brasileira

Centralidades	Definição	Aplicação na rede
Centralidade de grau	<p>Mede o número de arestas (conexões) que incidem sobre o nó, revelando sua importância para formação de laços com outros nós, que podem ser ponderados ou não pelo seu peso.</p>	<p>Na análise semântica, uma palavra-chave com grande centralidade de grau possui grande conexão de coocorrência ou semântica com outras palavra-chave.</p> <p>O mesmo raciocínio aplica-se para <i>clusters</i> e similaridade entre resumos.</p>
Centralidade de autovetor	<p>Mede o quanto um nó está adjacente aos nós que também possuem pontuações altas de grau.</p> <p>Essa centralidade reforça o pressuposto de que, se um nó influencia outro nó altamente conectado, o mesmo goza de um lugar privilegiado para a formação da rede.</p> <p>Nós conectados a nós populares desempenham papel importante no fenômeno relacional analisado.</p>	<p>Na análise semântica, uma palavra-chave com grande centralidade de autovetor possui grande influência na coocorrência de palavras no domínio temático estudado, uma vez que está conectada com palavras que são bem populares por indexação, de forma geral.</p> <p>O mesmo raciocínio aplica-se para <i>clusters</i> e similaridade entre resumos.</p>
Centralidade de intermediação ou betweenness	<p>Considera o quanto um nó é decisivo para que todos os caminhos da rede possam ser traçados, passando por ele.</p> <p>Ao considerar as probabilidades de tais caminhos serem traçados, o nó com alta centralidade de intermediação desempenha papel essencial para aproximação de diferentes comunidades na rede.</p>	<p>Na análise semântica, uma palavra-chave com grande centralidade de intermediação indica uma característica ponte na formação da rede, podendo ser considerada como uma palavra que aproxima diferentes contextos de indexação.</p> <p>O mesmo raciocínio aplica-se para <i>clusters</i> e similaridade entre resumos.</p>



Anexo 2 - Frequência dos artigos extraídos segundo as áreas da WoS

A tabela a seguir apresenta as áreas WoS com maiores frequências no conjunto de artigos coletados. Como cada periódico e, por conseguinte, cada artigo recebe da WoS a indexação de mais de uma área de pesquisa, o total das frequências mostradas na tabela não corresponde ao total de artigos coletados na base.

Tabela 9 – Áreas com artigos coletados em WoS

Áreas	Frequência	Áreas	Frequência
Engineering	23.778	Business & Economics	8.201
Agriculture	23.378	Food Science & Technology	8.187
Chemistry	22.840	Education & Educational Research	8.149
Physics	17.301	Neurosciences & Neurology	7.681
Environmental Sciences & Ecology	16.417	Zoology	7.584
Science & Technology - Other Topics	14.527	Veterinary Sciences	7.534
Materials Science	14.127	Dentistry, Oral Surgery & Medicine	7.500
Biochemistry & Molecular Biology	10.085	Astronomy & Astrophysics	5.239
Plant Sciences	9.389	Microbiology	5.135
Mathematics	9.203	Parasitology	4.883
Public, Environmental & Occupational Health	8.916	Biotechnology & Applied Microbiology	4.687
Computer Science	8.663	Surgery	4.577
Pharmacology & Pharmacy	8.320	Nursing	4.387

Áreas	Frequência	Áreas	Frequência
Marine & Freshwater Biology	4.372	Tropical Medicine	3.232
Nutrition & Dietetics	4.362	Psychiatry	3.160
Genetics & Heredity	4.278	Government & Law	3.153
Infectious Diseases	4.020	Forestry	3.143
Geology	4.004	Water Resources	3.132
Social Sciences - Other Topics	3.975	History	3.114
Immunology	3.934	Linguistics	3.098
Life Sciences & Biomedicine - Other Topics	3.876	Endocrinology & Metabolism	3.095
General % Internal Medicine	3.800	Toxicology	3.026
Energy & Fuels	3.691	Polymer Science	2.883
Sport Sciences	3.517	Research & Experimental Medicine	2.875
Entomology	3.510	Oncology	2.796
Cell Biology	3.376	Arts & Humanities - Other Topics	2.758
Psychology	3.331	Literature	2.664
Cardiovascular System & Cardiology	3.281	Physiology	2.501



Anexo 3 – Nota metodológica: ferramentas de análise

Para a análise dos *clusters* temáticos, algumas ferramentas computacionais voltadas à bibliometria, cientometria e estatística foram utilizadas. A seguir, apresenta-se breve descrição dessas abordagens e dos dados e gráficos gerados a partir dela.

Diagrama estratégico

O diagrama estratégico é definido por dois eixos: um vertical (métrica de densidade das palavras-chave) e outro horizontal (métrica de centralidade das palavras-chave), conforme o exemplo abaixo. A métrica de densidade mede a força dos laços internos entre todas as palavras-chave que descrevem determinado tema. Por sua vez, a métrica de centralidade fornece medidas de como a comunidade se posiciona em relação às demais – se se trata de um tema mais central, que se liga a outros temas, ou mais periférico. O diagrama estratégico é uma forma de visualização que une frequência – o tamanho dos círculos revela a quantidade de termos associado a cada comunidade de palavras-chave – e posição relacional em um campo semântico – a localização de acordo com os eixos densidade e centralidade.

O quadrante superior à direita é o que reúne as temáticas com as maiores métricas de centralidade e densidade e, portanto, com alto grau de laços internos entre as palavras-chave e de laços externos com outros temas.

Os termos que se encontram no quadrante superior à esquerda têm laços internos fortes, mas, quanto mais distantes do centro do mapa, menor a conexão com o restante das outras comunidades temáticas. São, portanto, termos que estão muito associados e tendem a refletir temas altamente centrados, denotando quase especializações dentro de uma especialidade. No quadrante inferior à esquerda, localizam-se os agrupamentos temáticos com baixa centralidade e densidade. Assim, podem indicar tanto a marginalidade quanto a incipiente ascensão de temas na área. Por fim, no quadrante inferior direito, encontram-se aqueles termos que configuram agrupamentos temáticos com baixa densidade e alta centralidade. No limite, são termos que, embora possam ser agrupados

em comunidades, sua principal característica reside na transversalidade de seus termos por todo o *corpus* de nossa amostra. O gráfico 30 é inspirado no mapa temático do *software* Bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

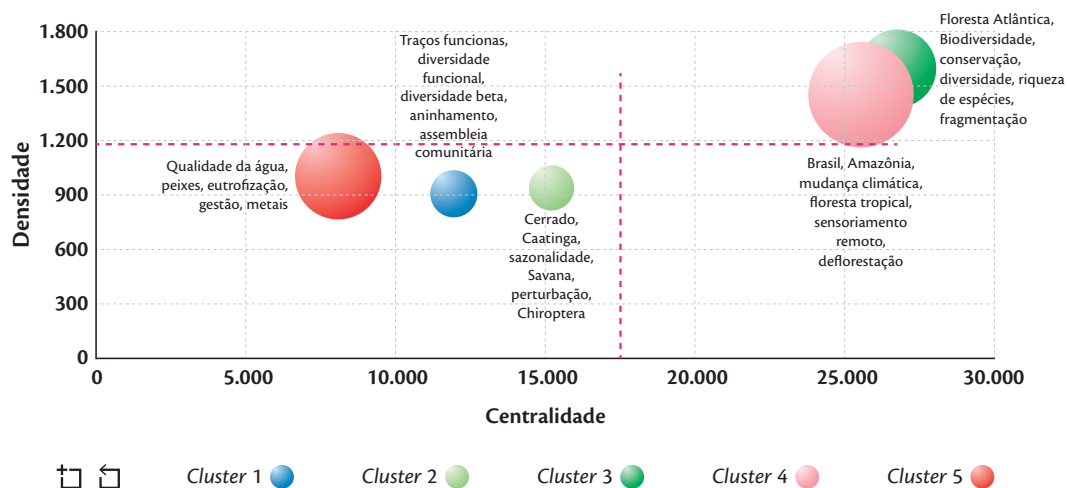


Gráfico 30 – Modelo de diagrama estratégico para fins explicativos (2015-2020)

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Linha do tempo

A linha do tempo (*timeline*) é um gráfico de linha do tempo tendo no eixo x (horizontal) o ano médio e, no eixo y (vertical), as palavras-chave dos autores indexadas nos artigos da amostra. O ano médio é calculado pela média aritmética ponderada, quer dizer, multiplica-se cada valor do conjunto de dados (ano) pelo seu peso (frequência das palavras-chave). Para cada conjunto de palavras-chave, foi designado um subgrupo para que se facilite a identificação de temas recorrentes no interior de determinado agrupamento. Como exemplo, há a seguir o gráfico do *cluster Biodiversidade*.

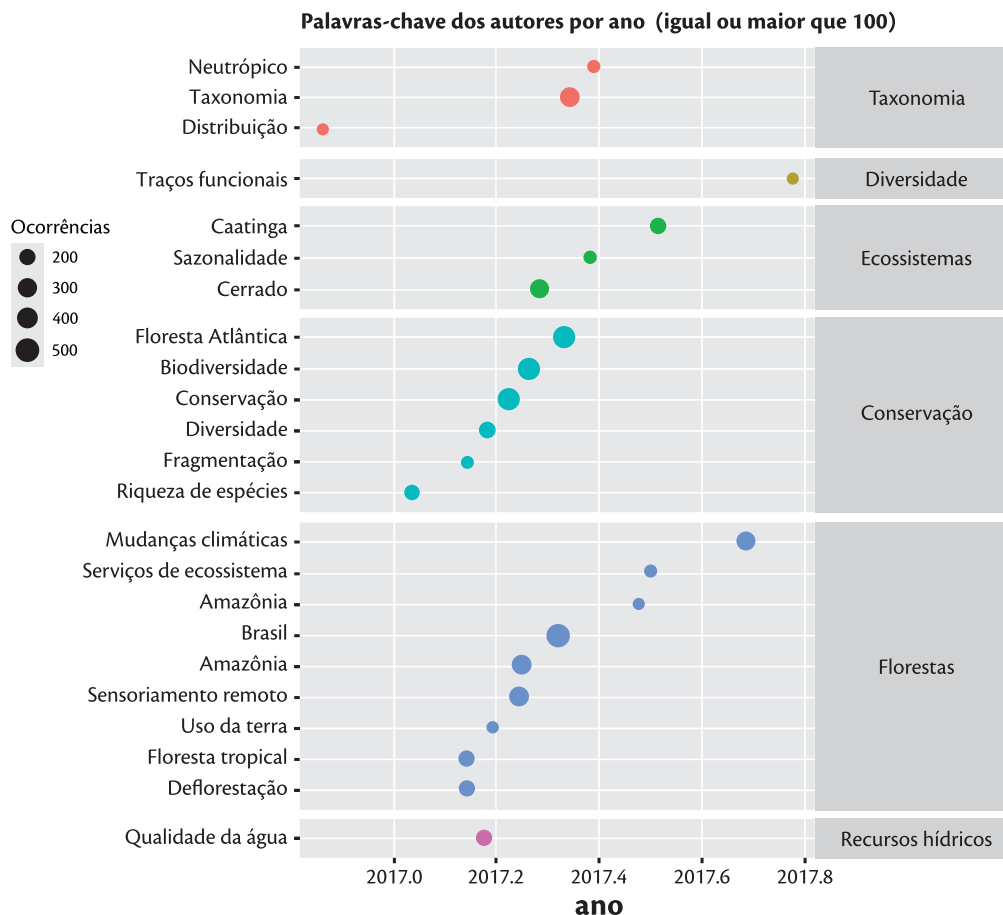


Gráfico 31 – Linha do tempo exemplificativa para caráter explicativo

Fonte: *Web of Science*, dados extraídos em maio de 2020.

Segundo os dados extraídos da plataforma WoS, a palavra-chave *functional traits*, pertencente ao subagrupamento *Diversidade*, teve a seguinte frequência ao longo período abarcado pela análise: 2015 (9 indexações), 2016 (14 indexações), 2017 (17 indexações), 2018 (20 indexações), 2019 (28 indexações) e 2020 (11 indexações). Para criação da linha do tempo, foi utilizado o arquivo de rede de cocitação das palavras-chave dos autores gerado pelo *software* VosViewer (VAN ECK; WALTMAN, 2010), no qual é realizado automaticamente o cálculo do ano médio. Em posse desses dados, foi possível manipulá-los para a criação da linha do tempo em um gráfico de pontos utilizando o pacote *ggplot2* da linguagem de programação R (WICKHAM, 2009).

Referências

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 1º nov. 2017.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 1º ago. 2010. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2883932/pdf/11192_2009_Article_146.pdf. Acesso em: 7 fev. 2021.

WICKHAM, Hadley. **ggplot2**: Elegant Graphics for Data Analysis. 1st ed. 2009. Corr. 3rd printing 2010 edição ed. New York: Springer, 2009.



Listas



Lista de figuras

Figura 1 – Produção científica brasileira em relação à produção global	22
Figura 2 – Mapa da ciência da produção científica brasileira, <i>Web of Science</i> (2015-2020)	43
Figura 3 – Mapa da ciência da produção científica brasileira, SciELO (2015-2020)	44
Figura 4 – Rede de similaridade semântica dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira por ano	48
Figura 5 – Os 10 maiores <i>clusters</i> da rede da produção científica brasileira, segundo o número de artigos (2015-2020)	50
Figura 6 – 25 <i>clusters</i> da rede da produção científica brasileira, segundo o número de artigos	51
Figura 7 – Descrição dos passos metodológicos para análise dos 35 <i>clusters</i> temáticos da rede de similaridade semântica da produção científica brasileira	56
Figura 8 – Rede dos 35 agrupamentos temáticos formada a partir da rede de similaridade semântica da produção científica com participação brasileira	57
Figura 9 – Rede bipartida entre termos e <i>clusters</i> dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira (excluídos termos únicos)	58
Figura 10 – Rede bipartida entre termos e <i>clusters</i> dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira (excluídos termos com recorrência menor que 10)	59
Figura 11 – Rede bipartida entre termos e <i>clusters</i> dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira (excluídas as relações entre termos- <i>clusters</i> , com peso menor que 10)	60
Figura 12 – Rede de similaridade semântica com destaque para os <i>clusters</i> com o maior número de documentos	62
Figura 13 – Rede de similaridade semântica com destaque para os <i>clusters</i> de maior centralidade de autovetor	63
Figura 14 – Rede de similaridade semântica com destaque para os <i>clusters</i> de maior <i>betweenness</i>	63
Figura 15 – Diagrama estratégico: definição dos quadrantes	75
Figura 16 – Mapa da ciência de <i>Nanotecnologia</i>	122
Figura 17 – Rede de coocorrência de palavras-chave em artigos indexados na área de pesquisa <i>Engenharia</i> (até maio de 2020). Recorrência mínima de 10 vezes	125

Figura 18 – Rede de similaridade semântica de artigos e <i>reviews</i> publicados (1990 a maio de 2020)	136
Figura 19 – Rede de similaridade semântica de artigos e <i>reviews</i> publicados em 2020 (até junho)	137
Figura 20 – Rede de similaridade semântica de artigos indexados sobre Covid-19 em 2020 na <i>Web of Science</i>	138
Figura 21 – Distribuição por país da produção científica mundial sobre Covid-19 (2020)	146

Lista de gráficos

Gráfico 1 – <i>Ranking</i> das áreas de pesquisa com o maior número de artigos a partir de toda produção global indexada na <i>Web of Science</i> (2015-2020)	22
Gráfico 2 – Participação das áreas de pesquisa por ano em artigos com, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira	23
Gráfico 3 – Participação relativa das áreas de pesquisa por ano em artigos com, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira (entre 2015 e 2020)	25
Gráfico 4 – Índices de especialização mais relevantes na grande área <i>Ciências da Vida e Biomedicina</i> , considerando artigos científicos (2015 a 2020)	27
Gráfico 5 – Distribuição percentual da participação de países na colaboração internacional dos artigos com a participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira	28
Gráfico 6 – Distribuição dos artigos com participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira por ano	46
Gráfico 7 – Revistas com maior número de artigos do <i>cluster Educação</i>	67
Gráfico 8 – Distribuição das palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o <i>cluster Educação</i> , por ano	69
Gráfico 9 – Distribuição das palavras-chave dos artigos compõem o <i>cluster Educação</i> , nos dois últimos anos	73
Gráfico 10 – Diagrama estratégico do <i>cluster Educação</i>	74
Gráfico 11 – Revistas com maior número de artigos do <i>cluster Biodiversidade</i>	83
Gráfico 12 – Distribuição das palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o <i>cluster Biodiversidade</i> , por ano	87
Gráfico 13 – Distribuição das palavras-chave do <i>cluster Biodiversidade</i> , por ano	88
Gráfico 14 – Diagrama estratégico do <i>cluster Biodiversidade</i>	88



Gráfico 15 – Revistas com maior número de artigos do <i>cluster Saúde Pública</i>	99
Gráfico 16 – Revistas com maior número de artigos do <i>cluster Atenção primária à saúde</i>	99
Gráfico 17 – Distribuição das palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o <i>cluster Saúde Pública</i> , por ano	101
Gráfico 18 – Distribuição das palavras-chave com frequência igual ou maior que 100 que compõem o <i>cluster Atenção primária à saúde</i> , por ano	102
Gráfico 19 – Distribuição das palavras-chave dos artigos compõem o <i>cluster Saúde Pública</i> , nos dois últimos anos	104
Gráfico 20 – Distribuição das palavras-chave dos artigos que compõem o <i>cluster Atenção primária à saúde</i> , nos dois últimos anos	105
Gráfico 21 – Frequência de palavras-chave por ano, <i>cluster Saúde Pública</i>	106
Gráfico 22 – Frequência de palavras-chave por ano, <i>cluster Atenção primária à saúde</i>	107
Gráfico 23 – Diagrama estratégico do <i>cluster Saúde Pública</i>	108
Gráfico 24 – Diagrama estratégico do <i>cluster Atenção primária à saúde</i>	109
Gráfico 25 – Distribuição das palavras-chave dos artigos do <i>cluster Pecuária e aquicultura</i> , por ano	120
Gráfico 26 – Distribuição das palavras-chave dos artigos do <i>cluster Agricultura e irrigação</i> , por ano	121
Gráfico 27 – Diagrama estratégico do <i>cluster Nanopartículas (2015 a 2017)</i>	123
Gráfico 28 – Diagrama estratégico do <i>cluster Nanopartículas (2018 a 2020)</i>	124
Gráfico 29 – Distribuição das palavras-chave da produção científica brasileira com maiores frequências (de 2015 a maio de 2020)	131
Gráfico 30 – Modelo de diagrama estratégico para fins explicativos	184
Gráfico 31 – Linha do tempo exemplificativa para caráter explicativo	185

Lista de quadros

Quadro 1 – Posicionamento dos <i>clusters</i> temáticos no tempo (2015, 2017 e 2019)	53
Quadro 2 – Classificações relativas dos <i>clusters</i> temáticos no tempo (2015-2019)	54
Quadro 3 – Lista dos códigos dos 35 <i>clusters</i> temáticos da rede de similaridade semântica da produção científica brasileira (de 2015 a maio de 2020)	61
Quadro 4 – Principais instituições vinculadas dos autores dos artigos do <i>cluster Educação</i>	66
Quadro 5 – Principais instituições vinculadas dos autores dos artigos do <i>cluster Biodiversidade</i>	83
Quadro 6 – Principais instituições vinculadas aos autores dos artigos do <i>cluster Saúde Pública</i>	98
Quadro 7 – Principais instituições vinculadas aos autores dos artigos do <i>cluster Atenção primária à saúde</i>	98
Quadro 8 – Principais termos e linhas de pesquisa dos seis principais <i>clusters</i> da rede de coocorrência de palavras-chave em artigos indexados na área de pesquisa Engenharia (2015-2020)	125
Quadro 9 – <i>Top 5</i> : os <i>clusters</i> temáticos com mais artigos indexados sobre Covid-19 (2020)	140
Quadro 10 – Artigos mais acessados segundo as instituições nacionais de origem dos autores	147
Quadro 11 – Tecnologias habilitadoras, emergentes ou de uso geral (GPT): MCTI, CNI, Finep e Fundação Vazollini	161
Quadro 12 – Definições centrais para o Observatório em Ciência, Tecnologia e Inovação	179
Quadro 13 – Definições de centralidades de redes aplicadas no panorama da ciência brasileira	180

Lista de fórmulas

Fórmula 1 – Fórmula do índice de especialização da produção científica por áreas de pesquisa	25
--	----



Lista de tabelas

Tabela 1 – Áreas de pesquisa com maior número de artigos do <i>cluster Educação</i>	67
Tabela 2 – <i>Top 10</i> : artigos mais citados em <i>Educação</i>	76
Tabela 3 – Áreas de pesquisa com maior número de artigos do <i>cluster Biodiversidade</i>	84
Tabela 4 – <i>Top 10</i> : artigos mais citados em <i>Biodiversidade</i>	89
Tabela 5 – Áreas de pesquisa com maior número de artigos dos <i>clusters Saúde Pública e Atenção primária à saúde</i>	100
Tabela 6 – <i>Top 10</i> : artigos mais citados em <i>Saúde Pública</i>	109
Tabela 7 – <i>Top 10</i> : artigos mais citados em <i>Atenção primária à saúde</i>	111
Tabela 8 – <i>Clusters</i> com maior número de produções científicas sobre Covid-19 (2020)	139
Tabela 9 – Áreas com artigos coletados em WoS	181

Lista de imagens

Imagem 1 – Níveis de análise para o mapeamento da ciência brasileira do OCTI	40
Imagem 2 – Distribuição dos países coautores na produção científica brasileira do <i>cluster Educação</i> e nuvem de termos	66
Imagem 3 – Distribuição dos países coautores na produção científica brasileira do <i>cluster Biodiversidade</i> e nuvem de termos	82
Imagem 4 – Distribuição dos países coautores na produção científica brasileira do <i>cluster Atenção primária à saúde</i> e nuvem de termos	96
Imagem 5 – Distribuição dos países coautores na produção científica brasileira do <i>cluster Saúde Pública</i> e nuvem de termos	97

Lista de siglas e abreviaturas

ABDI | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Brics | Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
BU | *botton-up*
Capes | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CENDES-UCV | Centro de Estudios del Desarrollo da Universidad Central de Venezuela
CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Cimatec | Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
CT&I | ciência, tecnologia e inovação
CTA | conhecimento tradicional associado
Enap | Escola Nacional de Administração Pública
FAO-ONU | Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FAS | Fundação Amazonas Sustentável
GEBio | Grupo de Estudos em Bioeconomia da UFRJ
ICT | Instituições de Ciência e Tecnologia
Idesan | Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia
IESP-UERJ | Instituto de Estudos Sociais e Políticos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro
IFCS | Instituto de Filosofia e Ciências Sociais
ITS | Instituto de Tecnologia e Sociedade
JCNE | Jovem Cientista do Nosso Estado
MAG | Modelo de Avaliação Global
MET | microscopia eletrônica de transmissão
MS | Ministério da Saúde
N&N | nanotecnologias e das nanociências
NPISH | *non-profit institutions serving households*
OCDE | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OCTI | Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação
ODS | Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU | Organização das Nações Unidas
PG | patrimônio genético
Pintec | Pesquisa de Inovação Tecnológica
PPGSA/UFRJ | Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Antropologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
PQ | produtividade em pesquisa
Rais | Relação Anual de Informações Sociais
Sebrae | Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
Senai | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SI | *Specialization Index*
SNCTI | Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
SUS | Sistema Único de Saúde
TD | *top-down*



TF-IDF | *term frequency–inverse document frequency*

UFF | Universidade Federal Fluminense

UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais

UFPR | Universidade Federal do Paraná

UFRGS | Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina

Unicamp | Universidade Estadual de Campinas

USP | Universidade de São Paulo

WoS | *Web of Science*



O CGEE, consciente das questões ambientais e sociais, utiliza papéis com certificação (Forest Stewardship Council®) na impressão deste material. A certificação FSC® garante que a matéria-prima é proveniente de florestas manejadas de forma ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável, e outras fontes controladas. Impresso na Gráfica Teixeira - Certificada na Cadeia de Custódia - FSC



Acesse www.cgee.org.br/energia



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL