WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

Pesquisa FAPESP

SETEMBRO DE 2024 | ANO 25, N. 343

UM FILTRO SOLAR PARA A TERRA?

Injetar partículas na atmosfera poderia reduzir o aquecimento global, mas os efeitos colaterais talvez sejam maiores do que os benefícios

Taxa de vacinação em crianças de até 2 anos volta a subir a partir de 2022

Personagens anônimos ganham espaço em estudos sobre a Guerra do Paraguai

Gripe aviária mata leões-marinhos em Santa Catarina e ameaça outros mamíferos

Conflitos causados pela mineração se agravam com demandas da transição energética

Novas técnicas de cultivo de citros procuram conter o avanço do greening

Não há sustentabilidade na Amazônia sem inclusão social, diz reitor da UFPA

COMUNICADO

Pesquisa FAPESP foi lançada em bancas em 2002, com preço de capa de R$ 9,50. O valor nunca foi reajustado porque a prioridade da revista é alcançar o maior número possível de pessoas. Para isso, depende de uma parceria com distribuidoras e bancas que permite a comercialização em todo o Brasil.

Os crescentes custos de distribuição e a remuneração insuficiente dos jornaleiros hoje dificultam essa operação. Por isso, a partir de outubro, o preço de capa será R$ 20. Em respeito aos nossos leitores de bancas, informamos antecipadamente esse aumento.

A edição impressa é produzida com um cuidado especial, mas lembramos que nosso conteúdo está disponível on-line.

Pesquisa
FAPESP

SETEMBRO 2024

5 CARTA DA EDITORA
6 NOTAS

CAPA
12 Liberar aerossóis na atmosfera esfriaria a Terra, mas poderia causar mais problemas climáticos

20 Desde meados de 2023, o planeta vive com alta de 1,5 °C na temperatura média

22 Aquecimento global intensificou seca e calor durante incêndios de junho no Pantanal

24 Bactérias nos troncos de árvores amazônicas absorvem metano

ENTREVISTA
28 O biólogo Adalberto Val descobriu como os peixes resistem às variações de oxigênio

PLANEJAMENTO
34 Conferência mobiliza pesquisadores e vai municiar um plano nacional de CT&I

ENTREVISTA
38 Emmanuel Tourinho, reitor da UFPA, diz que degradação social na Amazônia põe conservação em xeque

INDICADORES
40 *Relatório de atividades FAPESP* mostra que demanda de bolsas e auxílios recuperou o fôlego em 2023

BOAS PRÁTICAS
44 Biólogo denuncia esquema de compra de citações usando artigos falsos atribuídos a um gato

DADOS
47 Cai número de publicações científicas no mundo

SAÚDE PÚBLICA
48 Cobertura de vacinas para crianças de até 2 anos volta a subir a partir de 2022

EPIDEMIOLOGIA
52 Suicídio por consumo de remédios aumentou 2,6 vezes em 20 anos

Capa
Judson Castro / Marcos Kulenkampff / Getty Images

Pesquisa FAPESP 343

Garimpo ilegal na Terra Indígena Kayapó, no Pará: associação com facções criminosas agrava violência (GEOGRAFIA, P. 83)

FOTO FELIPE WERNECK / IBAMA

1

Gripe aviária de leões-marinhos em Santa Catarina levanta suspeita de transmissão entre mamíferos (VETERINÁRIA, P. 57)

MEDICINA
54 Variante do vírus Oropouche pode facilitar a transmissão da doença

IMUNOLOGIA
56 Imunizante do Butantan reduz em 89% o risco de desenvolver dengue grave

VETERINÁRIA
57 Vírus H5N1, da gripe aviária, mata leões-marinhos na América do Sul

PALEONTOLOGIA
60 Fezes fossilizadas de aves abrigam registros de infecção por protozoários

ENTREVISTA
62 Crise climática eleva a insegurança alimentar na África, diz sociólogo Miguel de Barros, da Guiné-Bissau

AGRONOMIA
66 Novas técnicas de cultivo procuram conter o avanço do greening na citricultura

AMBIENTE
70 Manter a palha sobre o campo contribui para a redução de gases de efeito estufa

BIOTECNOLOGIA
74 Avançam pesquisas brasileiras para produzir carne a partir de células cultivadas

GEOGRAFIA
78 Extração de minerais necessários à transição energética intensifica a ocorrência de conflitos no Brasil

83 Narcotráfico se associa ao garimpo ilegal na Amazônia

HISTÓRIA
84 Novas perspectivas buscam ampliar o entendimento sobre a Guerra do Paraguai

OBITUÁRIO
88 Antonio Delfim Netto (1928-2024)

MEMÓRIA
90 Até o final do século XVIII, fósseis eram vistos como monstros no Brasil

ITINERÁRIOS DE PESQUISA
94 O antropólogo Autaki Waurá, da etnia Wauja, rastreia em museus a cerâmica produzida por seu povo

RESENHA
96 *Comer o pão, viver a cidade. Classe, etnicidade e sociabilidades em São Paulo do início do século XX*, de Ana Lucia Duarte Lanna. Por Janine Helfst Leicht Collaço

97 COMENTÁRIOS
98 FOTOLAB

WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

VÍDEOS
Negativos de vidro
Instituições centenárias com tradição de pesquisa guardam acervos de fotos que retratam a ciência do começo do século XX

Café brasileiro, cada vez mais refinado
Melhoramento genético e novas técnicas de cultivo aumentam a qualidade da bebida no país

PODCAST
Bullying nas escolas
As iniciativas de pesquisadores para estimular a convivência pacífica no ambiente escolar.
E mais: ferroadas; briófitas; resíduos

Este conteúdo está disponível no site www.revistapesquisa.fapesp.br, que contém, além de edições anteriores, versões em inglês e espanhol e material exclusivo

FOTOS 1 PMP-BS/UNIVILLE 2 FUNDO POLIDORO DA FONSECA QUINTANILHA JORDÃO/ ARQUIVO NACIONAL

2

Mulheres e crianças retratadas no interior do Paraguai, em 1867: maior conflito da América Latina deixou estimados 100 mil mortos (HISTÓRIA, P. 84)

Esfriar o planeta

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

A ciência, como todas as atividades humanas, frequentemente enfrenta dilemas éticos. Muito comuns em áreas que desenvolvem pesquisas com animais, também estão presentes nas chamadas ciências duras. O estudo do clima e de como a atividade humana impacta as variações de temperatura do nosso planeta envolve pensar em estratégias de mitigação. Mas até onde podemos (pesquisar formas de) intervir para reduzir as consequências de nossas ações se corremos o risco de criar novos efeitos nocivos à Terra?

À medida que os resultados do aquecimento global se tornam uma realidade cotidiana, ganha espaço a discussão sobre uma linha de pesquisa polêmica, a geoengenharia solar. Enquanto aproximadamente 70% da radiação emitida pelo Sol é absorvida pela atmosfera e superfície terrestres, uma parte é refletida de volta ao espaço. Essa abordagem procura aumentar a proporção refletida, tornando o planeta um pouco mais frio.

A ideia começou a circular nos anos 1960, mas os estudos ainda estão basicamente restritos a modelagens climáticas e ambientais. A reportagem de capa desta edição discute o conceito e aborda as resistências a testes experimentais (*página 12*). E coloca a pergunta: é razoável financiar pesquisas sobre técnicas que, na melhor das hipóteses, apenas mitigam os efeitos do aquecimento global, sem enfrentar as causas?

A discussão sobre políticas voltadas para enfrentar grandes desafios da sociedade foi um dos temas tratados na Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. Realizada em Brasília, entre 30 de julho e 1º de agosto, foi a quinta edição desse encontro – a primeira ocorreu em 1985, na redemocratização. Com caráter consultivo, a conferência tem como objetivo reunir sugestões e propostas para formular um plano nacional de CT&I dos próximos 10 anos (*página 34*).

Ainda na arena das políticas públicas, uma notícia positiva. Levantamento realizado por *Pesquisa FAPESP* mostra que as taxas de vacinação infantil voltaram a crescer, após apresentarem queda entre 2016 e 2021. Reportagem à página 48 relata a subida considerável do alcance de nove vacinas, embora as taxas de vacinação dos 13 imunizantes que compõem o calendário nacional para crianças de até 2 anos ainda não tenham voltado aos patamares de 2015.

A área da saúde, sempre presente na revista, aparece também em enfoques mais preocupantes nesta edição, ao lado de um feito animador. Há reportagens sobre o aumento no número de suicídios por medicamentos no país (*página 52*) e o registro das primeiras mortes causadas pelo vírus Oropouche (*página 54*); a boa-nova é a proteção oferecida pela vacina da dengue do Instituto Butantan, em fase final de ensaios clínicos (*página 56*).

Não é novidade que a atividade de mineração causa conflitos sociais no Brasil, principalmente em relação à posse da terra e ao acesso à água. Iniciativa de pesquisadores de várias instituições, movimentos sociais e ONG, o Observatório dos Conflitos da Mineração no Brasil mapeia esses dados, compilados em estudo recém-publicado (*página 78*). Destaca-se o risco de acentuação desses conflitos por conta da corrida pela exploração dos minerais críticos à transição energética, indispensáveis para uma economia de baixo carbono. A atração de mineradoras para novas localidades, muitas vezes de difícil acesso, e a participação de empresas menores, mais difíceis de serem submetidas à legislação e ao escrutínio público, são alguns dos desafios a enfrentar.

NOTAS

1

Furacão elimina beija-flores polinizadores

Dois tipos de helicônias – plantas com vistosas flores de cor vermelha e laranja – da ilha de Dominica, no Caribe, tinham apenas um polinizador, o beija-flor caribe-de-garganta-púrpura (*Eulampis jugularis*). Em setembro de 2017, porém, o furacão Maria – além de danificar edifícios e provocar cortes de energia elétrica e a morte de 33 moradores da região – eliminou três quartos da população dessa ave e causou uma mudança no ciclo de reprodução das plantas, de acordo com estudo de um grupo internacional que inclui os ecólogos brasileiros Fernando Gonçalves, em estágio de pós-doutorado na Universidade de Zurique, na Suíça, e Mauro Galetti, da Universidade Estadual Paulista (Unesp). Depois do furacão, a equipe documentou outras quatro espécies de aves visitando as flores. Isso levou a rever os temores de extinção. "Não é tão simples assim, o fenômeno quebra a relação de coadaptação e outros indivíduos podem dominar a polinização e ocupar o papel das espécies que diminuíram", disse Gonçalves à *Agência Bori*. "A trajetória evolutiva flutua, não é tão restrita quanto pensávamos." Agora, o grupo pretende avaliar os impactos de fenômenos naturais sobre o comportamento evolutivo de outras espécies. "Estamos monitorando outros furacões na região para voltar lá e entender suas consequências" (*New Phytologist*, 11 de julho; *Agência Bori*, 12 de julho).

O caribe-de-garganta-púrpura entre helicônias: substituído por outras espécies

Cacto sem espinhos vive em toca

Uma coroa que emerge do solo de areia quartzítica, apresentando uma flor amarelada no centro, que lembra um desenho infantil de Sol, com um miolo rodeado de riscos radiais. Trata-se de um cacto subterrâneo e sem espinhos que cabe na palma da mão, *Uebelmannia nuda*, exclusivo do Parque Nacional das Sempre-Vivas, na serra do Espinhaço (MG). O gênero *Uebelmannia* tem quatro espécies, uma das quais coexiste com *U. nuda*, e todas são muito espinhudas e com caules aparentes acima do solo, o que destaca o novo achado. "Essa espécie notável é tão distinta que foi possível para nosso grupo de colaboradores efetuar a descrição rapidamente, de modo que o ICMBio [Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade] possa elaborar planos de monitoramento e ações de conservação", conta a botânica Daniela Zappi, da Universidade de Brasília (UnB). Próxima a Diamantina, no norte de Minas Gerais, a área é de difícil acesso: a expedição que encontrou a nova espécie precisou de helicóptero. Mesmo assim, o hábitat da nova espécie sofre ameaças pela extração de cristais (quartzo e pedras semipreciosas) por garimpeiros. Essa situação põe *U. nuda* em risco de extinção, uma vez que foram encontrados menos de 100 exemplares em uma área de cerca de 4 quilômetros quadrados (*Taxon*, 29 de maio).

2

Encontre o cacto: *Uebelmannia nuda* (*acima*) é difícil de ver entre os quartzos

3

Queda na produção científica nacional

Em 2023, pesquisadores sediados em instituições brasileiras publicaram 69.656 artigos, uma média de 190 por dia. Mesmo assim, a produção científica no país caiu 7,2% em 2023, comparada à de 2022, que havia registrado a primeira queda desde 1996 (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 331*). É a primeira vez que a produção científica do Brasil cai por dois anos seguidos, de acordo com um relatório da editora Elsevier e da *Agência Bori* que acompanhou 53 países, que publicaram mais de 10 mil artigos científicos entre 2022 e 2023. A produção caiu também em outros 34 países (12 a mais que no ano anterior), aumentou em 17 e se manteve estável apenas em um, a Áustria. Taiwan e Etiópia apresentaram as maiores reduções de produção científica, logo abaixo do Brasil. Em geral, a retração no número de artigos publicados foi associada à pandemia de Covid-19, que prejudicou a continuidade de diversos projetos de pesquisa, e ao baixo crescimento econômico, que refletiu no financiamento à pesquisa científica. Segundo esse levantamento, os investimentos públicos federais em pesquisa e desenvolvimento no Brasil diminuem desde 2013 e o orçamento para essa área em 2023 representou 76% do que foi aplicado em 2015; o menor valor foi o de 2021, quando apenas 71% do valor de 2015 foi investido (relatório da *Agência Bori*, 30 de julho).

Um herói indígena no mundo digital

Kawã na terra dos indígenas Maraguá, game digital destinado a crianças e professores de educação infantil e fundamental, mergulha em línguas, mitos e tradições indígenas (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 313*). É o mais recente lançamento do laboratório Leetra, liderado pela pesquisadora Maria Silvia Cintra Martins, da Universidade Federal de São Carlos (www.leetra.ufscar.br/pages/game_kawa). "Ao jogar, estudantes e professores encontrarão elementos culturais típicos da cultura tradicional Maraguá e elementos das histórias de assombração cultivadas por esse povo indígena amazonense. Descobrirão, ainda, elementos que hoje fazem parte da luta política dos Maraguá em defesa de suas terras", disse Martins à *Agência FAPESP*. O jogo explora ritos que exigem provas de coragem. "Kawã passa primeiro pelo ritual do Wakaripé, ao qual as crianças se submetem com cerca de 10 anos e marca a transição da infância para a vida adulta. Depois, aos 15 anos, enfrentam o ritual bem mais desafiador do Gualipãg, que credencia o indivíduo a se tornar caçador-guerreiro-chefe" (*Agência FAPESP*, reportagem de 5 de janeiro, e vídeo de 4 de julho).

Kawã passa por um ritual que marca a transição da infância para a vida adulta

4

FOTOS 1 ANDREW PEACOCK/GETTY IMAGES 2 E 3 FABIANE COSTA/UFVJM 4 LEETRA/UFSCAR

Há bilhões de anos, rios e oceanos devem ter coberto a superfície árida e cheia de crateras do Planeta Vermelho

1

Um mar submerso em Marte

A superfície de Marte pode esconder um grande reservatório de água líquida, proporcional a um oceano na superfície terrestre, de acordo com análises dos dados registrados pelo módulo de pouso InSight, da Nasa, a agência espacial norte-americana. A água se encontra em rochas porosas, a profundidades de 11,5 a 20 quilômetros – mesmo na Terra, cavar tão fundo seria bastante difícil. As descobertas indicam que grande parte da água não escapou para o espaço, mas foi filtrada para a crosta, há mais de 3 bilhões de anos, quando o planeta vermelho tinha rios, lagos e oceanos. Na superfície restou apenas gelo, a maior parte nas calotas polares. Uma equipe liderada pelo Instituto de Oceanografia Scripps, da Universidade da Califórnia em San Diego, nos Estados Unidos, empregou um modelo matemático de física de rochas, idêntico aos usados na Terra para mapear aquíferos subterrâneos e campos de petróleo, e concluiu que a existência de uma camada profunda de rocha ígnea fraturada e saturada com água líquida é a melhor hipótese para explicar os dados do Insight, que registrou mais de 1.300 tremores sísmicos, impactos de meteoros e estrondos de áreas vulcânicas antes de cessar as operações há dois anos (*PNAS* e Universidade de Berkley, 12 de agosto).

As ameaças do oceano à ilha de Marajó

Bastante plana, com uma área equivalente a quase metade da Irlanda, a ilha de Marajó, no Pará, mostrou-se bastante sensível à subida do nível do mar em um levantamento de pesquisadores das universidades federais de Minas Gerais (UFMG), Viçosa (UFV) e Pará (UFPA). Se o mar subir 2 metros (m) até o final do século – cenário considerado alarmante nas previsões do Painel Intergovenamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) –, poderia cobrir boa parte dos municípios a leste, como Cachoeira do Arari, atualmente com cerca de 23 mil moradores, e Soure, com 25 mil; nos 18 municípios da ilha, vivem cerca de 500 mil pessoas. Examinando as diferenças de cor e composição química dos solos de Marajó, uma das autoras desse trabalho, a geógrafa da UFMG Renata Jordan Henriques encontrou sinais do avanço do mar que, há 10 mil anos, poderia estar a 3 m acima do nível atual. "As praias ao sul da ilha passaram por uma erosão marinha intensa nos últimos 40 anos, indicando a elevação do nível do mar na região", observa.

2

Farol de Soure, no nordeste do arquipélago: mar esteve 3 metros acima do nível atual há 10 mil anos

3

Jabuti Acadêmico divulga ganhadores

Promovida pela Câmara Brasileira do Livro e derivada do prêmio Jabuti, a primeira edição do Jabuti Acadêmico anunciou em agosto as 29 obras publicadas em 2023 selecionadas entre as 1.953 inscritas. *Medicina ambulatorial – Condutas de atenção primária baseadas em evidências* (Artmed), de Bruce Duncan e Maria Inês Schmidt, ambos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em quinta edição, foi contemplado como Livro Acadêmico Clássico 2024. Na categoria Antropologia, Sociologia, Demografia, Ciência Política e Relações Internacionais, despontaram dois ganhadores: *A torre: O cotidiano de mulheres encarceradas pela ditadura* (Cia. das Letras), da jornalista Luiza Villaméa, e *Entre risos e perigos: Artes da resistência e ecologia quilombola no alto sertão da Bahia* (7Letras), da antropóloga Suzane de Alencar Vieira, da Universidade Federal de Goiás. *Introdução à história da filosofia: Volume 3: A patrística – Introdução ao nascimento da filosofia cristã* (Cia. das Letras), da filósofa Marilena Chaui, da Universidade de São Paulo, venceu nas categorias Filosofia e Divulgação Científica. Os vencedores receberam uma estatueta e R$ 5 mil (a lista completa está na reportagem "Anunciados os vencedores do primeiro Jabuti Acadêmico", no site de *Pesquisa FAPESP*). Neste ano, o Jabuti Acadêmico homenageou como personalidade acadêmica a advogada Silvia Pimentel, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 281*).

Organizadores e vencedores reunidos no palco do teatro Sérgio Cardoso

Pesticida no leite materno

Em ao menos 10 países da América Latina, com maior proporção no México e no Brasil, os bebês podem estar consumindo pesticidas com o leite materno.
A conclusão se apoia em uma análise de 49 estudos publicados entre 1973 e 2020 (dos quais 26% entre 2012 e 2020), conduzidos principalmente no México (44%) e Brasil (20%), com amostras de leite colhidas nas zonas urbanas e rurais. A maioria dos estudos (34, o equivalente a 69%) registrou 100% de contaminação por pesticidas, principalmente o diclorodifeniltricloroetano (DDT), cujo uso foi proibido no Brasil em 2009. Para os pesquisadores das universidades federais do Recôncavo da Bahia (UFRB), do Oeste da Bahia (Ufob) e da Bahia (UFBA), responsáveis por esse trabalho, a alta prevalência de contaminação por agrotóxicos pode estar relacionada ao uso intenso dessas substâncias na produção agrícola. No Brasil, ainda que alguns tenham sido proibidos, outros foram liberados para uso nos últimos anos. Essas substâncias podem chegar ao leite materno porque se acumulam no ambiente. No organismo, podem causar desequilíbrios hormonais, infertilidade ou câncer (*Revista de Saúde Pública*, abril).

4

5

Zago (*à esq.*) ganhou na categoria Medicina, Giorgetti, na de Cultura

Os vencedores do Prêmio FCW 2024

A Fundação Conrado Wessel anunciou os dois ganhadores da edição de 2024 do Prêmio FCW: o hematologista Marco Antonio Zago e o cineasta Ugo Giorgetti, respectivamente nas categorias Medicina e Cultura. Zago, presidente do Conselho Superior da FAPESP, é graduado pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), onde cursou também mestrado e doutorado. Presidiu o Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Tecnológicas (CNPq, 2007-2010), foi reitor da USP (2014-2017) e secretário da Saúde do Estado de São Paulo (2018). Giorgetti escreveu e dirigiu filmes e documentários como *Jogo duro* (1985), *Festa* (1989), *Sábado* (1995), *Boleiros* (1998), *Uma outra cidade* (2000), *Boleiros 2* (2005), *Solo* (2010), *Cara ou coroa* (2012), *Uma noite em Sampa* (2015) e *Vestígios da eternidade* (2024). Foi artista residente do Programa Hilda Hilst do Instituto de Estudos Avançados da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Cada um receberá R$ 400 mil. A cerimônia de premiação será em outubro (FCW, 20 de agosto).

FOTOS **1** STUART RANKIN / FLICKR **2** MARINHA DO BRASIL **3** MARIA COMUNIQUEIRA **4** LÉO RAMOS CHAVES / REVISTA PESQUISA FAPESP **5** ANTONIO SCARPINETTI / SEC UNICAMP

Flor de *Erythrina afra*, espécie renomeada de árvore do sudeste da África 1

Botânicos dizem não ao racismo

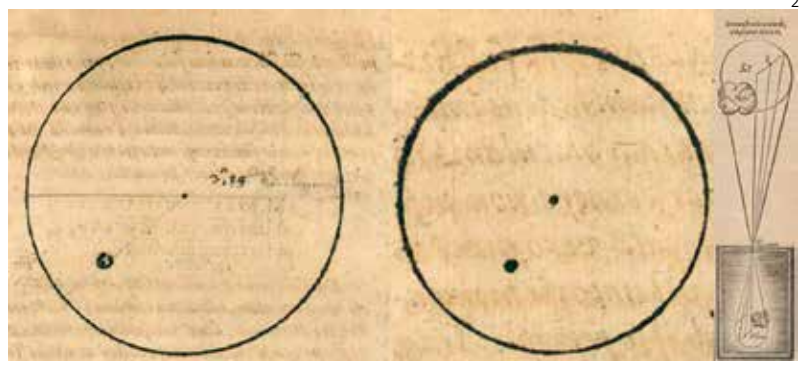
Uma decisão inédita foi tomada em Madri, Espanha, durante o mais recente Congresso Internacional de Botânica: eliminar um termo de cunho racista. Em mais de 300 espécies de plantas, fungos e algas, a palavra *caffra* (e variações) será substituída por *afra*. O termo, que em árabe significava infiel, também designava o sudeste africano, sentido adotado em nomes científicos. A partir do Apartheid, ganhou conotação de insulto racial. "Causava constrangimento às pessoas, que não queriam citar nomes de plantas", conta o botânico Gustavo Shimizu, pesquisador colaborador da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que fez parte da delegação brasileira em Madri. O novo termo significa origem no continente africano. Apesar de ser desejável uma estabilidade nos nomes dos organismos, Shimizu defende que o cientista se posicione no tempo em que vive. Além da regra, obrigatória a partir de 27 de julho, o grupo de cerca de 170 botânicos também aprovou uma recomendação: "Ao publicar nomes de novos táxons ou nomes substitutos, os autores são fortemente encorajados a evitar nomes que sejam vistos ou tratados como inapropriados, desagradáveis, ofensivos ou inaceitáveis por qualquer grupo nacional, étnico, cultural". Um comitê de ética estudará de maneira aprofundada o assunto e fará propostas a serem votadas no próximo congresso, em 2029.

Emergência para mpox

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou em agosto o surto de mpox (antes chamada de varíola dos macacos) como uma emergência de saúde pública de importância internacional, em razão da identificação de uma variedade mais agressiva do vírus causador da doença, do número crescente de casos em países na África e do risco de disseminação global. "Está claro que é necessária uma resposta internacional coordenada para deter esses surtos e salvar vidas", comentou o diretor-geral da OMS, Tedros Ghebreyesus. É a segunda emergência relacionada à mpox; a primeira foi de julho de 2022 a maio de 2023. Em 2024, o número de casos no mundo já supera o total de 2023, com mais de 14 mil e 524 mortes. O Brasil registrou 709 casos e 16 mortes da doença este ano, bem menos que os mais de 10 mil casos notificados em 2022. A transmissão ocorre por meio do contato com animais silvestres infectados, pessoas infectadas pelo vírus e materiais contaminados. Os sintomas incluem erupções cutâneas ou lesões de pele, febre, dores no corpo, dor de cabeça, calafrio e fraqueza (*Agência Brasil*, 12 de agosto; Organização Pan-americana de Saúde, 14 de agosto).

As manchas solares vistas por Kepler em 1607

Em 1607, com um aparelho chamado câmera escura, que consistia em um pequeno furo em uma parede para projetar a imagem do Sol em uma folha de papel, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630) registrou um grupo de manchas solares em três desenhos. Ele interpretou o fenômeno como uma passagem de Mercúrio pelo Sol, mas depois foi reclassificado como manchas solares, áreas na superfície do Sol que parecem mais escuras devido à intensa atividade magnética. Sua frequência e distribuição ocorrem em ciclos que afetam a radiação solar e o clima espacial. Uma equipe internacional liderada por pesquisadores da Universidade de Nagoya, no Japão, examinou os esboços, comparando-os com dados atuais, e os dataram como feitos em 28 de maio de 1607. A olho nu, Kepler localizou as manchas em baixa latitude, a leste do meridiano central, em contraste com os desenhos feitos com telescópios a partir de 1610 que mostram grupos de manchas solares em latitudes mais altas. Essa diferença sugere que o grupo de manchas solares de Kepler não pertencia ao início de um ciclo solar, mas ao final do ciclo anterior, e ajuda a entender a periodicidade desses fenômenos. "Esse é o esboço de mancha solar mais antigo já feito com uma observação instrumental", disse Hisashi Hayakawa, o principal autor do estudo, ao site *EurekAlert* (*Astrophysical Journal Letters* e *EurekAlert*, 25 de julho).



2

Desenhos de manchas solares baseados nas observações de Kepler em 1607

FOTOS 1 TREE SPECIES/ WIKIPEDIA 2 HAYAKAWA, H. *ET AL.* **ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS**, 2024 3 GREMIÃO, I. D. F. *ET AL.* **BRAZILIAN JOURNAL OF MICROBIOLOGY**, 2020 4 E 5 NYOBOLT

3

Sporothrix brasiliensis se alastra entre gatos e pessoas

Nova micose se espalha

Mais uma doença se espalha no Brasil: a esporotricose, micose causada por fungos do gênero *Sporothrix* que entram no organismo por meio de feridas na pele. Análises genéticas indicam uma epidemia em andamento no Brasil, causada principalmente pelo fungo *S. brasiliensis*. Já se registrou transmissão de animal para animal e de animal para humano. Das 72 amostras de várias espécies de *Sporothrix* examinadas, coletadas de 2013 a 2022, 55 eram de esporotricose humana e 17 animal, principalmente em gatos, os principais transmissores; 67 eram do Brasil, três dos Estados Unidos e duas da Colômbia. Em outro estudo, um grupo das universidades federais Rural de Pernambuco (UFRPE) e de São Paulo (Unifesp) identificou 1.176 casos de esporotricose em gatos nos municípios pernambucanos de Jaboatão dos Guararapes, Olinda e do Recife entre 2016 e 2021; segundo análise genética, a espécie predominante, *S. brasiliensis*, pode ter vindo do Rio de Janeiro. Em gatos e cães, a micose causa feridas principalmente na face, nas orelhas e patas. Em pessoas, a lesão inicial é parecida com uma picada de inseto; pode desaparecer espontaneamente ou chegar aos pulmões e provocar tosse, falta de ar, febre e dor ao respirar. Trata-se com antifúngico por três a seis meses em média (*Lancet Microbe*, março; *Mycopathologia*, 14 de julho).

4

Baterias rápidas para carros elétricos

Nascida em 2019 no Departamento de Química da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, a empresa Nyobolt apresentou em julho suas baterias de carregamento ultrarrápido em um protótipo de carro esportivo elétrico. Segundo a empresa, a carga poderia passar de 10% a 80% em 4 minutos e 37 segundos, o dobro da velocidade da maioria dos veículos atuais desse tipo com carregamento rápido. A Nyobolt usou materiais que poderiam permitir uma transferência mais rápida de elétrons entre o ânodo e o cátodo, além de células de baixa impedância (oposição de um circuito à passagem de corrente elétrica), que geram menos calor e facilitam o gerenciamento dos altos níveis de potência durante o carregamento. Os resultados derivam das pesquisas na Universidade de Cambridge conduzidas por Clare Grey e Sai Shivareddy, cofundador e CEO da empresa, com supercapacitores, dispositivos complementares às baterias que permitem transferir carga para os eletrodos em alguns minutos (Universidade de Cambridge, 1º de julho; *Science*, 18 de abril).

O protótipo esportivo (*acima*) e o recarregador de bateria (*detalhe abaixo*), que completa a carga em 5 minutos

5

CONTROLANDO O SOL

Estudos tentam entender se a injeção de partículas na atmosfera poderia reduzir temporariamente o aquecimento global ou causar ainda mais problemas climáticos

Marcos Pivetta

FOTO CADAN CUMMINGS / JACOBS / JETS / NASA-JSC

Depois de ter permanecido em silêncio por 600 anos, o monte Pinatubo, nas Filipinas, acordou em 1991. Uma série de pequenas explosões ao longo de dois meses culminou em uma grande erupção em meados de junho daquele ano, considerada a segunda maior do século passado. Cerca de 200 mil pessoas tiveram de deixar suas casas e mais de 700 morreram no arquipélago filipino como consequência da eclosão. A explosão produziu uma coluna de fumaça e cinzas vulcânicas que se elevou até 40 quilômetros (km) acima da superfície e invadiu a estratosfera, a segunda das cinco camadas da atmosfera que envolve a Terra. Esse manto de partículas em suspensão, geralmente com tamanhos micrométricos, atrapalhou o tráfego aéreo, queimou plantas e cultivos e produziu outros danos locais.

Apesar de ter causado grandes prejuízos materiais e a perda de vidas humanas nas Filipinas, a erupção do Pinatubo é lembrada hoje no meio científico por ter tido uma consequência surpreendente no clima global: a temperatura média da Terra reduziu-se cerca de 0,5 grau Celsius (°C) nos dois anos seguintes à sua atividade vulcânica. A enorme quantidade de partículas em suspensão, os chamados aerossóis, lançada pelo vulcão entrou no sistema de circulação de ar da estratosfera, espalhou-se pelo planeta e atuou por meses como uma espécie de filtro solar: parte dos raios do Sol que chegariam normalmente à superfície terrestre foi refletida ao incidir sobre essa quantidade extra de partículas de aerossóis injetados no sistema. Essa ação produziu um resfriamento temporário do planeta.

Os aerossóis também resfriam a Terra quando estão na troposfera, a camada mais baixa da atmosfera, mas sua ação é mais intensa na estratosfera. O efeito Pinatubo serve de inspiração para uma linha de pesquisa polêmica, cercada de incertezas científicas e riscos ambientais e geopolíticos: a geoengenharia solar ou modificação da radiação solar (SRM, na sigla derivada do inglês). Ela começou a tomar corpo lentamente nos últimos 20 anos em algumas universidades dos Estados Unidos e da Europa à medida que o aquecimento global se tornou mais pronunciado. A ideia central dessa abordagem é aumentar deliberadamente o albedo da Terra, sobretudo na estratosfera, para que ela passe a refletir mais radiação de volta ao espaço e, assim, torne-se um pouco menos quente.

Aumentar a quantidade de aerossóis na atmosfera poderia barrar a chegada à Terra de uma pequena fração da luz solar e resfriar provisoriamente o planeta

O albedo é a fração da luz refletida em relação à absorvida por um corpo ou superfície. Quanto maior o albedo, como em superfícies claras ou brancas, menor a quantidade de calor absorvida. Injetar aerossóis na atmosfera é uma das formas de tentar aumentar o albedo terrestre. Alguns cálculos indicam que uma redução de 1% a 2% da quantidade de radiação solar que normalmente chega à Terra seria suficiente para diminuir sua temperatura média em um 1 °C.

A possibilidade de reduzir a quantidade de radiação solar sobre a Terra começou a ser aventada ainda na década de 1960. Mas sempre foi vista como uma excentricidade perigosa, quase um devaneio. A ideia só ganhou alguma relevância científica depois da erupção do Pinatubo e, mais recentemente, com a emergência da crise climática, causada pelo aumento significativo da temperatua global decorrente da emissão de gases de efeito estufa. Ainda assim, a pesquisa experimental – que envolveria a soltura de alguns quilos de aerossóis na estratosfera para observar seus eventuais efeitos em âmbito local (não global, como ocorreu na gigantesca erupção do vulcão nas Filipinas) – pouco progrediu até hoje em razão da oposição de parte da comunidade científica e de grupos ambientalistas.

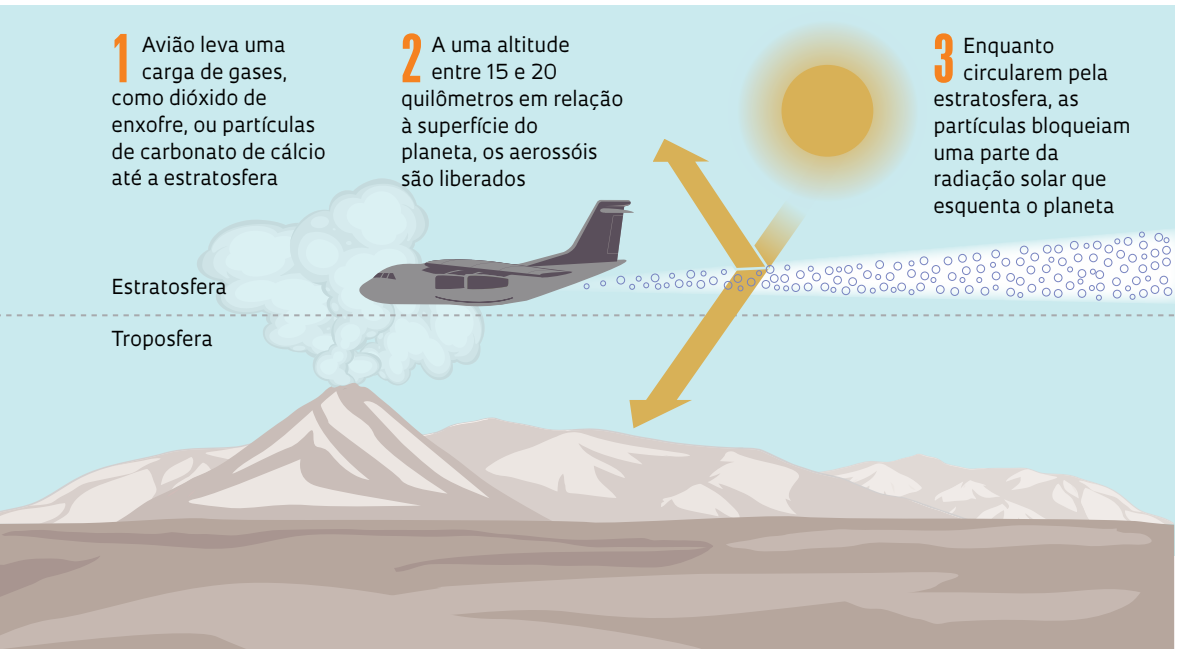
"Até agora, existem poucos trabalhos de modelagem climática envolvendo as técnicas de geoengenharia solar", comenta o físico Paulo Artaxo, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP), especialista no estudo de aerossóis atmosféricos. "Nenhum experimento mais significativo foi feito em campo." Duas abordagens que visam à modificação da radiação solar dominam as discussões (*ver quadros nas páginas 14 e 16*). A principal delas é a injeção de aerossóis na estratosfera, a 15 ou 20 km de altitude, conhecida pela sigla SAI, que tenta reproduzir de forma artificial o que as grandes erupções fazem de maneira natural.

A outra, vista como de impacto mais localizado, é o clareamento de nuvens marítimas (marine cloud brightening ou MCB). Ela também envolve a liberação de aerossóis (nesse caso, partículas de sal marinho), que funcionam como núcleos de condensação das nuvens. Mas a soltura dessas partículas ocorre em altitudes bem mais baixas, de no máximo 2 km, ainda na troposfera. Com mais aerossóis, as gotas de nuvens ficam menores, refletem mais radiação solar de volta ao espaço e resfriam a superfície. Há outras técnicas cogitadas, como aumentar o albedo em grandes superfícies brancas do planeta, como o Ártico, mas as duas primeiras propostas dominam o debate.

Artaxo colabora com um grupo da Universidade de Harvard, dos Estados Unidos, em estudos de modelagem computacional para tentar entender se o comportamento dos aerossóis na estratosfera é realmente similar à sua ação na troposfera. "Precisamos de mais pesquisas sobre esse tema antes de sequer pensarmos em implementar alguma intervenção desse tipo", comenta o físico da USP, um dos coordenadores do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais. "Não temos condições de garantir que a injeção de mais aerossóis não vá, por exemplo,

INJEÇÃO DE AEROSSÓIS NA ESTRATOSFERA

Inspirado no efeito do Pinatubo, método é o mais pesquisado atualmente

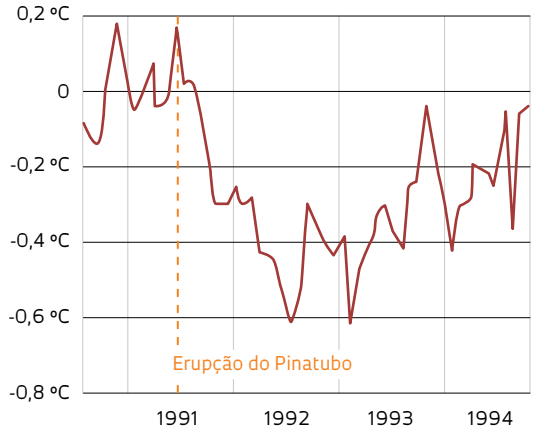


FONTE ONE ATMOSPHERE (ONU)

FOTO ARLAN NAEG/ AFP VIA GETTY IMAGES **INFOGRÁFICO** GLAUCO LARA

O FRIO QUE VEIO DO VULCÃO

Aerossóis liberados pelo Pinatubo em 1991 reduziram em 0,5 °C a temperatura média do planeta nos dois anos seguintes



FONTE NASA

diminuir as chuvas de monções no Sudeste Asiático e colocar em risco uma população de bilhões de pessoas. Se isso ocorrer, quem decide se essa injeção de aerossóis para ou continua? Esse tipo de decisão não pode ficar na mão de um pequeno grupo de países ou de um bilionário que financie um experimento desse tipo."

Também há indícios de que uma dose extra de aerossóis na estratosfera poderia afetar a camada de ozônio, que protege a vida terrestre da ação nociva da radiação ultravioleta vinda do Sol. Isso sem falar que essas partículas em suspensão são uma forma de poluição do ar. Elas naturalmente se depositam, descem da estratosfera para a troposfera, onde podem causar ou agravar problemas de saúde, sobretudo os respiratórios. Por ora, essas e outras questões não têm respostas satisfatórias.

A posição do físico da USP é partilhada por muitos colegas. "A modificação da radiação solar é um tema sensível e o IPCC [Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, da ONU] reconhece que ainda há muitas incertezas sobre seus potenciais efeitos", comenta a matemática Thelma Krug, que foi vice-presidente do painel entre 2015 e 2023 e representou o Brasil em negociações internacionais sobre o clima por uma década. "Pessoalmente, sou a favor da pesquisa na área. Mas é preciso ir passo a passo com os experimentos, ter transparência e estabelecer uma governança para esse processo."

O tema é tão controverso que alguns pesquisadores são contra até que se faça pesquisa sobre as técnicas de geoengenharia solar. Isso porque elas não têm impacto na redução das emissões de gases de efeito estufa, que causam o aumento da temperatura da Terra. Ainda que se mostrem relativamente seguras e eficientes em esfriar temporariamente a Terra, objetivo que hoje é apenas uma hipótese, técnicas como a SAI seriam, no máximo, paliativas. No fundo, dizem os críticos dessa abordagem, os trabalhos nessa área desviariam recursos e tomariam um tempo que poderia ser mais bem empregado na busca por ações que reduzissem a emissão de gases como dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4). "Os estudos sobre geoengenharia solar também poderiam ser usados como a desculpa perfeita para que os grandes produtores de gases de efeito estufa não reduzissem suas emissões", pondera o climatologista Carlos Nobre, do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da USP.

Além de ser encarada como um diversionismo em relação à meta central de zerar as emissões de gases de efeito estufa nas próximas décadas, a adoção das técnicas de SRM poderia tornar o planeta refém desse tipo de intervenção climática por um prazo muito longo e indefinido, de décadas ou séculos. Isso criaria um problema extra: o risco de promover o chamado *termination shock*. Quando o planeta abandonasse o emprego das técnicas de SRM, a temperatura subiria novamente – só que dessa vez de forma muito mais rápida do que no cenário atual de aquecimento global. Isso tornaria quase impossível a adaptação a essa brusca elevação de temperatura. Qualquer oscilação significativa da temperatura, para cima ou para baixo, em um curto período, representa um desafio adaptativo.

Alguns estudos de modelagem climática têm sugerido cenários preocupantes em simulações de possíveis impactos do emprego de técnicas de geoengenharia solar. Esses trabalhos costumam averiguar que outros efeitos (colaterais) essas técnicas de intervenção no clima poderiam induzir, além da redução temporária da temperatura terrestre. Um dos problemas é que a maioria desses estudos se concentra em possíveis consequências no hemisfério Norte, onde ficam os países mais ricos e vive e trabalha a maior parte dos pesquisadores do clima.

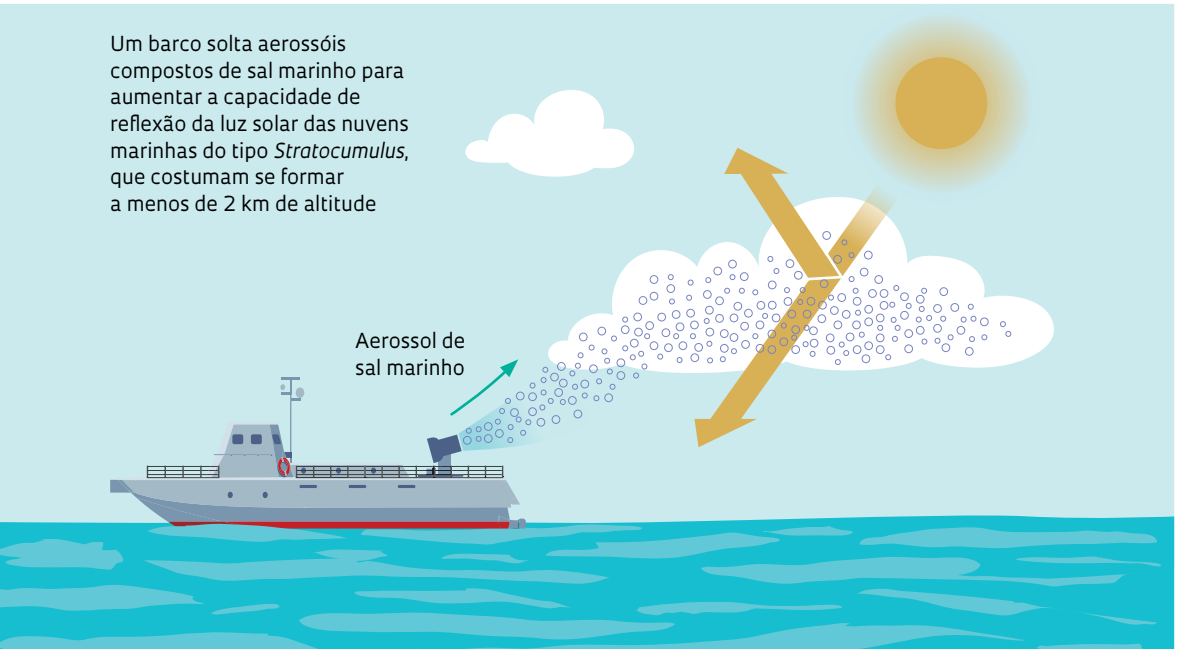
Começam, no entanto, a surgir pesquisas com foco em outras partes do planeta. Trabalho publicado em junho deste ano na revista *Environmental Research Climate* sugere que a adoção da SAI ao longo deste século alteraria os prováveis impactos do aquecimento global sobre a formação de ciclones extratropicais no hemisfério Sul, como aqueles que se formam com certa regularidade na região Sul do Brasil. A previsão é de que, até o fim deste século, o aumento da temperatura global reduza o número de ciclones gerados nessa parte do globo terrestre, mas aumente a intensidade dos fenômenos produzidos. Ou seja, menos ciclones, mas mais fortes.

Quando diferentes regimes de injeção de aerossóis na estratosfera são simulados em três modelos climáticos internacionais até 2100, os resultados sinalizam um aumento na frequência de ciclones, mas uma redução em sua força em relação aos prognósticos obtidos em cenários de aquecimento global sem a adoção de qualquer protocolo da SAI. “Não somos contra nem a favor da geoengenharia solar”, diz a pesquisadora Michelle Reboita, da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), de Minas Gerais, coordenadora do estudo. “Precisamos é estudá-la. Ela pode produzir resultados positivos em uma parte do mundo e negativos em outra.”

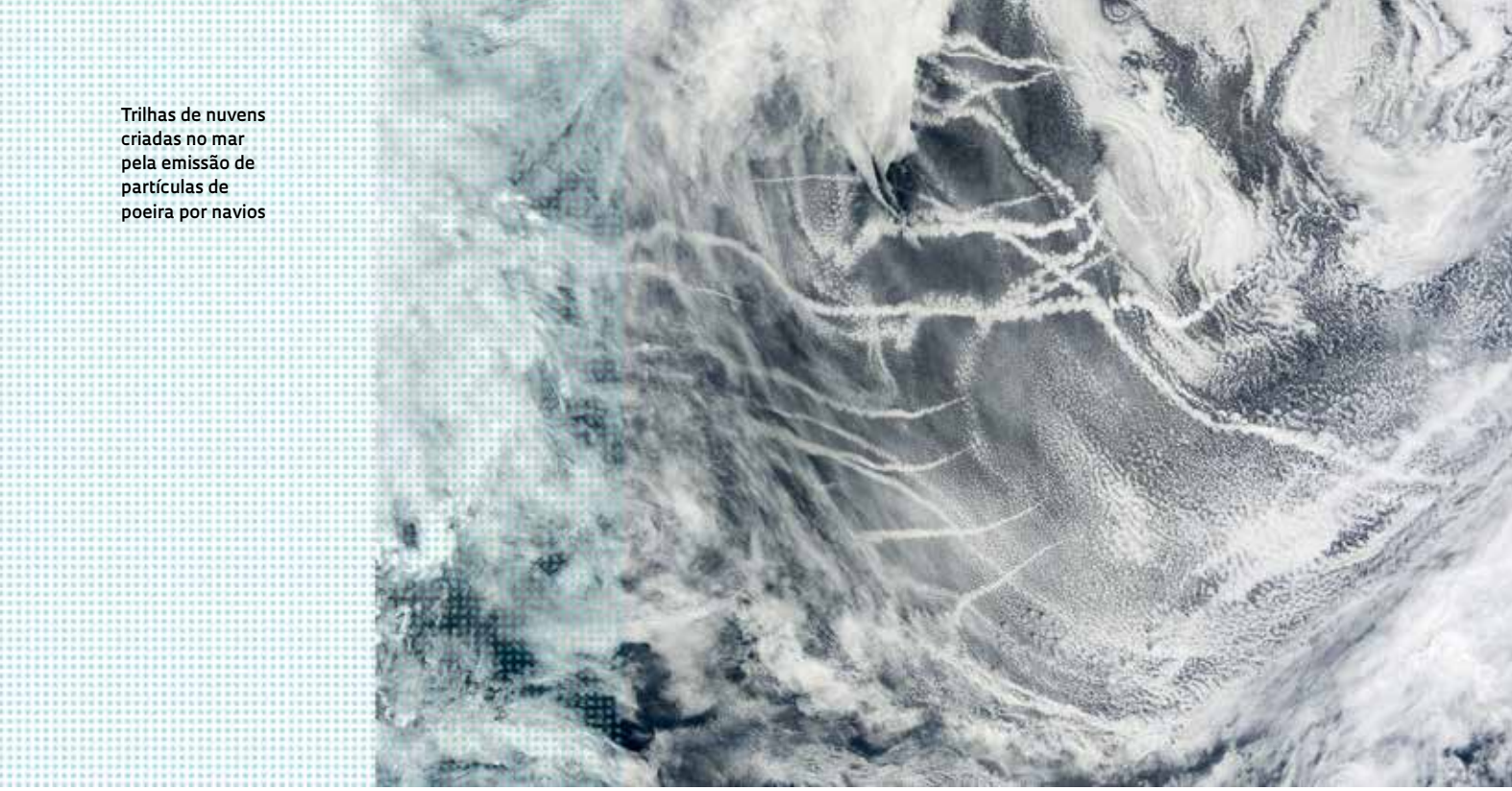
Há também estudos de simulação que tentam prever os possíveis impactos da SAI sobre a biodiversidade. “Nosso objetivo é entender como a SAI pode afetar as espécies de vertebrados terrestres no cenário das mudanças climáticas”, conta o biólogo brasileiro Andreas Schwarz Meyer, que faz estágio de pós-doutorado na Universidade da Cidade do Cabo, na África do Sul, e coordena um projeto de pesquisa sobre o tema. “Em outras palavras, queremos saber quais seriam as espécies

CLAREAMENTO DE NUVEM MARINHA

A técnica se baseia no efeito resfriador decorrente da poluição liberada por navios ao longo de seu percurso



FONTE ONE ATMOSPHERE (ONU)



Trilhas de nuvens criadas no mar pela emissão de partículas de poeira por navios

FOTO JESSE ALLEN/LAADS/NASA INFOGRÁFICO GLAUCO LARA

'vencedoras' e 'perdedoras' no globo caso o emprego dessas técnicas para diminuir a temperatura do planeta venha a se tornar uma realidade."

No projeto, que ainda está em andamento, Meyer adota uma abordagem chamada perfis horizontais de biodiversidade, que usa dados climáticos históricos para estimar o intervalo térmico (a temperatura máxima e a mínima) e o grau de umidade em que as espécies ocorrem. A técnica é normalmente usada para estimar o impacto sobre as espécies de diferentes cenários de aquecimento global previstos pelo IPCC ao longo deste século.

"Assim, temos uma ideia de quantas espécies serão expostas a essas mudanças, quando e o quão rapidamente isso poderá ocorrer", comenta o biólogo. Em 2022, o brasileiro publicou um artigo no periódico científico *Philosophical Transactions of the Royal Society B* em que simulou os efeitos sobre mais de 30 mil espécies de vertebrados marinhos e terrestres de um cenário particular ao longo deste século: primeiro haveria um aquecimento global superior a 2 °C e, em seguida, ocorreria uma redução de temperatura da Terra de forma artificial, por meio da remoção direta de dióxido de carbono da atmosfera. A retirada do principal gás de efeito estufa é hoje ensaiada por um conjunto de técnicas que, por ora, são muito caras e ineficientes em perseguir esse objetivo.

A conclusão geral do estudo é que a subida e a posterior queda artificial da temperatura terrestre poderiam inviabilizar a sobrevivência de muitas espécies e produziriam danos a essas comunidades décadas após se ter atingido uma hipotética estabilização da temperatura do planeta. Meyer está fazendo um estudo semelhante agora, mas com o emprego da SAI no lugar da remoção direta de carbono.

Os trabalhos de Reboita e Meyer se dão no âmbito de uma iniciativa internacional, a Developing country governance research and evaluation for SRM, ou simplesmente Degrees. Seu objetivo é estimular estudos e formar recursos humanos especializados nas técnicas de modificação da radiação solar em países da África, América Latina e sul da Ásia. A Degrees nasceu na década passada dentro da Academia Mundial de Ciências (TWAS) e posteriormente foi assumida por uma organização não governamental britânica, a homônima Degrees. Ela financia quase 40 projetos. No Brasil, além das pesquisas da meteorologista da Unifei, duas linhas de estudo de professores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) passaram a ser apoiadas em julho passado.

Com parceiros no exterior, a equipe do engenheiro Mauricio Uriona, do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC, pretende estudar como é a percepção do setor produtivo, do governo e da comunidade científica de três países (Brasil, Índia e África do Sul) sobre os potenciais riscos das técnicas de SRM. "Trabalhamos no passado com o tema da transição energética com uma abordagem de cunho socioeconômico e vimos agora uma boa oportunidade de fazer um estudo semelhante sobre geoengenharia solar", afirma Uriona.

A socióloga ambiental Julia S. Guivant, do Instituto de Pesquisa em Riscos e Sustentabilidade (Iris), da UFSC, vai estudar como diversos atores-chave do país, como a comunidade científica, reguladores políticos, agricultores e representantes de organizações não governamentais, posicionam-se diante dos desafios de governança da geoengenharia solar. "Não temos uma posição sobre se a SRM deve ser usada ou como seu eventual emprego deve ser governado. Somos a favor das pesquisas e do debate democrático sobre o tema, diante dos problemas para atingir as metas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas", diz a socióloga. Colegas da USP e da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) vão colaborar na pesquisa coordenada por Guivant.

As técnicas de SRM são tão polêmicas e sem qualquer tipo de regulação em acordos internacionais que mesmo grupos de pesquisas de instituições renomadas enfrentam dificuldades extremas de realizar pequenos experimentos de campo. Esses trabalhos não têm o potencial de influenciar o clima global, no máximo produzir ciência para se entender os processos envolvidos, com alguma alteração localmente. Ainda assim, os obstáculos práticos à sua realização são quase intransponíveis.

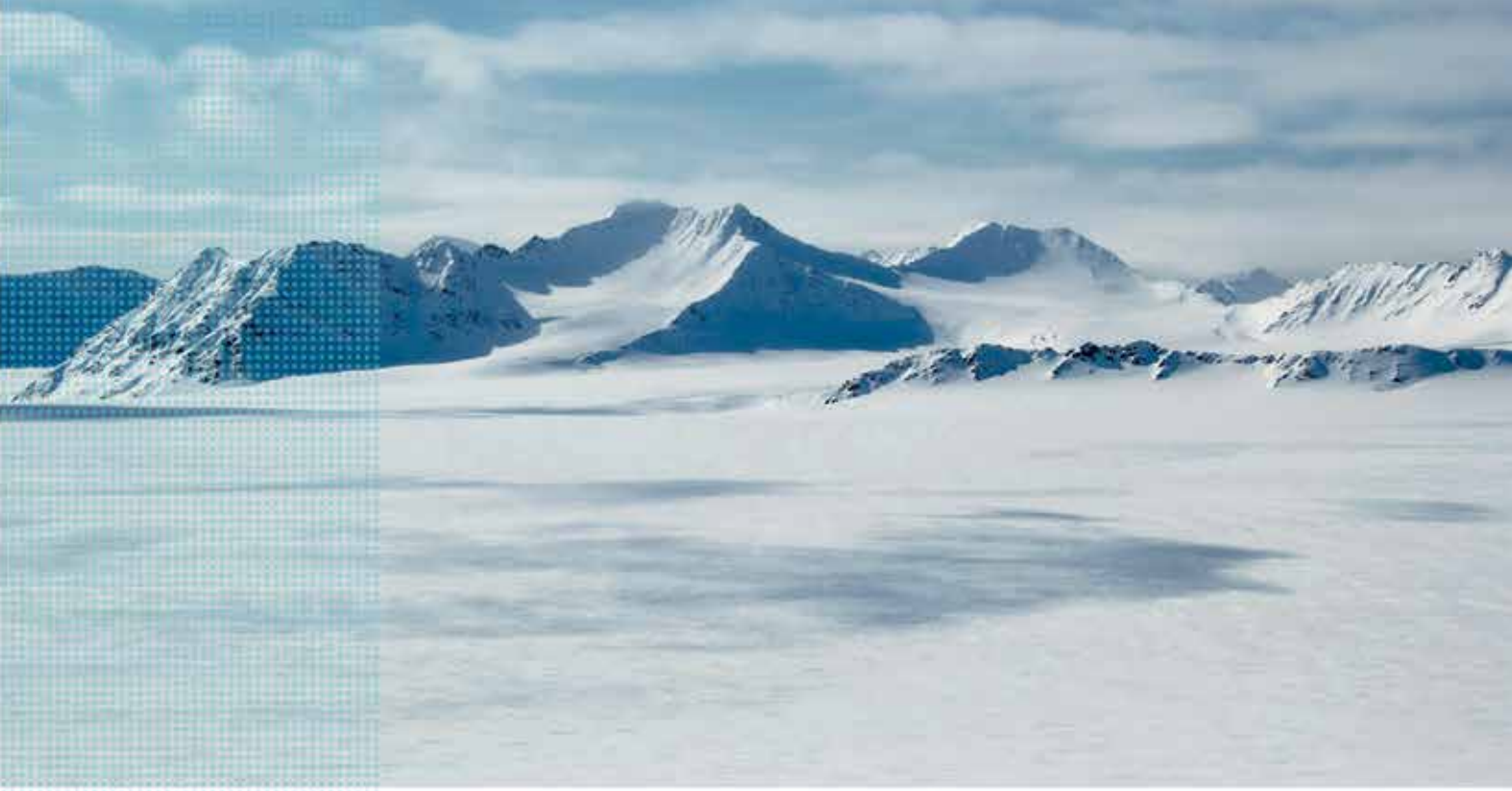
Em março deste ano, foi abandonado o Stratospheric Controlled Perturbation Experiment (SCoPEx), experimento concebido na década passada pelo grupo do físico-químico Frank Keutsch, da Universidade Harvard. A ideia da iniciativa era usar um balão de alta altitude para injetar 2 quilos de aerossóis (no caso, carbonato de cálcio) cerca de 20 km acima da superfície. "Essa quantidade de partículas é ínfima. Equivale à poluição expelida por um jato comercial durante apenas 1 minuto de voo", disse Keutsch em entrevista dada em 2021 (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 303*). O balão do SCoPEx era para ter ganho inicialmente os ares dos Estados Unidos em 2018. Mas isso não ocorreu. Em seguida, sua soltura foi prevista para a Suécia, também sem sucesso. Devido a protestos de ambientalistas e de grupos indígenas, o projeto nunca decolou de fato.

Alguns testes de campo com a técnica de clareamento de nuvens marinhas, uma abordagem menos ambiciosa do que a SAI, têm sido feitos, quase sempre a duras penas e diante de críticas de vários setores da sociedade. Em abril deste ano, um grupo da Universidade de Washington, dos Estados Unidos, usou um tipo de ventilador para espalhar partículas de sal marinho na pista de um navio porta-aviões aposentado que estava estacionado no litoral da cidade de Alameda, na Califórnia. A ideia da iniciativa era apenas ver se as partículas poderiam causar algum mal à saúde. Dois meses mais tarde, o município californiano proibiu esse tipo de experimento em seu território.

Na Austrália, pesquisadores da Southern Cross University e organizações locais tocam desde

Há preocupação de que a geoengenharia solar possa afetar o regime das chuvas de monções na Índia

1



2

Alterar a capacidade de o Ártico refletir a luz do Sol poderia, em tese, minorar o aquecimento global

2020 um projeto-piloto em que tentam aferir se a técnica de MCB pode ser útil para diminuir o branqueamento de corais na região de Townsville. O objetivo do experimento é averiguar se o método diminuiria localmente a temperatura do oceano no centro da Grande Barreira de Corais. O aquecimento das águas marinhas é a principal causa do branqueamento.

A desconfiança dos experimentos de campo deriva, em parte, do surgimento periódico de iniciativas pouco transparentes, geridas às vezes por empresas privadas obscuras. Em 2022, a Make Sunsets, uma startup norte-americana, soltou sem autorização no norte do México dois balões com aerossóis destinados à estratosfera. Pouco depois, o governo mexicano proibiu esse tipo de iniciativa em seu território. Agora, a empresa anunciou que está fazendo esse tipo de experimento nos Estados Unidos, mas os resultados dessas iniciativas são desconhecidos.

Para o físico norte-americano David Keith, da Universidade de Chicago, nos Estados Unidos, o interesse em estimular as pesquisas sobre geoengenharia solar tem aumentado, a despeito das incertezas científicas que cercam o emprego dessas técnicas. "Isso é visível nos principais relatórios internacionais, como os do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, do Programa Mundial de Pesquisa do Clima, também da ONU, e de grandes grupos ambientalistas, como Environmental Defense", comenta Keith, em entrevista por e-mail a *Pesquisa FAPESP*. "Não há dúvida de que a oposição à investigação enfraqueceu, mas é difícil dizer por quê. Talvez seja por causa do aumento das temperaturas ou porque [acredito que] o mundo esteja fazendo agora esforços substanciais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa."

Keith foi membro do programa de geoengenharia solar de Harvard por 12 anos. Hoje ele é a favor da adoção de uma moratória internacional em experimentos de campo até que a ciência sobre o tema esteja mais bem estabelecida e haja alguma forma de governança internacional. Se esse cenário se materializar algum dia, ele diz que a humanidade deveria considerar a realização de um teste no qual se injetaria por uma década na estratosfera cerca de 10% da quantidade necessária de aerossóis para baixar em 1 °C a temperatura global. Dessa forma, seria possível conferir claramente os efeitos dessa abordagem sem correr muitos riscos.

A operação envolveria transportar cerca de 100 mil toneladas de enxofre por ano para a estratosfera – equivalente a 0,3% da quantidade de poluição por enxofre que chega anualmente à atmosfera – por uma frota de 15 jatinhos capazes de voar em altas altitudes. A operação custaria aproximadamente US$ 500 milhões ao ano. É mais uma ideia polêmica. Para alguns, é possível que a única parte boa da sugestão seja a adoção de uma moratória para esse tipo de experimento. ■

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

FOTOS 1 AMARJEET KUMAR SINGH / ANADOLU AGENCY VIA GETTY IMAGES 2 SODAR99 VIA GETTY IMAGES

Panda-vermelho no zoológico de Beijing durante onda de calor no início de agosto deste ano

UM ANO COM AQUECIMENTO DE 1,5 °C

Desde meados de 2023, planeta vive com temperatura média acima do limite considerado seguro

Marcos Pivetta

Não há como questionar que o planeta está cada vez mais quente. De janeiro a março de 2016, a temperatura média da atmosfera da Terra esteve pelo menos 1,5 grau Celsius (°C) acima do valor adotado como referência do período pré-industrial, que abrange a segunda metade do século XIX, época em que são produzidos os primeiros dados relativos às temperaturas globais na superfície da Terra. Esses registros de oito anos atrás foram os primeiros do Serviço de Mudança Climática Copernicus, da União Europeia, que sinalizaram um aumento dessa ordem durante um intervalo significativo de tempo. Nos dois primeiros meses de 2020, o limite de 1,5 °C foi novamente rompido.

A situação se agravou ainda mais desde meados do ano passado. Entre julho de 2023 e junho de 2024, sempre que o serviço europeu calculou o valor médio do aquecimento global em um mês, chegou a um número igual ou superior a 1,5 °C. Apenas em julho passado o resultado foi ligeiramente menor: um aumento de 1,48 °C. "A série de meses com recordes de temperatura chegou ao fim, mas apenas por um fio. Globalmente, julho de 2024 foi quase tão quente quanto julho de 2023, o mês mais quente da história. Os dois dias mais quentes já registrados foram em julho de 2024", afirmou em comunicado de imprensa a climatologista britânica Samantha Burgess, diretora-adjunta do Copernicus. "O contexto não mudou. Nosso clima continua a aquecer."

Dados de outros serviços globais que também monitoram o nível de aquecimento global, como o da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (Noaa), dos Estados Unidos, apontam

a mesma tendência. Na prática, há um ano pelo menos, o mundo vive em um regime climático extremamente quente, sem precedentes na história recente. Embora indesejável, o marco de 1,5 °C é considerado como o máximo de aquecimento que o mundo suportaria sem sofrer muitas consequências catastróficas, ainda dentro de uma margem de adaptação aceitável. Talvez essa seja uma visão otimista, dadas as estiagens e chuvas extremas que têm assolado diferentes partes do planeta em anos recentes, inclusive o Brasil (secas e incêndios na Amazônia e no Pantanal, tempestades no Sul).

Em 2015, o Acordo do Clima de Paris estabeleceu como meta limitar o aquecimento global a no máximo 2 °C, preferencialmente 1,5 °C, nas décadas seguintes, por meio da redução drástica das emissões de gases de efeito estufa. Os registros de temperaturas extremamente elevadas significam que esse objetivo se tornou inviável? Formalmente, não é possível dizer isso. "O acordo não especifica como se calcula em detalhes o nível de aquecimento global", diz a matemática Thelma Krug, que foi vice-presidente do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) da ONU de 2015 a 2023. "Mesmo que o limite de 1,5 °C já tenha sido ultrapassado em algumas ocasiões, isso não quer dizer que ele reflete um aumento de longo prazo." Na maior parte dos documentos e estudos recentes, o valor mais atualizado citado para o aquecimento global em relação ao período de referência pré-industrial é 1,2 °C. Para Krug, o ideal seria que os acordos climáticos adotassem uma média de pelo menos 10 anos, talvez 20, para calcular o nível de aquecimento global, nos moldes do que o IPCC faz.

Pesquisadores do Met Office Hadley Centre, o principal centro de estudos climáticos do Reino Unido, publicaram um artigo de opinião na revista *Nature* de dezembro de 2023 em que defendem, *grosso modo*, uma abordagem semelhante. "Pode ser uma surpresa ouvir que o Acordo de Paris não contém nenhuma maneira formalmente acordada de definir o nível de aquecimento global. O pacto nem sequer define o [que é] 'aumento da temperatura' de forma explícita e inequívoca. Sem uma métrica acordada, não pode haver consenso sobre quando o nível de 1,5 °C foi atingido", escreveram.

Os autores propõem que o cálculo do aumento do aquecimento global de um ano seja feito por meio de um novo índice. A fórmula sugerida seria uma mistura de dados observacionais dos últimos 10 anos e projeções dos modelos climáticos para os próximos 10 anos. Assim, não seria preciso esperar tanto tempo para estabelecer se o limite de 1,5 °C foi de fato rompido.

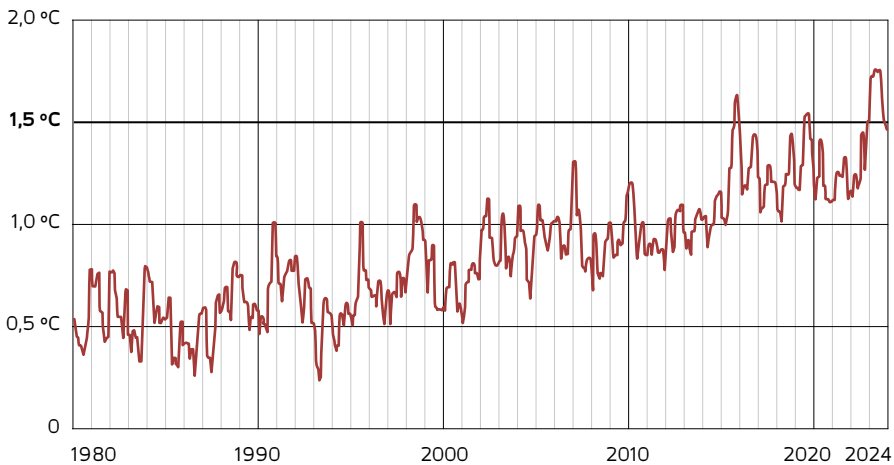
Variações significativas no valor médio da temperatura global anual são corriqueiras, da mesma forma que flutuações térmicas ocorrem ao longo do dia ou de um mês. Nem sempre elas refletem uma tendência de fundo. Esse, no entanto, não parece ser o caso dos recordes de temperatura que têm sido quebrados ano após ano nas duas últimas décadas.

A questão central é tentar determinar se o rompimento do limite de 1,5 °C para o aquecimento global faz parte apenas do tempo atual da Terra ou já se instalou em seu clima. Tempo e clima usam as mesmas variáveis meteorológicas, como umidade, pressão e temperatura, mas ao longo de períodos muito distintos. O tempo lida com o transitório e reflete as condições no curto prazo – em uma hora, um dia, até uma semana. Ele muda mais rapidamente. O clima é algo mais permanente, com certa recorrência, típico de um lugar. Seus parâmetros costumam refletir uma média de registros do tempo ao longo de 30 anos. Por isso, ele se altera de forma mais lenta.

Para o climatologista Carlos Nobre, do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (USP), ainda não se pode afirmar categoricamente que o aquecimento global já chegou a 1,5 °C. Ele sugere esperar mais dois anos para averiguar se as temperaturas do globo vão permanecer nos níveis elevados exibidos atualmente. "Mas é inegável que nenhum modelo climático previu que iríamos atingir um nível de aquecimento global tão rapidamente como o que ocorreu", pondera Nobre. "Isso aconteceu de cinco a 10 anos antes do previsto." Segundo o climatologista, não há uma explicação científica plausível que consiga justificar a escalada das temperaturas recentes. "No aquecimento global, há 0,2 °C de aumento de temperatura que ninguém entende por que ocorreu. Estamos deixando passar despercebido algum fenômeno que influencia o aquecimento global", supõe Nobre. ■

A ESCALADA DO AQUECIMENTO GLOBAL

Aumento médio da temperatura da Terra ao longo de períodos de 12 meses em relação ao valor de referência da era pré-industrial (1850-1900)



FONTE SERVIÇO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS COPERNICUS

FOTO VCG / VCG VIA GETTY IMAGES **INFOGRÁFICO** GLAUCO LARA

Incêndio no Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro, na região de Corumbá, em Mato Grosso do Sul

O PESO DO EFEITO ESTUFA

Aquecimento global aumentou em 40% seca e calor durante incêndios de junho no Pantanal

Meghie Rodrigues

O recorde histórico de focos de fogo em junho no Pantanal ocorreu sob condições climáticas potencialmente mais danosas em razão do aquecimento global induzido pela emissão de gases de efeito estufa, segundo um índice que estima a severidade de incêndios e a dificuldade de apagá-los. Em junho, esse índice chegou a ser 40% mais alto que o normal. O calor, a seca e os ventos na maior planície alagada do planeta foram turbinados pelas mudanças climáticas e criaram um ambiente mais propenso para a disseminação de incêndios num período do ano em que normalmente o bioma não é alvo frequente de queimadas.

Eventos extremos dessa magnitude no Pantanal, que tinham probabilidade de ocorrer a cada 161 anos em um cenário

sem o aquecimento global antrópico, apresentam agora tendência estatística a se repetir a cada 35 anos. Ou seja, as mudanças climáticas aumentaram de quatro a cinco vezes o risco de ocorrer as condições extremas de junho no Pantanal.

As conclusões são de um estudo divulgado no início de agosto por uma equipe de pesquisadores do Brasil, Reino Unido e Países Baixos que fizeram um trabalho conjunto no âmbito da iniciativa World Weather Attribution (WWA). Essa colaboração científica internacional analisa a influência das mudanças climáticas sobre eventos extremos em todo o mundo, como grandes secas e chuvas excessivas, por meio dos chamados estudos de atribuição.

"As alterações no uso da terra e as mudanças climáticas estão fazendo o regime de fogo se modificar no Pantanal. Hoje, a frequência e a intensidade das queimadas são maiores e mais áreas são afetadas", comenta a meteorologista Renata Libonati, do Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Lasa-UFRJ), uma das autoras do estudo. Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) indicam que cerca de 3.300 focos de fogo foram registrados apenas em junho no Pantanal. Levantamento do Lasa aponta que mais de 4.100 quilômetros quadrados foram queimados no bioma nesse mês (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 342*).

A metodologia dos trabalhos do WWA consiste em abastecer vários modelos climáticos com dados sobre um evento extremo, como uma chuva muito intensa ou uma estiagem prolongada, e calcular qual é a probabilidade e a intensidade desse episódio ocorrer em dois cenários: com e sem o nível atual de aquecimento global. Desde meados do século XIX, considerado representativo do período pré-industrial, a temperatura média do planeta subiu cerca de 1,2 grau Celsius (°C).

"Num passado recente, eventos extremos como esse no Pantanal eram tratados apenas como parte das oscilações naturais do clima. Hoje, com uma melhor compreensão do sistema climático e o avanço das técnicas científicas, podemos, por meio dos estudos de atribuição, diferenciar as variações naturais do clima dos efeitos decorrentes de atividades humanas", comenta o climatologista Lincoln Muniz Alves, do Inpe, coautor do estudo. "Os resultados desse tipo de trabalho aumentam a conscientização pública sobre as causas e consequências das mudanças climáticas."

A WWA fez trabalhos semelhantes sobre o peso do aquecimento global durante a ocorrência da seca na Amazônia no final do ano passado e nas chuvas extremas que caíram no Rio Grande do Sul entre o fim de abril e o início de maio deste ano (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 341*).

No Pantanal, a falta de chuvas somada a altas temperaturas, baixa umidade e presença de ventos mais fortes foi uma associação decisiva para a ocorrência de focos de fogo fora de época. "Para avaliar essas características, utilizamos uma combinação desses fatores que chamamos de índice meteorológico de incêndio", explica Libonati. "Ele quantifica a dificuldade de controlar o fogo diante das condições meteorológicas."

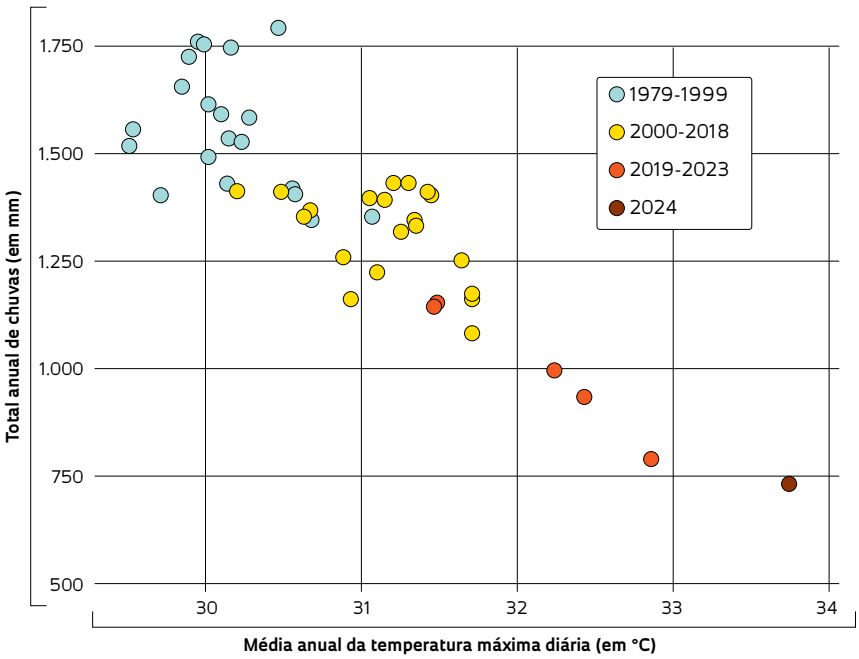
Os pesquisadores calcularam o índice para os dias de junho no Pantanal – acumulados em uma métrica chamada *daily severity rating* (DSR) – para obter a média de perigo de incêndio durante o mês. Cruzando os dados com projeções de modelos de clima com e sem mudanças climáticas, foi possível concluir que as condições meteorológicas estão ficando mais propícias para o fogo no bioma.

Se o aumento do aquecimento global atingir 2 °C acima do nível pré-industrial, o risco de as condições climáticas que ocorreram em junho deste ano no Pantanal voltarem a se repetir passa a ser ainda maior. Elas ocorreriam a cada 17 anos – e com uma intensidade 17% maior do que a verificada em 2024.

Essas projeções não são catastrofistas, alerta a climatologista alemã Friederike Otto, do Instituto Grantham de Mudanças Climáticas e do Meio Ambiente do Imperial College London, coordenadora do WWA e uma das autoras do novo estudo. "Os números provavelmente estão no ponto mais conservador de nossa escala. Isso porque os modelos [climáticos] têm dificuldade de representar bem os níveis de precipitação", disse Otto durante coletiva de imprensa on-line para divulgar os resultados do trabalho sobre o Pantanal. ■

PANTANAL MAIS QUENTE E SECO

Temperaturas subiram e chuvas se reduziram neste século no bioma



FONTE WORLD WEATHER ATTRIBUTION

FOTO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MATO GROSSO DO SUL **INFOGRÁFICO** ALEXANDRE AFFONSO / REVISTA PESQUISA FAPESP

CONSUMIDORAS DE METANO

A superfície dos troncos abriga um ecossistema em miniatura

Estudo internacional indica que bactérias nos troncos das árvores amazônicas absorvem gás de efeito estufa

Maria Guimarães

Bactérias que habitam as cascas das árvores parecem ser capazes de absorver um dos mais importantes gases do efeito estufa, o metano (CH_4), conforme indica artigo publicado no final de julho (24/7) na revista *Nature*. Isso é importante porque, ao longo da última década, medições de gases que contribuem para o aquecimento global indicaram que a floresta amazônica poderia estar contribuindo para o problema, em vez de ser a solução. A entrada em cena dos novos atores sugere uma equação mais complexa do que parece, além de propor armas adicionais à busca pela mitigação dos danos globais agravados pela ação humana.

As coletas na Amazônia que deram origem a esses resultados vêm sendo feitas desde 2013 por um grupo internacional liderado pelo biólogo brasileiro Alex Enrich Prast, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) atualmente na Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), em parceria com o grupo do biólogo britânico Vincent Gauci, da Universidade de Birmingham, no Reino Unido. "Nós medíamos os fluxos de metano na floresta com baldinhos, enquanto outros faziam monitoramento com aviões", conta Prast. Além do trabalho em que está envolvido, ele se refere ao liderado pela química Luciana Gatti, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), que, por meio de monitoramento aéreo colhendo ar em diferentes regiões da Amazônia, detectou um volume de emissões maior do que o esperado entre 2011 e 2013 (*ver* Pesquisa FAPESP *nos 217, 219 e 287*).

O trabalho dos pesquisadores de campo trouxe a explicação: o metano formado no solo sem oxigênio das áreas alagadas é processado pelas bactérias associadas às raízes das árvores, que funcionam como chaminés que lançam à atmosfera o gás nocivo. A união dos esforços dos dois grupos constatou que as árvores nessas áreas de várzea emitiam quantidade de metano equivalente ao que é liberado por todos os oceanos, como descreveram em artigo da mesma *Nature*, em 2017, suscitando alarme a respeito do papel da floresta no aquecimento global.

Sem desanimar com os resultados adversos, de lá para cá, Prast, Gauci e outros colaboradores continuaram a carregar seus equipamentos pelo meio da floresta e perceberam que muitas vezes as árvores fazem o contrário do que os resultados anteriores tinham levado a temer: assimilam mais do que emitem, funcionando como sumidouros de metano. Isso acontece nas próprias várzeas, quando não estão alagadas e têm oxigênio no solo, e também – e principalmente – em florestas de terra firme, não alagáveis.

Faltava entender por quê. Para isso, os biólogos prenderam às árvores, em diferentes alturas, aparatos que funcionam como câmaras detectoras de gases e mostraram que os troncos absorvem CH_4. Mais especificamente, a microbiota do tronco das árvores, que por isso é classificada como metanotrófica, ou consumidora de metano. "Vimos que a assimilação é maior na porção mais alta do tronco", completa Prast. Nas várzeas, a absorção também acontece, mas não é visível no balanço de emissões na estação alagada devido ao metano produzido no solo sem oxigênio.

FOTO LÉO RAMOS CHAVES / REVISTA PESQUISA FAPESP

Os pesquisadores também coletaram amostras da madeira em diferentes alturas, das quais extraíram DNA. "Já identificamos, na microbiota do tronco, algumas bactérias que oxidam metano." Eles já sabem também que há diferenças, por exemplo, na comunidade microscópica das cascas mais lisas ou mais rugosas. Por isso, mais adiante, será importante caracterizar a composição em diferentes espécies vegetais – algo que ainda não foi feito pela dificuldade de, em meio à diversidade da floresta sul-americana, se identificar todas as árvores em campo.

Na Amazônia, as medições foram feitas na Reserva Extrativista do Lago do Cuniã, em Rondônia, às margens do rio Madeira e cerca de 130 quilômetros (km) a nordeste de Porto Velho. Os cálculos indicam que a absorção de carbono pela superfície dos troncos em florestas maduras equivale a 15% da absorção média de todo o carbono feita pela biomassa vegetal da Amazônia, um valor significativo. Prast agrega que, embora ainda não seja possível precisar, a absorção detectada foi maior que a realizada pelo solo, cuja microbiota era até agora considerada a protagonista nesse ciclo gasoso, e que o fluxo de metano nas folhas – que também abrigam todo um ecossistema microscópico – não é considerável.

O estudo incluiu análises semelhantes na floresta Gigante, na ilha de Barro Colorado, uma estação de pesquisa no Panamá, na floresta temperada de Wytham, no Reino Unido, e em Skogaryd, floresta hemiboreal de coníferas na Suécia. A comparação entre os ecossistemas deixou claro que existe um gradiente associado à temperatura. Os troncos absorvem mais metano em climas mais quentes – Amazônia e Gigante, em escala equivalente – do que na vegetação britânica e, por fim, na sueca. "Provavelmente essa diferença diz respeito à capacidade de a microbiota se manter nas diferentes temperaturas", sugere Prast.

Mesmo florestas imaturas, com árvores finas, têm uma grande superfície capaz de abrigar bactérias. Entender seu papel reforça a importância do reflorestamento para mitigar as emissões de gases do efeito estufa. O estudo publicado em julho estima um benefício em termos de mitigação que corresponderia a 7% da absorção em florestas temperadas e 12% nas tropicais, o que representaria um aumento de 10% no benefício que já tinha sido calculado para a expansão de florestas.

O agrônomo Jean Ometto, do Inpe, considera uma boa notícia a indicação de que a recuperação

Na estação na qual as árvores de várzea estão dentro da água, elas canalizam o metano do solo para o ar

1

florestal possa ter um benefício climático adicional substantivo. "A redução das concentrações de metano antrópico na atmosfera, por sua dinâmica e tempo de residência, é de enorme relevância para que as metas do Acordo de Paris possam ser atingidas", informa ele, que não participou do estudo, referindo-se ao tratado internacional firmado em 2015. O metano tem vida curta na atmosfera, cerca de 10 anos, enquanto o CO_2 permanece mais de um século. Mesmo assim, o CH_4 tem um poder de aquecimento maior devido à maneira como sua estrutura molecular reage com a radiação solar.

Ometto alerta também para a necessidade de entender melhor como se dá o fluxo de gases no interior da floresta. O pesquisador, especialista em balanço de gases do efeito estufa, indica que o metano que circula próximo aos troncos possa ser principalmente oriundo de incêndios florestais, mas também da atividade biótica de comunidades de microrganismos anaeróbicos presentes nos ecossistemas dos troncos e do solo. Mapear esse ciclo em conjunto com o que vem da atmosfera não é uma tarefa simples.

Nos últimos anos, Prast e colaboradores mantiveram medições periódicas em regiões diferentes da Amazônia para entender melhor o papel da floresta, já que a biomassa de árvores varia muito conforme o local. Para chegar a conclusões abrangentes, porém, parece necessário que mais grupos de pesquisa se envolvam. "A Amazônia tem um tamanho que abarca a Europa inteira, e ainda sobra", lembra o biólogo da UFRJ. Ele se diverte comparando a dificuldade de chegar e acampar no Cuniã (um local bastante acessível em termos de Amazônia) com o trabalho em Skogaryd, na Suécia, aonde os pesquisadores chegam por estrada em pouco tempo. "E voltam para dormir em casa depois da coleta."

Ele ressalta que o conhecimento sobre a microbiota surgiu a partir de um resultado que parecia negativo: uma emissão de metano pela floresta, que a punha no papel de vilã. "Essa nova área da ciência não avançaria se não tivéssemos prestado atenção a esse resultado."

"Considerar que a microbiota das cascas das árvores também consome metano altera significativamente o balanço de gases", diz a engenheira-agrônoma brasileira Júlia Gontijo, pesquisadora em estágio de pós-doutorado na Universidade da Califórnia em Davis, Estados Unidos, no grupo do engenheiro-agrônomo brasileiro Jorge Rodrigues. Ela publicou recentemente um artigo na revista *Environmental Microbiome*, no qual analisou a capacidade metanotrófica do microbioma do solo em áreas de florestas de várzea e de terra firme na região amazônica próxima a Santarém, no Pará, como parte do doutorado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (Cena-USP). Gontijo incubou amostras de solo das áreas de estudo e simulou as estações de cheia e seca e o aumento de temperatura esperado em projeções de mudanças climáticas. Apesar de o solo da floresta de terra firme ser habitualmente um sumidouro de metano, Gontijo viu esse consumo diminuir com o aumento da temperatura. Já no solo de várzea, não detectou alterações expressivas no comportamento microbiano. "Esses microrganismos naturalmente lidam com flutuações drásticas no ambiente, como o alagamento periódico, e parecem ter mais plasticidade para lidar com mudanças", pondera.

2

Aparatos presos às árvores, em várias alturas, permitiram medir as trocas gasosas

Ela se entusiasma com a possibilidade de sequenciar os genomas da microbiota dos troncos das árvores e compreender em profundidade quais organismos estão presentes e como a composição varia conforme o ambiente. "As metanotróficas são as minhas favoritas, pois elas podem nos ajudar no futuro." Em amostras de solo amazônico, ela agora está estudando o material genético e também indicadores metabólicos, para investigar a ação microbiana. "A composição da microbiota não revela tudo, porque um microrganismo pode estar presente, mas dormente", explica. Mais adiante, ela pretende também sequenciar RNA para inferir a atividade desses organismos. ■

O projeto e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

FOTOS 1 LÉO RAMOS CHAVES/REVISTA PESQUISA FAPESP 2 NATHALIA BULCÃO SOARES/UFRJ

FASCÍNIO PELOS PEIXES DA AMAZÔNIA

Biólogo paulista desvendou os mecanismos de adaptação das espécies da região às variações de oxigênio e de temperatura dos rios

Yuri Vasconcelos

O biólogo em um de seus ambientes favoritos, o rio Amazonas

No fim dos anos 1970, para acompanhar a futura mulher, Vera Maria Fonseca de Almeida, o biólogo paulista Adalberto Luis Val mudou-se de São Carlos, no interior paulista, para Manaus, capital do Amazonas. Logo ficou fascinado pela diversidade e pelos mecanismos de adaptação biológica dos peixes da Amazônia. Por ali vivem cerca de 3 mil espécies, desde os minúsculos *Priocharax manus*, de 15 milímetros, até o pirarucu (*Arapaima gigas*), com 3 metros de comprimento.

Aos poucos, com o grupo que criou no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Val identificou os insuspeitos mecanismos fisiológicos e bioquímicos de várias espécies, especialmente do tambaqui (*Colossoma macropomum*), que capta o ar com os lábios na superfície da coluna-d'água, e do pirarucu, que tem uma bexiga natatória modificada, com a qual absorve oxigênio do ar quando emerge à superfície.

Nos últimos anos, diante das mudanças na região, como a expansão populacional, a poluição e o desmatamento, agravadas pelo aquecimento global, ele começou a ver se os peixes poderiam sobreviver a outra reviravolta ambiental, como as que passaram ao longo de milhões de anos. Descobriu que algumas espécies são mais resistentes que outras, mas de modo geral os organismos aquáticos são bastante sensíveis a variações de temperatura. Essa descoberta explica a mortandade de peixes e botos na seca que atingiu a Amazônia em 2023, quando a água chegou a 40,9 graus Celsius (ºC).

Val e Vera têm dois filhos, Fernando e Pedro, também pesquisadores. Coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Adaptações da Biota Aquática da Amazônia (INCT-Adapta), membro da Academia Brasileira de Ciências (ABC) e ganhador do Prêmio Fundação Bunge na categoria Vida e Obra em 2023, ele conversou em junho com *Pesquisa FAPESP*.

IDADE 68 anos

ESPECIALIDADE
Peixes amazônicos

INSTITUIÇÃO
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa)

FORMAÇÃO
Graduação em ciências biológicas pelo Centro Brasileiro Barão de Mauá (1980), mestrado (1983) e doutorado (1986) pelo Inpa

FOTO KEINY ANDRADE/ FUNDAÇÃO BUNGE

Por que resolveu estudar os peixes da Amazônia?
Para responder, tenho de voltar à minha infância. Nasci e fui criado em uma fazenda em Campinas, no interior de São Paulo. Um dos passatempos do fim de semana era pescar em uma lagoa. Havia poucas espécies de peixes nela, basicamente tilápia e lambari. De tanto ir lá, fiquei curioso para saber como os peixes viviam embaixo d'água. Um dia, peguei uns peixes com uma peneira, coloquei numa garrafa de boca larga, tampei e levei para casa. No início, eles nadaram, mas no dia seguinte estavam todos mortos. Eu devia ter 12 anos. Fiquei muito chateado e decidi: quero aprender mais sobre peixes. Precisava entender como é que eles conseguiam viver debaixo da água.

E o que fez?
Enchi a paciência do meu pai, que acabou me dando algumas revistas sobre peixes. Quando fui para o ciclo intermediário [atual ensino médio], resolvi fazer um curso técnico de bioquímica. Ao final dele, mudei para São Carlos, fiz um concurso para técnico e fui contratado pela Universidade Federal de São Carlos [UFSCar] para trabalhar com um pesquisador que estudava sangue de peixe. Era um bom começo, mas ainda precisava fazer um curso superior. Escolhi biologia. Nesse período, namorava Vera, também de Campinas, que estava terminando o mestrado e tinha sido convidada para trabalhar no Inpa, em Manaus. Eu estava no fim da graduação. Vera foi visitar o Inpa e fui junto. Lembro que fiquei fascinado ao ver uma enorme coleção de peixes. Em um mercado de Manaus, encontrei muitas espécies, bem maiores do que as que via em São Paulo. Daí, tomei uma decisão: é aqui que eu quero viver. Viemos os dois para Manaus. Fiz o mestrado no Inpa e depois fui contratado pelo instituto. Isso foi no início dos anos 1980.

O que mais chamou a sua atenção quando chegou a Manaus?
De pronto, percebi que a Amazônia é um ambiente extremamente dinâmico. Os rios e lagos sofrem intensas variações do nível da água, da temperatura e de oxigênio dissolvido. Há ainda os rios de águas ácidas como o Negro. A primeira pergunta que me fiz foi como os peixes enfrentam essas oscilações. Também me intrigou a diversidade de peixes na Amazônia, perto de 3 mil espécies, enquanto na fazenda de Campinas tinha apenas duas ou três. No mestrado, estudei as duas espécies de jaraqui [*Semaprochilodus insignis* e *S. taeniurus*], peixes de características peculiares. Na época da reprodução, eles migram mais ou menos 1,6 mil quilômetros, do alto rio Negro até o encontro das águas com o Solimões. Quando nascem, os peixinhos são arrastados rio abaixo e se dispersam pelas várzeas. Ainda pequenos, começam a nadar de volta, entram no rio Negro e migram em direção à cabeceira. Isso me intrigou demais. Como é que o peixe poderia saber que estava migrando para a água branca do Solimões e, depois, para a água preta do Negro? Minha tristeza foi terminar a dissertação de mestrado e não conseguir as respostas para minhas perguntas principais – aquelas que eu formulara aos 12 anos e as que desenhara ao chegar na Amazônia. Agreguei outras e, assim, dediquei a vida a estudar os peixes da Amazônia. Faz 45 anos que estou aqui.

Que espécie estudou no doutorado?
O tambaqui [*Colossoma macropomum*], que ainda hoje é o nosso modelo de estudo. Estudei as hemoglobinas do tambaqui. Meu orientador foi o professor Arno Rudi Schwantes [1939-2014], da UFSCar, o mesmo do mestrado, que era credenciado como professor colaborador no Inpa. Nesse período, comecei a interagir com dois pesquisadores estrangeiros que tiveram um papel importante na minha carreira. O primeiro foi Grant Bartlett, do Laboratório de Bioquímica Comparada, da Universidade da Califórnia em San Diego, nos Estados Unidos. Ele estudava pequenas moléculas do interior das células vermelhas, os fosfatos orgânicos, que regulam a função das hemoglobinas. Por meio dele, conheci David Randall [1938-2024], da Universidade da Columbia Britânica, em Vancouver, no Canadá, especialista em fisiologia dos peixes. Em 1976, Randall havia coordenado uma das principais expedições científicas de pesquisadores estrangeiros à Amazônia, que ficou conhecida como Alpha Helix. Um de seus focos – e foi o que mais me atraiu – era a fisiologia dos peixes. Naquela época, era obrigatória a participação de um representante brasileiro nas expedições científicas. O escolhido foi Schwantes. Com isso, criou-se uma condição para que eu me aproximasse de Randall e buscasse uma oportunidade para fazer o pós-doutorado com ele – meu objetivo era me especializar em fisiologia. Essa aproximação foi fantástica e resultou na publicação do livro *Fishes of the Amazon and their environment* [Springer Verlag, 1995], que por muito tempo foi bastante citado.

> "Ao longo do tempo, os peixes da região desenvolveram respostas morfológicas para se adequar às mudanças do ambiente

Quais foram seus principais achados sobre os peixes amazônicos?
De uma forma geral, eles não suportam variações extremas de temperatura. É o inverso do que se pensava. A água dos rios da região está sempre acima de 28 ou 30 ºC. Imaginávamos que, se ela esquentasse mais, os peixes iriam se virar. Mas não. Eles são mais sensíveis do que os da zona temperada. Isso tem implicações diversas para a fisiologia deles e para a criação em cativeiro. Há pouco tempo publicamos um artigo na *Nature* sobre os efeitos da seca que atingiu a Amazônia em 2023, quando a água chegou a 40,9 ºC. Foi essa temperatura que provavelmente causou a imensa mortalidade de peixes e botos. Quando a temperatura chega a esse nível, cai a quantidade de oxigênio na água e as taxas metabólicas dos animais sobem de forma brutal. Os peixes não conseguem regular a temperatura do corpo e, assim, a temperatura ambiental tem efeito dire-

1

2

Pirarucu (*à esq.*), um dos maiores peixes da Amazônia; tambaqui (*ao lado*), o modelo de estudo de Val; e jaraqui (*abaixo*), uma espécie migratória

to sobre todos os processos bioquímicos e fisiológicos. O resultado é que eles não têm como atender à demanda metabólica. No caso dos golfinhos, por ser mamífero, é diferente. Conseguem regular a temperatura do corpo como nós, o que impõe um gasto energético adicional com alta demanda cardiológica. A pressão sanguínea sobe e, em alguns casos, o animal pode sofrer acidentes vasculares.

Que outros efeitos as variações ambientais têm sobre os peixes?

Eles desenvolveram um conjunto de respostas morfológicas às mudanças do ambiente. O tambaqui é um caso interessante. Ele expande os lábios inferiores para canalizar a camada superficial da coluna-d'água, mais oxigenada, para as brânquias. Dentro do organismo dos peixes acontecem outras modificações. Por exemplo, eles são capazes de controlar a ligação da hemoglobina com o oxigênio. No caso do tambaqui, do jaraqui e de outras espécies, ocorre dentro das células a regulação da quantidade dos fosfatos orgânicos, segundo as variações de oxigênio na água. Assim, eles mantêm estável a transferência de oxigênio do ambiente aquático para os tecidos. Essa descoberta foi fenomenal, pois respondeu àquela pergunta que fiz aos 12 anos: como é que os peixes conseguem viver debaixo d'água? Durante o dia, a luz permite a fotossíntese que produz oxigênio. À noite, contudo, nas águas paradas de lagos, lagoas e regiões de várzea, há menos oxigênio. Mas os peixes têm mecanismos que regulam a ligação da hemoglobina com o oxigênio e aumentam a capacidade do sangue de extrair o oxigênio da água. Mesmo as espécies que recorrem a outras estratégias precisam desse mecanismo. Esse achado foi fundamental, pois mostrou que uma única resposta nem sempre é suficiente para minimizar o efeito da variação de oxigênio do ambiente sobre o organismo.

Há outros exemplos?

Sim. O tamoatá [*Hoplosternum littorale*], o cascudo [*Liposarcus multiradiatus*] e alguns bagres têm partes do estômago e do intestino vascularizadas e direcionadas à troca gasosa. Eles vão até a superfície e engolem água misturada com ar. A troca gasosa se dá na transição do estômago para o intestino, sem prejuízo da regulação da afinidade da hemoglobina com o oxigênio. Descobrimos que alguns peixes, em vez de ter os fosfatos orgânicos convencionais – ATP [adenosina trifosfato] e GTP [trifosfato de guanidina] –, possuem outros. O tamoatá tem o 2,3-DPG [bifosfoglicerato], um composto que nós, humanos, também temos. A produção do 2,3-DPG não responde à disponibilidade de oxigênio e, sim, à variação de temperatura. À medida que a temperatura se eleva e a quantidade de oxigênio na água diminui, o peixe aumenta a produção de 2,3-DPG. Tais adaptações envolvem genes que controlam proteínas essenciais atuantes nesse processo.

E o pirarucu, o que descobriu sobre ele?

É um peixe para lá de excepcional. De respiração aérea obrigatória, ele nasce com a capacidade de sintetizar ATP e GTP. Mas, durante o primeiro ano de vida, substitui esses dois fosfatos por um terceiro chamado inositol pentafosfato, que, pasme, existe também nas células vermelhas das aves. O pirarucu é o único peixe com esse fosfato. Faz a respiração aérea por meio de uma bexiga natatória modificada, e não do pulmão. A piramboia [*Lepidosiren paradoxa*] é o único peixe pulmonado na Amazônia.

3

A capacidade adaptativa dos peixes da Amazônia permitirá que superem os desafios que virão com as mudanças climáticas?

Essa é a pergunta central do nosso projeto INCT-Adapta. Durante milhões de anos, desde o levantamento dos Andes, temos uma história de tectonismos e mudanças climáticas na Amazônia. Boa parte do que vemos hoje por aqui surgiu durante o processo de formação da bacia amazônica. Esses movimentos propiciaram as condições para a diversificação de espécies na região. Ao mesmo tempo, permitiram que os organismos desenvolvessem adaptações ao longo do processo evolutivo. Os mais adaptados aos desafios ambientais sobreviveram melhor. Agora queremos saber se os peixes amazônicos conservaram em seu genoma as informações que lhes permitiram enfrentar as mudanças climáticas do passado e se podem voltar a expressar essas características. Não temos uma resposta definitiva. Sabemos que algumas espécies conseguem fazer ajustes e sobreviver até certo limite. Outras não. Às vezes, espécies diferentes do mesmo gênero respondem de forma distinta. Isso indica que alguns grupos perderam as informações que possibilitariam que sobrevivessem, em parte, aos desafios ambientais. Eu digo em parte pelo seguinte: os processos de aquisição dessas adaptações ocorreram

FOTOS **1** CITRON / WIKIMEDIA COMMONS **2** WIKIMEDIA COMMONS **3** FIVER, DER HELLSEHER / WIKIMEDIA COMMONS

durante milhões de anos. E as variações climáticas atuais acontecem numa velocidade muito rápida, sem dar tempo para os organismos se adaptarem.

Poderia dar um exemplo?
O tambaqui. Se isolarmos a temperatura, conseguimos que ele consiga sobreviver até cerca de 40 ºC. Mas quando colocamos o dióxido de carbono nessa equação, que é uma das causas do efeito estufa, 40% dos alevinos começam a apresentar deformações esqueléticas e derrame do pericárdico. Eles vão ser predados e desaparecer. Os que sobrarem, sem essas deformações, talvez consigam produzir uma prole. Uma parte vai apresentar essas deformidades e outra vai sobreviver, criando um processo evolutivo novo. Não sabemos no que vai dar.

Que outros impactos na fauna aquática decorrentes das alterações ambientais antrópicas já são conhecidos?
Estudamos os efeitos sinérgicos das alterações climáticas com outros fatores, como poluição por metais, plásticos, petróleo e medicamentos. Quando a temperatura da água sobe e diminui o oxigênio, os peixes batem mais rápido o opérculo [estruturas de proteção das brânquias], fazendo passar mais água sobre as brânquias, de modo a manter a oxigenação do sangue. Só que quando passa mais água contaminada pelas brânquias, ele capta mais contaminantes. E aí tem um agravante. Alguns peixes aprenderam durante a evolução que, quando não tem oxigênio na água, eles podem subir para a superfície quando vão respirar ou engolir água misturada com o ar. Se o rio está contaminado com petróleo, ele vai pegar mais petróleo e internalizar no seu corpo. Quando o homem interfere no ambiente, algumas adaptações surgidas durante o processo evolutivo podem jogar contra os animais.

O desmatamento também ameaça os peixes?
Sim. A cobertura florestal protege os animais, pois ajuda a reduzir a temperatura do ambiente aquático. Quanto mais desmatamento, maior o aumento da temperatura do sistema. Como os peixes são vulneráveis à elevação da temperatura, eles ficam ameaçados. O pior é que o homem também corre risco, já que 90% da proteína consumida pela população da Amazônia tem origem nos peixes. Reduzir a produção de peixes ocasionará um problema sério de segurança alimentar. A poluição dos rios por esgoto também preocupa. As grandes cidades da região têm um sistema rudimentar de tratamento de esgoto. O rio é o lugar onde se despeja tudo. Quando você tem uma cidade de 10 mil habitantes, um rio do tamanho do Amazonas dá conta dessa situação. Mas quando a cidade tem 2,1 milhões de pessoas, como Manaus, é diferente.

Qual é o objetivo do INCT-Adapta?
O Adapta tem cerca de 30 grupos de pesquisa e 100 pesquisadores, vários deles no exterior, inclusive em países amazônicos. O nosso Laboratório de Ecofisiologia e Evolução Molecular, o LEEM, no Inpa, é a sede do INCT. Temos salas climáticas para reproduzir as condições ambientais projetadas para 2100. O objetivo é estudar como peixes, insetos e plantas enfrentarão essas novas condições. Uma sala reproduz em tempo real a temperatura, os níveis de gás carbônico, a luminosidade e a umidade da floresta a partir de dados transmitidos por uma torre instalada na mata. As outras três salas reproduzem cenários futuros – brando, intermediário e extremo –, de acordo com o modelo do IPCC [Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas] para 2100. Descobrimos que os fungos crescem muito mais em cenários extremos. Se são fungos comestíveis, fantástico, teremos mais comida. Mas se são fungos infecciosos, haverá mais problemas. No caso do mosquito da malária, os achados são preocupantes. Quanto mais extremas são as condições ambientais, maior é o número de gerações de mosquitos em um dado intervalo de tempo. Como resultado, o número de mosquitos aptos a transmitir a malária, por exemplo, é maior por unidade de tempo.

> “O pirarucu é um peixe excepcional. Ele faz a respiração aérea, acima da superfície da água, por meio de uma bexiga natatória modificada

Um de seus projetos recentes comparou os efeitos das mudanças no clima sobre os peixes da Amazônia e da Mata Atlântica. Quais as principais conclusões?
Analisamos peixes de água doce da região de Santos e São Vicente, no litoral paulista, e da reserva biológica Ducke, na Amazônia. Na reserva, por conta da mata preservada, há estabilidade térmica, com temperatura em torno de 25 ºC. Na Mata Atlântica, varia naturalmente ao longo do ano. Vimos que os peixes da Mata Atlântica conseguem suportar um intervalo de temperatura maior que os da Amazônia. O segundo ponto está relacionado ao carbono orgânico dissolvido, que confere coloração preta às águas do rio Negro e aos corpos-d’água da Mata Atlântica. As propriedades desse carbono variam conforme a época do ano e a região. Ele também é um protetor das taxas respiratórias dos organismos aquáticos, no que se refere a metais, principalmente os de ambientes ácidos, como são os peixes do rio Negro. Queríamos saber se o carbono orgânico dissolvido da Mata Atlântica, que é diferente do encontrado na Amazônia, também teria essas propriedades. Seu efeito é diferente lá e cá. Estamos monitorando e descrevendo essas diferenças. A questão do carbono orgânico dissolvido é de interesse mundial. O aumento do gás carbônico no ambiente em escala global está provocando um escurecimento dos corpos-d’água em vários lugares do planeta, o que é preocupante. Com esse estudo comparando a Mata Atlântica e a Amazônia, tentamos entender melhor esse problema.

Como vê a possibilidade de exploração de petróleo na foz do Amazonas?

É algo muito preocupante. No caso de um vazamento, parte do óleo, que tem uma densidade menor que a da água, sobe para a superfície. Um estudo recente de nosso grupo mostrou que para as espécies de respiração aérea, facultativa ou obrigatória, o óleo é internalizado no corpo delas. Além disso, quando o petróleo sofre o efeito da radiação solar, ocorre a formação de compostos altamente tóxicos para os peixes, que causam altas taxas de mortalidade. Na ocorrência de um acidente, dependendo das condições climáticas, dos ventos e de outras variáveis, o óleo localizado na superfície da coluna de água pode entrar para o interior da bacia amazônica e afetar profundamente os animais. As correntes marinhas podem levar o petróleo vazado para o norte, atingindo a costa de países vizinhos, causando problemas diplomáticos. E não podemos esquecer que na foz do Amazonas existem corais sensíveis às mudanças ambientais.

É verdade que já foi achado microplástico em peixes da Amazônia?
Sim. Infelizmente, a poluição por plásticos é intensa na Amazônia, por conta dos descartes inadequados de lixo sólido. Já se encontrou plástico na musculatura, nos ossos, no fígado e até no otólito, ossinho do interior do ouvido dos peixes. O otólito costuma formar anéis através dos quais se mede a idade do peixe. Quando os pesquisadores fizeram a raspagem para analisar esses anéis, viram plástico em alguns pontos. Se há plástico nos peixes, as pessoas que consomem esses peixes estão consumindo plástico. O problema é agravado pela alta capacidade do plástico em absorver poluentes e medicamentos. Ele é um transportador dessas substâncias para dentro dos organismos.

Como seus estudos têm contribuído para a segurança alimentar da Amazônia?
Procuramos otimizar os processos de produção, para que os peixes cresçam mais num tempo menor. Temos também a perspectiva de produzir carne de peixe em laboratório. Outra meta é reduzir o impacto da temperatura e de metais, principalmente o cobre, nos processos de criação. Muito usado na agricultura, o cobre é lixiviado para tanques de criação. Estudamos novas composições de ração, criações consorciadas e administração de certos produtos em substituição a antibióticos. Esse é um problema sério nas estações de criação. A água com antibiótico das estações cai nos ambientes naturais e causa um desastre, principalmente nos animais de pequeno porte, vitais para a cadeia trófica. Com base em informações fisiológicas, bioquímicas e genéticas dos peixes, podemos manipular as condições de criação.

> “O desmatamento eleva a temperatura da água de rios e lagos. Como os peixes são vulneráveis a essa variação, ficam ameaçados

Que transformações a Amazônia sofreu nesses 45 anos desde sua chegada à região?
Primeiro, diria que houve uma revolução populacional. Quando cheguei, Manaus tinha perto de 500 mil habitantes; hoje são mais de 2 milhões. Uma cidade com esse porte demanda uma infraestrutura e uma série de produtos e processos que pressionam o ambiente. Houve também uma ampliação da mineração, inclusive em terras indígenas, que levou à contaminação do ambiente aquático por mercúrio, entre outros metais. Aumentou a contaminação dos rios por medicamentos, outra decorrência do aumento populacional. Mas houve também mudanças positivas.

Quais?
Na área da ciência, por exemplo. Quando cheguei aqui, contava-se nos dedos o número de doutores em Manaus. Não havia uma fundação de amparo à pesquisa em nenhum estado amazônico; hoje todos têm. O único curso de pós-graduação no Inpa era o de botânica, herdado do Museu Emílio Goeldi, no Pará. Rapidamente outros três – ecologia, entomologia e biologia de água doce e pesca interior – foram instalados. No Pará, havia na UFPA a pós-graduação em geociências, um curso fantástico que gerou informações relevantes para processos de produção mineral na região. Depois de um tempo, o mundo inteiro passou a ter um interesse muito grande pela Amazônia. Com isso, houve um aumento da demanda por cooperação científica na região, infelizmente não inteiramente atendida de forma simétrica. A conscientização sobre a necessidade de conservação ambiental na região se avolumou de forma significativa, mas tem sido difícil traduzi-la em ações. Contudo, há projetos que merecem destaque, como o Semear Leitores, da Fundação Bunge, que socializa práticas regenerativas na agricultura familiar.

O que mais deveria ser feito?
O governo brasileiro precisa entender que é preciso fazer um investimento estratégico em ciência e tecnologia na região, ou seja, fortalecer a pesquisa e a capacitação pessoal em universidades e institutos de pesquisa e abrir espaços para a cooperação internacional. O investimento em ciência e tecnologia na Amazônia não passa dos 3% ou 4% do total destinado ao setor no país. Isso se traduz na frágil produção de informações para o desenvolvimento e a conservação da Amazônia. É preciso que tenhamos investimentos estratégicos na região e não a manutenção de taxas históricas de dispêndios.

O que você gosta de fazer nas horas livres?
O problema é ter essas horas livres. Mas tem duas coisas que eu aprecio muito. Primeiro, caminhar. Eu caminho bastante, ainda no clarear do dia. A segunda é a leitura. No momento, estou relendo *Arrabalde – Em busca da Amazônia*, de João Moreira Salles. É um livro que discute o problema do desmatamento e os desafios da conservação ambiental da região. ■

A cerimônia de abertura da conferência, no dia 30 de julho, reuniu 1,2 mil pessoas e teve a presença do presidente Luiz Inácio Lula da Silva, de ministros e gestores públicos

PLANEJAMENTO

PENSAMENTO COLETIVO

Conferência em Brasília mobiliza a comunidade científica e reúne recomendações para municiar um plano nacional de ciência, tecnologia e inovação

Fabrício Marques e Sarah Schmidt, de Brasília

Ao longo de três dias, pouco mais de 2,5 mil pessoas participaram presencialmente ou pela internet de uma maratona de 54 mesas-redondas e sete sessões plenárias, que recolheram orientações a fim de formular um plano nacional de ciência, tecnologia e inovação para os próximos 10 anos. A 5ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI), que aconteceu em Brasília entre os dias 30 de julho e 1º de agosto, discutiu temas como a importância das políticas científicas orientadas para vencer grandes desafios da sociedade, o futuro da inteligência artificial no Brasil e o combate à desindustrialização. Também compilou sugestões concretas para ampliar o financiamento à ciência, investir na educação científica, fortalecer instituições de pesquisa e startups, enfrentar a desinformação, entre outras.

Os resultados desse esforço coletivo serão conhecidos em algumas semanas, quando uma comissão encarregada de organizar as recomendações feitas na conferência de Brasília e em outros 221 eventos preparatórios irá entregar ao governo um sumário executivo e um livro com a essência dos milhares de reflexões e reivindicações apresentados por cientistas, gestores, empresários

e estudantes. "Entre as propostas apresentadas pelos participantes, alguns temas se destacaram, como a necessidade de promover a divulgação e a popularização da ciência e a chamada ciência aberta, que busca compartilhar conhecimento e promover uma participação da sociedade em todas as etapas da pesquisa científica", disse a cientista da computação Francilene Procópio Garcia, vice-presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e coordenadora da subcomissão de sistematização e documentação encarregada de compilar as ideias. "A conferência foi convocada pela Presidência da República e tem um caráter consultivo. A comunidade atendeu à convocação e agora cabe ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação analisar essas contribuições e considerá-las no plano decenal que irá formular." Há 14 anos o país não promovia uma conferência dessa natureza. O tema oficial do evento foi Ciência, Tecnologia e Inovação para um Brasil Justo, Sustentável e Desenvolvido.

A busca de novas formas de financiamento permeou diversos debates. Na sessão de abertura, o físico Sergio Machado Rezende, ex-ministro da Ciência e Tecnologia e secretário-geral da 5ª CNCTI, propôs criar novos Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia ou ampliar o escopo de fundos existentes para aumentar a contribuição de setores como o agronegócio, os bancos e as grandes empresas de tecnologia, no fomento à ciência. "Esses segmentos utilizam os recursos humanos qualificados que o país forma e poderiam dar contrapartidas maiores no financiamento", afirmou. Criados no final da década de 1990, os Fundos Setoriais abastecem o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), principal instrumento federal de investimento em pesquisa e inovação, com as receitas e impostos de empresas de 14 diferentes segmentos da economia.

Em uma mesa-redonda que discutiu o futuro do FNDCT, Carlos Américo Pacheco, professor do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e diretor-presidente do Conselho Técnico-Administrativo da FAPESP, propôs criar meios para utilizar o saldo financeiro do fundo, que era da ordem de R$ 18,9 bilhões no final de 2023. Esse dinheiro é proveniente de recursos dos Fundos Setoriais, que, no entanto, não tiveram autorização da lei orçamentária para serem aplicados. Como a Lei Federal nº 177 de 2021 proibiu o contingenciamento do FNDCT, o dinheiro permanece disponível, embora seu uso não esteja autorizado.

Mas como fazer para desbloqueá-lo? Pacheco sugeriu encaminhar uma negociação com os ministérios da área econômica a fim de permitir seu uso em operações de crédito para empresas inovadoras, que hoje correspondem à metade dos investimentos do FNDCT. "Se esses recursos fossem usados nas operações de crédito, não seriam contabilizados no déficit primário, porque vão voltar quando os empréstimos forem pagos ao agente financeiro", diz. Com isso, os recursos orçamentários hoje usados em empréstimos poderiam ser liberados para outros investimentos. Uma segunda fonte de recursos poderia ser o Fundo Social do Pré-sal, abastecido por receitas de *royalties* dessa exploração do petróleo. Uma auditoria do Tribunal de Contas da União mostrou que recursos desse fundo foram usados em aplicações não previstas em lei. "Existe proposta de previsão legal para alocar recursos em ciência, tecnologia e inovação, que chegariam a 10% do total arrecadado, de acordo com um projeto que tramita na Câmara dos Deputados", disse Pacheco. "Esses 10% praticamente equivalem ao patamar atual de valores investidos do FNDCT."

Os obstáculos que o país enfrentou na pandemia foram outra referência recorrente. Em participação virtual, a economista italiana Mariana Mazzucato falou sobre o papel do Estado e a importância de sua capacidade organizacional para fomentar inovações. Pesquisadora da University College London, no Reino Unido,

Uma apresentação da Orquestra Alada Trovão da Mata, grupo musical brasiliense, antecedeu a abertura do evento

FOTOS LÉO RAMOS CHAVES/REVISTA PESQUISA FAPESP

A pesquisadora baiana Gabryele Moreira, doutoranda em um programa do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), e os participantes em fila chegando à abertura da conferência

e autora do livro *O Estado empreendedor* (Companhia das Letras, 2014), ela destacou que as chamadas parcerias público-privadas precisam evitar relações assimétricas, garantindo que o setor empresarial faça sua parte e invista em pesquisa e desenvolvimento em setores como agronegócio, aeroespacial, automotivo e metalúrgico. Ela mencionou como exemplo positivo de parceria a vacina da AstraZeneca contra a Covid-19, desenvolvida em colaboração com a Universidade de Oxford, no Reino Unido, que garantiu preços acessíveis. "Esse é um modelo de negociação que devemos definir em nosso ecossistema, especialmente na saúde, em que muitos recursos vêm de investimentos públicos", destacou.

A ministra da Saúde, Nísia Trindade, defendeu mais investimentos no complexo industrial da saúde. "A dependência da importação de produtos torna o Sistema Único de Saúde [SUS] vulnerável, o que foi evidenciado na pandemia", afirmou. Segundo ela, mais de 90% dos insumos farmacêuticos ativos usados no Brasil para produção de medicamentos são importados e só a metade dos equipamentos médicos é produzida no país. Trindade disse que o governo tem buscado retomar investimentos no complexo industrial da saúde e anunciou a abertura de nove chamadas públicas de incentivo à pesquisa em saúde, com investimentos previstos de R$ 234 milhões.

A conferência foi palco da apresentação de novas políticas públicas. A mais impactante delas foi o lançamento do Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) para os próximos quatro anos (2024-2028). O plano propõe, por exemplo, a expansão do supercomputador Santos Dumont, do Laboratório Nacional de Computação Científica, em Petrópolis (RJ), e a criação de uma infraestrutura nacional de armazenamento de dados em nuvem que funcione como alternativa aos repositórios de grandes empresas de tecnologia. "Partimos da compreensão de que a concentração excessiva de poder, de dados e de recursos em poucas empresas e em poucos países pode ter como consequência a exclusão de grande parte da humanidade dos benefícios dessa tecnologia", observou o secretário-executivo do MCTI, Luis Fernandes, que coordenou a elaboração do plano.

O documento detalha de que maneira devem ser investidos nos próximos quatro anos cerca R$ 23 bilhões, oriundos do FNDCT, da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), do setor privado e de empresas estatais, em cinco eixos principais: infraestrutura, formação e capacitação de pessoas, melhoria dos serviços públicos, inovação empresarial e apoio à regulação e governança da inteligência artificial.

A Finep propôs diretrizes para ampliar o financiamento às chamadas *deep techs*, startups baseadas em pesquisas científicas e em engenharia que procuram soluções avançadas para problemas complexos, como tratamentos de doenças

Francilene Procópio Garcia, vice-presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), e o cacique Payayá, da Chapada Diamantina, que participaram da conferência

ou aqueles relacionados a mudanças climáticas. Um dos maiores entraves enfrentados por essas empresas, afirmou Fernando Peregrino, chefe de gabinete da presidência da Finep, é que elas precisam de investimentos elevados e de alto risco e exigem aportes maiores em suas fases iniciais. O documento "Estratégia nacional de apoio a startups *deep techs* e seus ecossistemas no Brasil" propõe a simplificação de trâmites regulatórios e jurídicos. Também enfatiza a necessidade de criar modelos mistos de financiamento – com recursos públicos, privados e filantrópicos – e de utilizar encomendas governamentais para adquirir os produtos oferecidos pelas *deep techs*.

O público que participou da conferência apresentou ao menos 400 sugestões por meio de uma plataforma interativa, a Strateegia. Um participante que não se identificou sugeriu ampliar as missões da política industrial brasileira a fim de contemplar áreas como nanotecnologia, novos materiais, fotônica e metrologia/instrumentação. "São áreas em que o Brasil possui pesquisa de excelência e alto potencial de criação de uma base industrial de tecnologia", justificou. A proposta de outro participante foi que o Programa Espacial Brasileiro passe a incorporar projetos de interesse de outros ministérios, além do MCTI, em áreas como mudanças climáticas, agricultura e planejamento urbano, para ampliar seu orçamento, que é muito baixo, recebendo recursos dessas pastas. Uma ação coordenada de interessados em divulgação científica usou essa plataforma para reivindicar, em praticamente todas as mesas e plenárias, mais investimentos em iniciativas de popularização da ciência.

As contribuições dos palestrantes e do público foram compiladas por relatores das plenárias e mesas-redondas e encaminhadas à subcomissão de sistematização. Elas se somarão às recomendações feitas em 221 eventos preparatórios realizados entre novembro do ano passado e maio desse ano: 18 conferências temáticas, 27 estaduais, 14 municipais e 5 regionais, além de 157 conferências livres. "Esses eventos tiveram a participação expressiva e surpreendente de quase 100 mil pessoas", destacou Rezende, o secretário-geral da conferência.

As sugestões dos eventos preparatórios haviam sido compiladas em dois ebooks, com apoio de um software de inteligência artificial que transcreveu e organizou por assunto milhares de formulários preenchidos e mais de 4 mil horas de gravação de debates e apresentações. O resultado foi um conjunto de resumos e sínteses ordenados segundo os eixos e temas da conferência. Esses dois livros ajudaram a nortear os debates em Brasília. Na avaliação da biomédica Helena Nader, presidente da Academia Brasileira de Ciências, que participou de quatro plenárias e mesas-redondas do evento, a 5ª CNCTI cumpriu seus propósitos, mas a tarefa mais importante virá agora, que é tirar do papel as recomendações. "A festa foi bonita. Foi interessante ver estudantes, pesquisadores e empresários discutindo o futuro. Agora temos que brigar para que as medidas sejam implementadas", afirmou. "Nas discussões sobre a chamada Amazônia Azul, notei que as propostas eram semelhantes às da conferência realizada em 2010, que não foram implementadas", disse, referindo-se à área costeira e oceânica de 4,5 milhões de quilômetros quadrados na plataforma continental brasileira. "Não vamos nos iludir: vamos precisar de novas fontes de recursos para transformar essas sugestões em ações." ■

FOTOS LÉO RAMOS CHAVES/ REVISTA PESQUISA FAPESP

FLORESTA NÃO FICA EM PÉ SEM OS POVOS TRADICIONAIS

Para reitor da UFPA, degradação social na Amazônia também é risco para a preservação do bioma

Fabrício Marques

Uma das apresentações mais contundentes da 5ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, realizada em Brasília, foi feita pelo reitor da Universidade Federal do Pará (UFPA), Emmanuel Zagury Tourinho. Em uma plenária em 31 de julho sobre oportunidades e desafios para o desenvolvimento sustentável, um dos motes da conferência, Tourinho afirmou de modo categórico que não há projetos de desenvolvimento da Amazônia que possam ser definidos como sustentáveis e que a degradação do modo de vida das populações tradicionais, que ajudam a manter a floresta em pé, está chegando a um ponto de não retorno, colocando em xeque a preservação do bioma.

Graduado em psicologia pela UFPA e doutor pela Universidade de São Paulo (USP), Tourinho é um especialista em psicologia aplicada a processos culturais e um conhecedor do ambiente de pesquisa na Amazônia – além de reitor da maior universidade da região, foi membro de conselhos científicos de instituições como o Museu Paraense Emílio Goeldi, de Belém, e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, de Manaus. Também presidiu a Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (Andifes) entre 2017 e 2018. No dia seguinte à apresentação na conferência, concedeu a entrevista a seguir.

O senhor afirmou que a Amazônia está chegando a um ponto de não retorno na degradação do tecido social de suas populações tradicionais, em uma situação comparável com a do desmatamento. Que processo é esse?
Há um interesse de grandes grupos econômicos em territórios da Amazônia e uma parte das populações tradicionais vai sendo expulsa dessas áreas, migrando para a periferia de cidades pobres que não oferecem condições adequadas de sobrevivência. Isso tudo compromete um modo de vida que, até então, garantia a floresta em pé. Se a Amazônia for ocupada de um modo diferente, sem essas populações, não se sabe o que vai acontecer com a floresta. Precisamos aproveitar esse interesse global pela conservação da floresta para mostrar que temos que garantir a vida das populações que, até então, protegeram a floresta. Estou falando de todas as populações tradicionais – indígenas, quilombolas, extrativistas e ribeirinhas. Todas essas populações estão hoje expostas a muitos tipos de violência e, no caso dos indígenas, a falta de demarcação de suas terras os torna ainda mais vulneráveis.

Como essa degradação vem ocorrendo?
Vou dar o exemplo dos plantadores de arroz que foram removidos da Terra Indígena Raposa Serra do Sol, em Roraima, por determinação da Justiça Federal. Alguns mudaram para a ilha de Marajó. A transformação de uma grande área de Marajó em um território para a produção de arroz expulsou populações tradicionais. Houve um efeito direto sobre a paisagem e sobre as populações, que, enquanto estiveram lá, garantiram em alguma medida a floresta em pé e projetos agroflorestais sustentáveis. Veja também a cadeia de produção do açaí. Hoje o fruto é consumido no mundo inteiro e parte do território da Amazônia que não era ocupada pelo açaí está passando a ser. As populações ribeirinhas que vivem da coleta do açaí são impactadas por essa

Tourinho: poder decisório para as populações da Amazônia

FOTO LÉO RAMOS CHAVES / REVISTA PESQUISA FAPESP

nova economia, não necessariamente de forma positiva. Tem havido um aumento da ocorrência da doença de Chagas na região, porque o inseto barbeiro, que é o transmissor e vivia em outra vegetação, se concentra em plantações de açaí. E há pressões de madeireiros ilegais, do garimpo ilegal. Não existe um sistema que proteja essas populações.

O senhor afirmou que não há projetos de desenvolvimento da Amazônia que sejam sustentáveis. Por quê?

A razão básica é que não são projetos para promover o desenvolvimento social dos povos da Amazônia, mas para criar riqueza para grandes grupos econômicos, eventualmente gerando também divisas internacionais para o país. Eles deixam em segundo plano as condições de vida das populações e criam passivos sociais e ambientais. Cada projeto novo chega prometendo mais emprego, mais infraestrutura para as cidades, e depois não se vê isso. Pontualmente aqui e ali há um benefício, mas nada comparável ao volume de riquezas extraídas e danos causados. Isso não quer dizer que não seja possível desenvolver a economia fazendo um uso sustentável dos recursos naturais.

O senhor disse que burocratas não estão aptos a desenvolver projetos inclusivos. Que governança deveria haver?

Quando eu me referi aos burocratas, pensei nos gestores de agentes financeiros que desconhecem a realidade da Amazônia e concebem projetos a partir da lógica: como podemos aproveitar essa riqueza toda que há na Amazônia? O poder público precisa estar alerta e só permitir que avancem projetos que protejam direitos das populações locais. Isso é possível de ser feito, mas é preciso mudar a lógica. É necessário ouvir as populações e dar a elas poder decisório. Isso acontecerá de modo satisfatório se essas populações forem as beneficiárias econômicas diretas.

O senhor criticou projetos de geração de energia limpa na Amazônia, perguntando: "Limpas para quem?" Por quê?

Há um equívoco em pensar que qualquer projeto de energia limpa é sustentável ou positivo para todo mundo. Alguns desses projetos comprometem as condições de vida das pessoas que vivem onde eles são implantados. Algumas hidrelétricas na Amazônia têm essa história: desorganizam a vida de grandes comunidades e degradam as condições de vida dessas pessoas. Belo Monte é um caso. Houve prejuízos para as populações que não são reparáveis. Mas, quem olha de fora, diz: "Ah, que bom que estamos produzindo mais energia limpa!" Energia renovável não é sinônimo de sustentabilidade se não incluir uma dimensão social.

Como pesquisadores podem ajudar a enfrentar esse problema?

Não há como fazer esse enfrentamento sem lançar mão da inteligência científica e dos saberes tradicionais locais. Nos projetos para a Amazônia, prevalece o princípio do vazio. Eles são pensados como se não existissem pessoas que conhecem a realidade local e estão aptas a dizer como devem ser concebidos. Temos na Amazônia instituições de ciência e tecnologia muito bem estruturadas, fazendo pesquisas que incluem uma interação cotidiana com a população. Temos que ouvir essa inteligência científica.

Na iniciativa Amazônia+10, que reúne pesquisadores de 25 estados e do exterior, uma das preocupações é fixar mais cientistas da Amazônia. Isso para não repetir o que ocorreu na formação de redes de pesquisa na Amazônia lideradas por cientistas de outras regiões que depois voltavam para os estados de origem. Isso é uma necessidade?

Tem que haver cooperação entre quem faz ciência na Amazônia e quem faz ciência fora da Amazônia. Ocorre que as instituições da Amazônia desejam superar uma lógica colonialista, uma prática que era comum de os pesquisadores amazônidas serem procurados só para coletar dados para colegas de fora. Não queremos ser mais coletadores de dados. Queremos desenvolver uma agenda de pesquisas pensada a partir da realidade da Amazônia e estabelecer cooperação com quem quiser colaborar. A agenda de pesquisas tem de ser referenciada pela fronteira do conhecimento, mas também pela realidade social e incluir o empoderamento da população com conhecimento científico, para que ela participe do debate sobre políticas para a região. A UFPA lidera o Centro Integrado da Sociobiodiversidade da Amazônia, o Cisam, com pesquisadores das 13 universidades federais sediadas na Amazônia. O Cisam é orientado por essa visão da ciência, reconhecendo a complexidade dos problemas da Amazônia e adotando abordagens interdisciplinares. ■

SINAIS CLAROS DE RETOMADA

Relatório de atividades FAPESP mostra que as demandas da comunidade científica paulista recuperaram fôlego em 2023

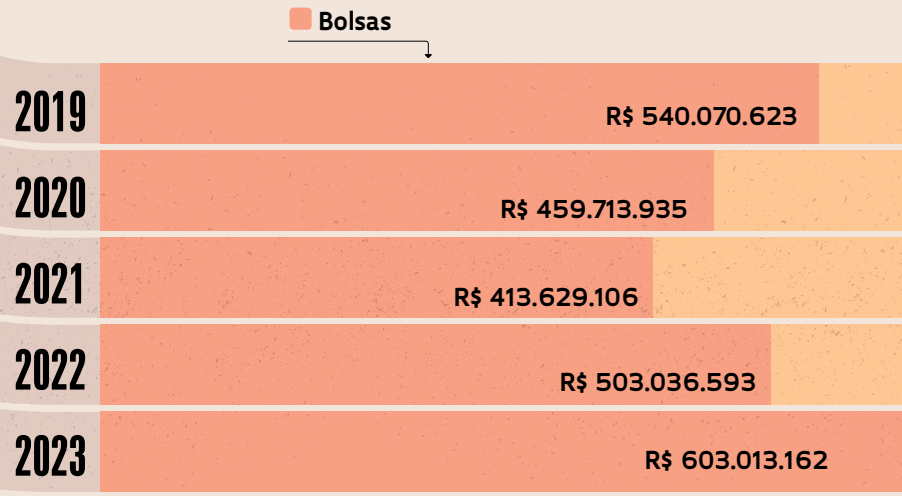
Fabrício Marques

A FAPESP investiu R$ 1.366.291.568 no financiamento a 23.029 projetos de pesquisa em 2023. O valor é 15,5% superior ao desembolsado em 2022. O número de projetos cresceu 11,2% em relação ao ano anterior, embora ainda esteja aquém dos 24.806 apoiados em 2019, antes da pandemia de Covid-19. Um indicador expressivo foi a quantidade de novos projetos contratados: 10.266, 18% a mais do que em 2022, quebrando um ciclo de redução no número de propostas submetidas causado pela emergência sanitária.

"Após três anos de queda no número de submissões de projetos à FAPESP, registramos em 2023 sinais claros de retomada da demanda tanto de bolsas quanto de auxílios à pesquisa", escreveu o presidente do Conselho Superior da FAPESP, Marco Antonio Zago, na apresentação do *Relatório de atividades FAPESP 2023*, lançado em julho. "Esse é um resultado da volta à normalidade de inúmeros laboratórios e programas de pós-graduação, mas também é uma resposta a ações adotadas pela FAPESP para incentivar a retomada da pesquisa em São Paulo." O relatório faz um balanço das ações promovidas no ano passado – o documento está disponível no site da Fundação, no qual é possível obter os dados anuais do financiamento da instituição desde 1962, quando a FAPESP iniciou suas atividades.

Resquícios da pandemia foram notados em poucos indicadores, como a produção científica que, em 2023, caiu pelo segundo ano consecutivo. Dados da empresa Clarivate Analytics mostram que o número de artigos publicados por autores de São Paulo, que chegou a 30,7 mil em 2021, caiu para 26,2 mil em 2022 e 23,7 mil em 2023. No Brasil, o número de artigos foi de 73,4 mil em 2021, 62,7 mil em 2022 e 56,3 mil em 2023.

A retomada da demanda já dera sinais em março passado, quando a Fundação fez um balanço de 2023 dos chamados "primeiros projetos", submetidos por pesquisadores que nunca haviam apresentado uma proposta à FA-



PESP anteriormente. Foram 4.483 projetos, patamar 26% superior ao nível precedente à pandemia. "A capacidade de atrair novos talentos e de garantir que sua formação e seu trabalho sejam financiados pela FAPESP é essencial para preservar a qualidade do sistema paulista de ciência, tecnologia e inovação", explicou o diretor científico da Fundação, Marcio de Castro Silva Filho.

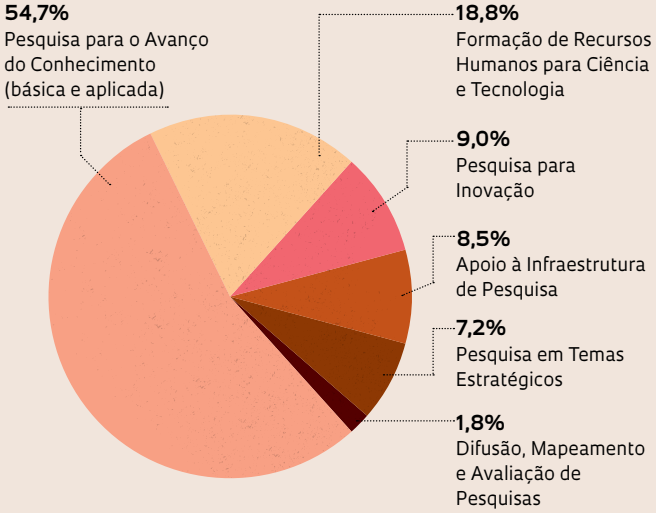
No relatório, a retomada de fôlego foi mais notável nas bolsas para pesquisa no exterior – foram 1.140 bolsas vigentes em 2023, 37% a mais do que em 2022. Os valores investidos nessas bolsas, que compreendem estágios no exterior de pesquisadores vinculados a instituições de pesquisa paulistas ou de bolsistas FAPESP em diferentes fases de formação – desde a iniciação científica até o pós-doutorado –, cresceram 51%. O número de bolsas em instituições do país aumentou 5,9% e os valores desembolsados 7%. No total, foram aportados no ano R$ 256,8 milhões em 7.856 bolsas no Brasil e no exterior. O Conselho Superior da FAPESP aprovou em 2023 um aumento de 33% no valor das bolsas no exterior, que não eram reajustadas desde 2012, e de 6,7% nas bolsas no país. A estratégia de recompor os valores das bolsas prosseguiu em 2024, com um reajuste que alcançou até 45% em algumas modalidades.

Se os investimentos na formação de recursos humanos, traduzidos em bolsas, foram responsáveis por 18,8% dos recursos aplicados pela FAPESP em 2023, o maior quinhão do desembolso da Fundação (54,7%) destinou-se à estratégia de fomento Pesquisa para o Avanço do Conhecimento. Foram investidos R$ 747 milhões, ante R$ 633 milhões em 2022. Essa categoria inclui projetos de pesquisa básica e aplicada, como os auxílios regulares, os Temáticos, o programa Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes ou os Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid).

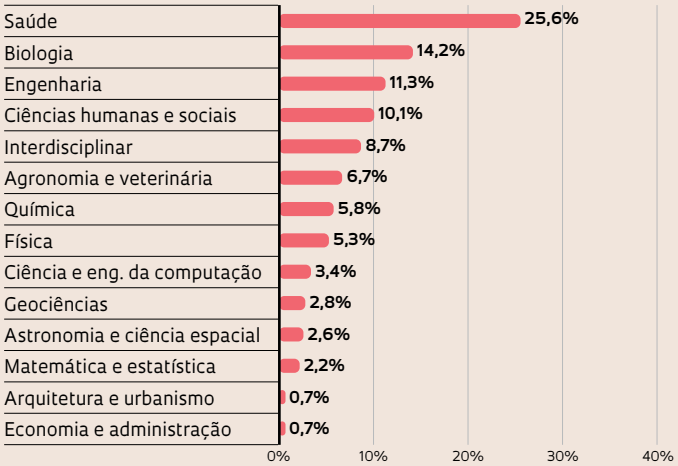
Em 2023, a FAPESP anunciou ainda a seleção de cinco novos Cepid nas áreas de ciências da saúde, biológicas, agronomia e veterinária. A Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) tornou-se instituição-sede de um Cepid dedicado a estudar a resistência antimicrobiana, enquanto a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da

O DESEMBOLSO EM 2023

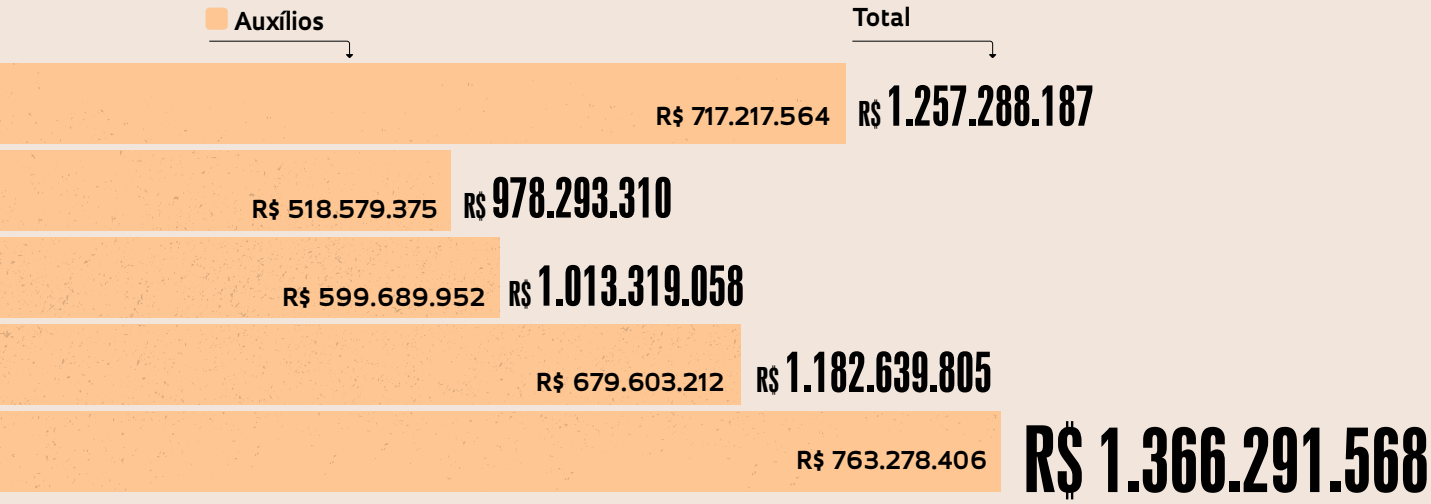
POR ESTRATÉGIA DE FOMENTO



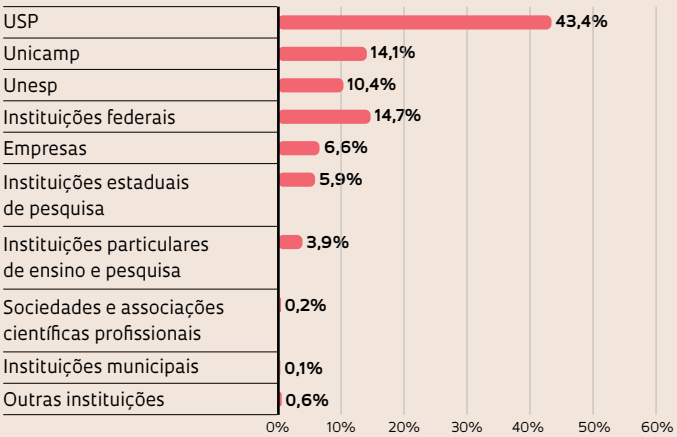
POR ÁREAS DO CONHECIMENTO



INFOGRÁFICOS ALEXANDRE AFFONSO / REVISTA PESQUISA FAPESP

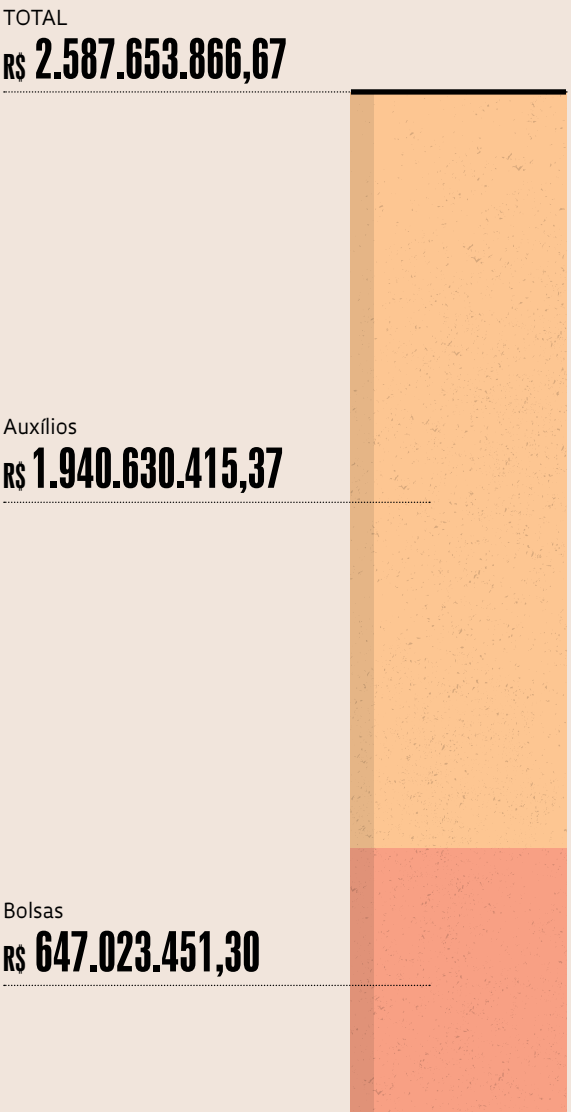


O DESEMBOLSO EM 2023, POR INSTITUIÇÃO



COMPROMISSOS ASSUMIDOS

Recursos comprometidos para os anos seguintes com o pagamento de bolsas e auxílios à pesquisa contratados – em R$, em 31/12/2023



Universidade de São Paulo (Esalq-USP) foi contemplada para formar centro de pesquisas sobre carbono na agricultura tropical (*ver reportagem na página 74*). O Centro de Hematologia e Hemoterapia da Universidade Estadual de Campinas (Hemocentro-Unicamp) agora tem um Cepid que se propõe a inovar em uma área da medicina teranóstica, que envolve o uso de nanotecnologia para diagnóstico e tratamento do câncer, ao passo que o Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (IB-Unesp), *campus* de Rio Claro, lançou um centro para investigar a dinâmica da biodiversidade no contexto das mudanças climáticas. Já o Centro de Pesquisa em Biologia de Bactérias e Bacteriófagos (B3), sediado no Instituto de Química da USP, propõe-se a estudar os mecanismos de reprodução e comportamento das bactérias e de seus principais predadores. Esses centros, dedicados a temas na fronteira do conhecimento, vão receber suporte de longo prazo, por até 11 anos.

A estratégia Pesquisa para Inovação teve R$ 122.852.931, o equivalente a 9% do desembolso da FAPESP em 2023. Foi lançada uma chamada para a seleção de mais um Centro de Pesquisa em Engenharia (CPE) na área de citricultura, a ser constituído com a Citrosuco. Em 2023, 18 CPE estavam em operação, em parceria com empresas como Shell, GSK, Embrapa, Embraer, entre outras, e grupos de instituições como USP, Unicamp, Unesp e Insper.

Também estavam em implantação três dos 10 Centros de Pesquisa Aplicada (CPA) em Inteligência Artificial selecionados em chamada lançada em 2021 em conjunto com os ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação e das Comunicações e o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br). Um levantamento feito pelas gerências de Planejamento, Estudos e Indicadores e de Pesquisa para Inovação da FAPESP apontou o impacto do modelo de parceria dos CPE/CPA: a cada R$ 1 de recurso público desembolsado, foram aportados R$ 4,8 pelas empresas e instituições parceiras.

O programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) criou novas iniciativas, como o Pipe Start, que apoia empreendedores no processo de validação inicial de soluções tecnológicas inovadoras. A Fundação lançou editais para o credenciamento de aceleradoras e de Fundos de Investimentos em Participações (FIP) do tipo capital-semente. “Estamos interessados em ouvir propostas de fundos de investimentos cujas teses sejam convergentes com a nossa, que é a de financiar empresas intensivas em tecnologia, sediadas no estado de São Paulo”, explicou Carlos Américo Pacheco, diretor-presidente do Conselho Técnico-Administrativo (CTA) da FAPESP, no lançamento da chamada em que fundos foram convidados a apresentar propostas à Fundação para eventual subscrição de cotas.

Apoio à Infraestrutura de Pesquisa, estratégia de fomento voltada para modernização e ampliação de laboratórios, foi responsável por 8,5% dos recursos aplicados, com destaque para o Programa Especial de Apoio à Infraestrutura de Pesquisa do Estado de São Paulo. Em 2023, a FAPESP contratou 56 propostas para aquisição

de grandes equipamentos, resultantes de três chamadas abertas em 2022, que somaram R$ 450 milhões. Também foi lançado um edital para a aquisição de equipamentos de pequeno e médio porte, no valor de R$ 200 milhões.

Já a estratégia Pesquisa em Temas Estratégicos absorveu 7,2% do desembolso no fomento a programas especiais sobre biodiversidade, bioenergia, mudanças climáticas, eScience, políticas públicas, ensino público, entre outros. Um dos destaques foi o investimento na implantação dos Centros de Ciência para o Desenvolvimento (CCD), que, em 2023, receberam quase quatro vezes mais recursos do que em 2022. Em 2023, já estavam implantados 28 centros selecionados, em áreas como saúde, agricultura, manufatura avançada, cidades inteligentes, segurança pública e meio ambiente. Os CCD reúnem pesquisadores na busca de solução para desafios definidos por secretarias estaduais do governo paulista. A FAPESP lançou, em 2023, um novo edital do programa.

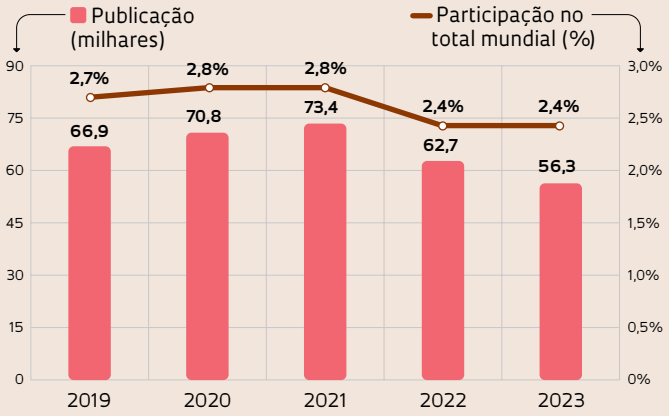
Por fim, a estratégia Difusão, Mapeamento e Avaliação de Pesquisas, que engloba iniciativas de divulgação científica como a revista *Pesquisa FAPESP* e a *Agência FAPESP* e a produção de indicadores e dados estatísticos sobre ciência, tecnologia e inovação em São Paulo, foi responsável por 1,8% do desembolso.

A receita anual da FAPESP é formada por 1% da arrecadação tributária do estado de São Paulo, transferida pelo Tesouro Estadual conforme determina a Constituição paulista, por receitas próprias da Fundação e por convênios com instituições e empresas para financiamento conjunto de projetos. Em 2023, essas receitas totalizaram R$ 2.303.470.454. As transferências do Tesouro foram de R$ 1.909.128.518,67, os recursos de receita própria chegaram a R$ 389.476.455,21 e verbas de convênios alcançaram R$ 4.865.480,19. Ao final de 2023, a FAPESP assumira compromissos com despesas para os anos seguintes de R$ 2,6 bilhões, sendo R$ 647.023.451,30 em bolsas e R$ 1.940.630.415,37 em auxílios, garantindo a continuidade dos projetos e a estabilidade do fomento à pesquisa no estado. ■

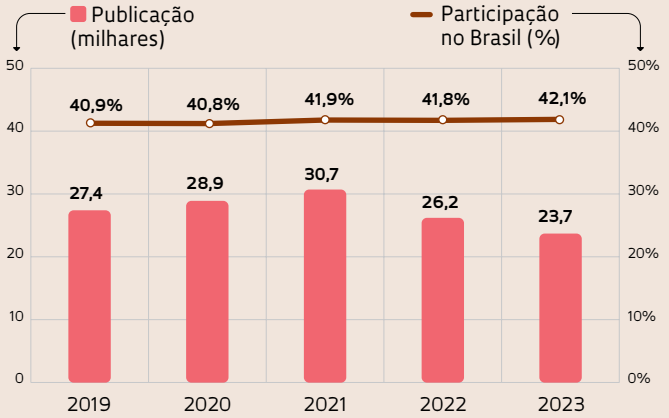
O IMPACTO DA PANDEMIA NAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Número de artigos e participação relativa (%)

BRASIL



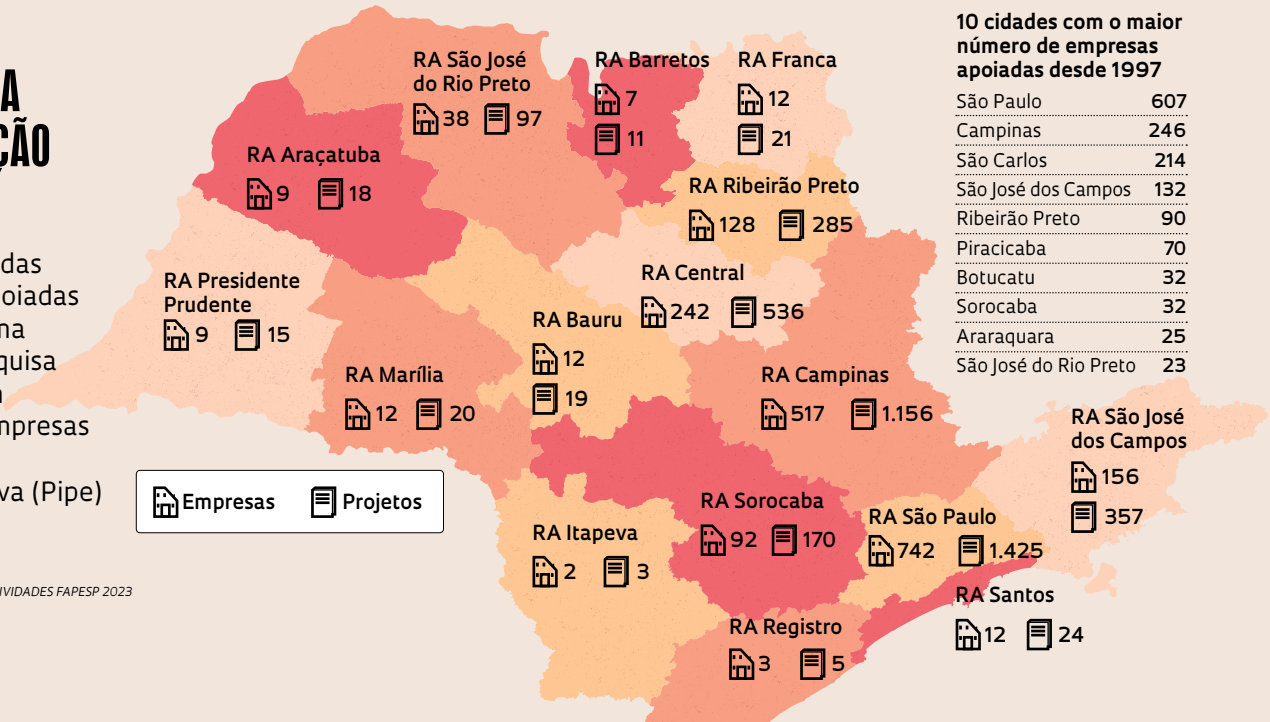
SÃO PAULO



FONTE INCITES (CLARIVATE). DADOS REVISTOS EM 17/07/2024

GEOGRAFIA DA INOVAÇÃO PAULISTA

Distribuição das empresas apoiadas pelo Programa FAPESP Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas por Região Administrativa (Pipe) desde 1997



10 cidades com o maior número de empresas apoiadas desde 1997

São Paulo	607
Campinas	246
São Carlos	214
São José dos Campos	132
Ribeirão Preto	90
Piracicaba	70
Botucatu	32
Sorocaba	32
Araraquara	25
São José do Rio Preto	23

FONTE *RELATÓRIO DE ATIVIDADES FAPESP 2023*

INFOGRÁFICOS ALEXANDRE AFFONSO / REVISTA PESQUISA FAPESP

BOAS PRÁTICAS

O gato que calculava

Biólogo revela vulnerabilidades de métricas acadêmicas ao atribuir estudos falsos e citações manipuladas ao pet de sua família

Falsos estudos atribuídos a um gato cinza malhado chamado Larry demonstraram a possibilidade – e a facilidade – de manipular certos tipos de indicadores de produtividade científica. O bichano em questão tem como tutora a avó do biólogo computacional Reese Richardson, estudante de doutorado da Universidade Northwestern, nos Estados Unidos, e coordenador de um experimento que, ao imputar a autoria de trabalhos científicos a um felino, evidenciou uma estratégia usada por fraudadores para impulsionar métricas acadêmicas explorando falhas e negligência da rede social ResearchGate e da plataforma Google Scholar.

Em parceria com o especialista em má conduta científica Nick Wise, do Reino Unido, o biólogo criou uma conta no ResearchGate em nome do pet da família, Larry Richardson, supostamente um matemático em início de carreira. "Qualquer pessoa pode criar um perfil no ResearchGate e, se você usar um e-mail acadêmico, nenhuma verificação adicional é necessária", explicou o biólogo em seu blog pessoal. Ele tomou o cuidado de criar um endereço de correio eletrônico para o gato no

FOTO ARNANZUNG/ GETTY IMAGES

servidor da Universidade Northwestern a fim de não levantar suspeitas da plataforma.

Em seguida, a dupla carregou na conta do animal um conjunto de 12 manuscritos que tinham Larry como único autor – na verdade, eram textos sem nenhum sentido que abordavam em seus títulos tópicos como álgebra complexa e estrutura de objetos matemáticos. Paralelamente, foram gerados e publicados no perfil outros 12 manuscritos falsos atribuídos a pesquisadores fictícios, os quais citavam em suas referências bibliográficas os 12 artigos do felino. Como o ResearchGate permite que os pesquisadores divulguem em seus perfis apenas artigos da própria lavra, o nome de Larry também foi incluído no rol dos coautores desses trabalhos.

Os robôs rastreadores do Google visitaram o perfil no ResearchGate e demoraram duas semanas para contabilizar as citações. Assim que isso ocorreu, uma página do matemático Larry Richardson foi criada automaticamente no Google Scholar e passou a exibir 11 artigos e 132 citações (um dos textos, por alguma razão, escapou da varredura), conferindo ao gato um índice-h 11. O índice-h é uma métrica consagrada na comunidade científica que calcula ao mesmo tempo o tamanho da produção de um pesquisador e o interesse que ela despertou. Um índice-h 11 significa que um autor publicou na carreira ao menos 11 artigos que foram mencionados, cada um deles, no mínimo 11 vezes em outros *papers*.

Richardson teve a ideia de fazer o experimento quando foi alertado por Nick Wise sobre a existência de anúncios no Facebook sobre serviços fraudulentos que prometiam aumentar o número de citações e o índice-h no Google Scholar. Uma dessas propagandas trazia o exemplo de 18 clientes, mostrando capturas de tela de suas páginas no Google Scholar "antes e depois" da compra de citações. A grande maioria era de matemáticos da Índia, mas também havia um de Omã e outro dos Estados Unidos. Cada citação custava US$ 10, o equivalente a R$ 55, e os clientes expostos haviam encomendado entre 50 e 500 citações cada um.

Em algumas situações, foi possível observar que as referências estavam em artigos de um periódico suspeito de práticas predatórias – a hipótese é de que a empresa que vende citações tenha feito um conluio com essa revista, a fim publicar *papers* com referências viciadas. Mas a maior parte dos casos seguia uma estratégia abertamente fraudulenta. Os manuscritos com as citações eram assinados por nomes como o filósofo e matemático Pitágoras (570-495 a.C.) ou o matemático russo Andrei Kolmogorov (1903-1987). Embora os títulos e resumos parecessem consistentes, o restante não fazia sentido. Richardson e Wise observaram que esses trabalhos haviam sido produzidos por um software, o MathGen, que combina sequências de palavras e fórmulas extraídas de *papers* genuínos compondo textos que, no entanto, são disparatados.

Os estudos falsos haviam sido divulgados exclusivamente em perfis na rede social ResearchGate, sem passarem por nenhum tipo de avaliação por pares ou ao menos serem disponibilizados em repositórios de *preprints*, onde teriam a chance de ser escrutinados por outros especialistas. Assim que o Google Scholar computava os artigos e as citações na página do autor, os manuscritos eram removidos do ResearchGate para apagar as evidências. Só foi possível encontrar alguns deles no cache do Google. "Apesar das vulnerabilidades do Google Scholar e do ResearchGate, as métricas quantitativas calculadas por esses serviços são rotineiramente usadas para avaliar cientistas," disse Richardson.

É certo que esse tipo de fraude só funciona para as métricas do Google Scholar, que faz um rastreamento exaustivo da literatura acadêmica disponível na internet e considera versões de trabalhos científicos publicados em perfis pessoais de pesquisadores. Já bases de dados como a Web of Science, da Clarivate Analytics, e a Scopus, da editora Elsevier, trabalham com artigos de revistas científicas indexadas e não são vulneráveis a trapaças como essa.

Encerrado o experimento, o caso foi denunciado no blog de Richardson, em uma postagem intitulada "Criando o gato mais citado do mundo, Larry". A ideia de usar um felino como autor não foi ocasional. Richardson lembrara-se do caso do físico teórico Jack Hetherington, que, em 1975, publicou dois artigos e um capítulo de livro em parceria com um certo F. D. C. Willard. As iniciais eram de "Felis Domesticus Chester Willard", o gato siamês do pesquisador. Como os trabalhos de Hetherington e seu bicho de estimação tiveram 107 citações, a meta era fazer com que Larry suplantasse essa marca. Mas o feito do gato malhado durou só uma semana. Alertado da fraude, o Google Scholar deletou os artigos, embora mantenha a página em nome de Larry Richardson.

Outros pesquisadores já haviam detectado sinais desse tipo de contrafação. Em fevereiro, os cientistas da computação Talal Rahwan e Yasir Zaki analisaram mais de 1 milhão de páginas de pesquisadores no Google Scholar e encontraram em uma pequena parte delas, 114 no total, padrões de citação anômalos. "A grande maioria tinha pelo menos algumas de suas referências duvidosas provenientes do ResearchGate", disse Zaki à revista *Science*.

Ijad Madisch, CEO do ResearchGate, informou estar "ciente dos crescentes problemas de integridade na comunidade global de pesquisa" e garantiu à *Science* que está revisando seus processos. Segundo ele, as evidências de que o conteúdo fraudulento é apagado depois de ser indexado pelo Google vai ajudar a rede social a melhorar seu monitoramento de má conduta. ■

Fabrício Marques

Universidades da Inglaterra ganham novas obrigações para prevenir má conduta sexual

Desde 1º de agosto, novas obrigações foram impostas às universidades da Inglaterra com o objetivo de proteger seus alunos de assédio e violência sexual. Como condição para manter seus registros no Office for Students (OfS), órgão independente que regula o ensino superior no país, as instituições deverão apresentar informações detalhadas sobre estratégias de prevenção, ações para evitar abuso de poder nas relações pessoais entre docentes, funcionários e alunos, canais desburocratizados e sigilosos para receber denúncias, além de medidas de suporte às vítimas durante investigações. Os estudantes deverão ser consultados pelos dirigentes acadêmicos sobre as políticas de combate à má conduta sexual a serem adotadas e a eficácia dessas políticas será avaliada periodicamente.

Outra exigência é a oferta de treinamento para estudantes e funcionários sobre situações que configuram assédio e procedimentos compulsórios para notificação de incidentes. As instituições também ficarão proibidas de firmar acordos de confidencialidade usados para reduzir danos à reputação de acusados em casos de má conduta sexual. Segundo as diretrizes da OfS, tais acordos são "inaceitáveis, pois impedem os alunos de falar sobre suas experiências" e podem permitir que perpetradores continuem a ter comportamentos inapropriados na própria instituição ou em novos empregos.

As obrigações foram anunciadas juntamente com os resultados da pesquisa-piloto encomendada pelo OfS sobre má conduta sexual no ensino superior inglês no ano acadêmico 2022-2023. A sondagem constatou que 20% dos alunos haviam sido alvo de algum tipo de comportamento sexual indesejado. Apenas 12% dos alunos que sofreram assédio sexual em 2023 fizeram uma reclamação formal às universidades. Entre os que se queixaram, 43% consideraram a resposta da universidade ruim. Apenas 10% das vítimas relataram incidentes à polícia.

A probabilidade de sofrer assédio foi duas vezes maior entre as alunas do que entre os colegas homens, enquanto as chances de sofrer agressão ou violência sexual foram três vezes superiores para elas. "Os estudantes nos disseram claramente que querem ver uma regulamentação mais ativa para lidar com assédio e má conduta sexual no ensino superior. Nós os ouvimos, e nossa nova regulamentação ajudará a garantir que eles estejam mais protegidos e mais aptos a ter sucesso em seus cursos", disse a presidente-executiva do OfS, Susan Lapworth, de acordo com o site Research Professional News, da Clarivate Analytics.

As dificuldades para verificar o rigor estatístico em artigos de revistas médicas

O farmacêutico Michal Ordak, pesquisador da Universidade Médica de Varsóvia, na Polônia, entrevistou 141 editores de revistas médicas e biomédicas de vários países sobre o rigor da análise estatística dos artigos científicos que elas publicam. De acordo com os resultados da sondagem, divulgados no *Polish Archives of Internal Medicine*, quase metade (48,9%) dos respondentes declarou que as publicações para as quais trabalham dispõem de um editor estatístico – enquanto a outra metade (51,2%) informou que não há esse posto no organograma de seus periódicos. Um total de 54,6% dos entrevistados disse contar com especialista em estatística no processo de avaliação por pares e 45,4% não. Entre os que utilizam revisores em estatística, 89,6% relataram dificuldades em recrutar os profissionais com experiência adequada no assunto.

Quase um terço dos editores afirmou rejeitar entre 11% e 30% dos manuscritos após fazer algum tipo de verificação estatística, enquanto para um quarto o percentual de rejeição por esse motivo atinge entre 1% e 10% dos trabalhos submetidos – 23,4% não souberam responder. Entre as ações que gostariam de ver implementadas para melhorar a qualidade da análise estatística de seus periódicos, 91% destacaram a possibilidade de que membros do conselho editorial de suas revistas participem de encontros e conferências em que esse tipo de trabalho seja discutido, enquanto 89% disseram sentir falta de diretrizes uniformizadas em análise estatística para revistas biomédicas. Os editores entrevistados eram afiliados à Associação Mundial de Editores Médicos.

CONTEÚDO EXTRA

Conhece a nossa *newsletter* de integridade científica?

Entre no QR Code para assinar nossas *newsletters*

DADOS

Cai número de publicações científicas no mundo

- O número de publicações científicas indexadas[1] diminuiu ao redor do mundo entre 2022 e 2023, mantendo a trajetória declinante observada no biênio anterior
- O número mundial passou de 2,98 milhões para 2,77 milhões (-7,2%) entre 2022 e 2023, intensificando a retração observada no biênio anterior (-2,6%), quando variou de 3,06 milhões para 2,98 milhões
- A acentuação da queda deveu-se principalmente à China, que passou de um ganho de 14,5% entre 2021 e 2022 para retração de 3,6%, no período mais recente, e à Índia, que reverteu seu crescimento de 5,6% para redução de 7,3% nesses mesmos biênios. Diferentemente desse movimento geral, registraram-se quedas menos intensas para os países da América do Sul no período mais recente
- Argentina e Chile, que vieram de retrações expressivas entre 2021 e 2022 (12,7% e 11,2%, respectivamente), mantiveram-se em queda no biênio subsequente, mas com ritmo bem menor (4,4% e 2,9%, respectivamente)
- O Brasil teve comportamento semelhante ao desses dois países: expressiva variação negativa (-13,5%) no primeiro biênio e variação menos intensa (-8,1%), mas também negativa, no biênio subsequente

MENOS ARTIGOS PUBLICADOS

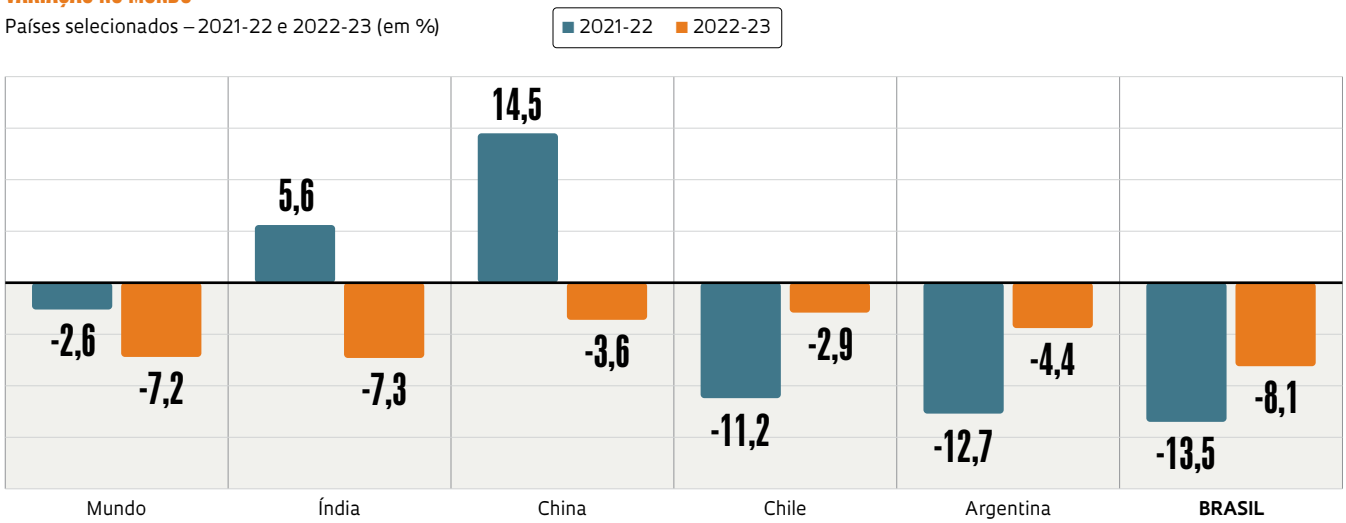
Países selecionados[2] – 2021-22 e 2022-23 (em %)

	Períodos	
País	2021-22	2022-23
MUNDO	**-2,6**	**-7,2**
BRASIL	**-13,5**	**-8,1**
Arábia Saudita	15,0	1,4
China	14,5	-3,6
Índia	5,6	-7,3
Turquia	-1,1	-2,1
Coreia do Sul	-5,9	-5,4
Portugal	-3,8	-7,7
Itália	-6,5	-6,2
Espanha	-9,1	-4,6
Chile	-11,2	-2,9
Suíça	-8,1	-7,1
México	-7,4	-7,8

	Períodos	
País	2021-22	2022-23
África do Sul	-5,4	-10,5
Países Baixos	-8,5	-7,9
Polônia	-9,1	-7,6
Argentina	-12,7	-4,4
Alemanha	-9,3	-8,3
Irã	-7,3	-10,3
Canadá	-8,7	-9,4
Reino Unido	-11,3	-7,4
França	-9,3	-9,4
Japão	-7,9	-11,0
Estados Unidos	-10,8	-9,0
Rússia	-11,5	-9,1
Austrália	-10,0	-11,4

VARIAÇÃO NO MUNDO

Países selecionados – 2021-22 e 2022-23 (em %)



NOTAS (1) PUBLICAÇÕES DOS TIPOS *ARTICLE, REVIEW* E *PROCEEDINGS PAPER* INDEXADOS NA BASE WEB OF SCIENCE/CLARIVATE (INCLUI PUBLICAÇÕES DA COLEÇÃO EMERGING SCIENTIFIC CITATION INDEX)
(2) OS PAÍSES DA TABELA INCLUEM OS 20 MAIS ATIVOS NAS PUBLICAÇÕES CONSIDERADAS NO PERÍODO 2021-2023, AOS QUAIS FORAM ADICIONADOS ÁFRICA DO SUL, ARGENTINA, CHILE, MÉXICO E PORTUGAL. À EXCEÇÃO DO BRASIL, OS PAÍSES SEGUEM A ORDEM DECRESCENTE DAS AS VARIAÇÕES RELATIVAS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA, NOS DOIS PERÍODOS ACUMULADOS

FONTE PLATAFORMA INCITES (CLARIVATE), DADOS BAIXADOS EM 08/08/2024. O GRÁFICO SELECIONA ENTRE ELES OS MENCIONADOS NO TEXTO

ELABORAÇÃO FAPESP/DPCTA/GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO, ESTUDOS E INDICADORES – GIP

Algumas das vacinas que compõem o esquema básico até o 2º ano de vida

A RECONQUISTA DA VACINAÇÃO INFANTIL

Cobertura de nove imunizantes para crianças de até 2 anos volta a subir a partir de 2022

Renata Fontanetto

As taxas de vacinação infantil vêm, por fim, mostrando uma recuperação importante no Brasil. Após seis anos consecutivos de queda na cobertura vacinal, iniciados em 2016, o país passou de modelo internacional em imunização pediátrica a ambiente de risco para o ressurgimento de doenças controladas ou eliminadas, como o sarampo.

Após atingir os níveis mais baixos em 2021, as taxas de vacinação voltaram a crescer. De lá para cá, o alcance de nove dos 13 imunizantes recomendados pelo calendário nacional de vacinação para crianças de até 2 anos – disponíveis gratuitamente no sistema público de saúde – subiu ao menos 10 pontos percentuais (*ver gráfico na página 50*).

É uma retomada necessária e animadora, embora nenhuma das vacinas ainda tenha voltado aos patamares de 2015, quando a cobertura de praticamente todas alcançava os valores recomendados internacionalmente. A cobertura vacinal representa a proporção de crianças em idade ideal para imunização que foi de fato vacinada. A Organização Mundial da Saúde (OMS) orienta que ao menos 90% das crianças recebam a vacina

FOTO LÉO RAMOS CHAVES / REVISTA PESQUISA FAPESP

BCG, contra a tuberculose grave, o imunizante contra o rotavírus, causador de diarreias severas, e a vacina contra o vírus da Covid-19. Para as demais, a cobertura é de 95%.

Apesar de a recuperação ainda não ter permitido chegar aos níveis desejáveis, ela já foi suficiente para tirar o Brasil da lista dos 20 países com maior proporção de crianças não vacinadas, segundo um comunicado de 15 de julho da OMS e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef). Em 2021, ele ocupava o sétimo lugar nesse ranking.

Esse progresso de recuperação foi identificado pela equipe de *Pesquisa FAPESP* ao levantar, com o auxílio de ex-coordenadores do Programa Nacional de Imunizações (PNI), os dados de cada uma dessas vacinas nos arquivos do DATASUS, que armazena os registros até 2022, e no site Cobertura Vacinal, do Ministério da Saúde, onde estão as informações de 2023 em diante. Em dezembro do ano passado, o ministério chegou a noticiar uma recuperação mais modesta na cobertura de oito imunizantes. Ela, porém, levava em conta os dados parciais de 2023 comparados com os de 2022. A análise de um período mais extenso permitiu observar que o movimento de retomada já estava em curso desde o ano anterior.

Das 13 vacinas indicadas para crianças de até 2 anos, foram analisados dados de 11. Todas apresentaram algum nível de recuperação em relação a 2021 – incluindo a das doses de reforço, que compõem o esquema básico de vacinação –, com sete superando os 13 pontos percentuais. Alguns exemplos são as vacinas contra os vírus da hepatite A e o da poliomielite, com alta de 14,9 pontos percentuais cada uma. Em 2021, elas haviam sido administradas, respectivamente, a 67,5% e 71% do público-alvo. Em 2023, a 82,5% e a 86%.

Os imunizantes com crescimento mais modesto foram a vacina contra a varicela e a BCG. O primeiro protege contra o vírus causador da catapora e subiu 3,7 pontos percentuais. Foi administrado a 67% da população que deveria ser imunizada em 2021 e a 70,8% em 2023. A cobertura da BCG, geralmente dada na maternidade, subiu 5,8 pontos percentuais: 75% dos recém-nascidos a receberam em 2021 e 80,8% em 2023.

Especialistas ouvidos por *Pesquisa FAPESP* sugerem que essa recuperação seja fruto do retorno das atividades rotineiras do sistema de saúde após os dois primeiros anos da pandemia e dos esforços das diferentes esferas de governo para reverter a queda na imunização infantil.

"Após a pandemia, muitos municípios iniciaram a busca ativa de crianças para vacinar", comenta a cientista social e epidemiologista Carla Domingues. Ela coordenou o PNI de 2011 a 2019 e analisa o avanço com cautela. "É positivo fazer a cobertura de um imunizante subir de 70% para 85%, mas, para a maioria deles, a meta é 95%", afirma. "Se a vacinação se mantém abaixo da meta por anos, podem surgir bolsões de crianças vulneráveis, com o potencial de ocorrerem surtos."

O alerta é válido, por exemplo, para a poliomielite. Em 2022, o Brasil foi considerado pelo ministério país com altíssimo risco para a reintrodução do poliovírus selvagem, que afeta o sistema nervoso e pode causar paralisia irreversível e morte. O último caso identificado no país ocorreu em 1989 e, desde 1994, o Brasil é considerado pela Organização Pan-americana da Saúde (Opas) área livre da circulação do vírus. A partir de 2016, a queda na cobertura dessa vacina deixou o país suscetível ao ressurgimento de casos e ao risco de perder a certificação da Opas. Após subir 14,9 pontos percentuais a partir de 2021, no ano passado a administração da vacina alcançou 86% do público-alvo. Neste ano, estava em 82,5% até agosto.

Também preocupa o risco de retorno do sarampo, doença altamente contagiosa, causada por um vírus de transmissão respiratória. O último caso de transmissão em território nacional ocorreu em 2022, no Amapá, e fez o Brasil perder o título de país livre da doença. A partir de 2016, a cobertura da tríplice viral, que protege de sarampo, rubéola e caxumba, despencou e, em 2021, atingiu 74% (*ver* Pesquisa FAPESP *nos 270, 313 e 331*). Neste ano, a primeira dose alcançou quase 90%, mas a segunda pouco mais de 70%.

Para os especialistas consultados pela revista, um fator que contribuiu para a recuperação da cobertura vacinal foi, além da mobilização dos municípios, a adoção em 2023 pelo Ministério da Saúde de um método de gestão chamado microplanejamento: um grupo de diretrizes que ajudam a mapear o orçamento, as estratégias e a logística para vacinação de cada município e a definir sua capacidade de atingir as metas do PNI.

O microplanejamento, porém, dizem os entrevistados, só funciona se for aplicado primeiro na ponta do sistema, onde a vacinação ocorre, de forma articulada com as estratégias estaduais e nacional. "O método agrega ferramentas de gestão para que o município se planeje", explica o médico Eder Gatti, diretor do Departamento do PNI do ministério. "Fizemos diversas oficinas juntando a atenção primária e as equipes de vigilância em saúde para ensinar o método e melhorar a vacinação de rotina", conta.

Em 2023, o ministério destinou R$ 151 milhões para estados e municípios implementarem o microplanejamento em ações de vacinação para crianças e jovens de até 15 anos. Valor semelhante foi reservado pelo órgão este ano para campanhas de vacinação em escolas, imunização contra a pólio e monitoramento das estratégias implementadas

em 2023. Segundo Maria de Lourdes Maia, coordenadora do Departamento de Assuntos Médicos de Bio-Manguinhos, da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), e coordenadora do PNI de 1995 a 2005, o microplanejamento favorece a articulação e o diálogo entre o ministério e os municípios, que estavam deficientes nos últimos anos. "Antes, o PNI estava mais presente entre os profissionais da saúde e fazia a comunicação com eles", lembra.

Além do esforço para estreitar o contato entre os integrantes do PNI e os profissionais na ponta do sistema, há uma tentativa de compreender as razões que podem ter contribuído para a queda na cobertura vacinal. Vários motivos já foram apontados, da percepção enganosa de que as doenças teriam desaparecido ao horário restrito de funcionamento dos postos (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 270*).

Um problema que tem se mostrado desafiador no mundo todo é a hesitação vacinal, considerada pela OMS em 2019 uma das 10 maiores ameaças globais à saúde. Definida como o atraso ou a recusa em tomar as vacinas ou imunizar os filhos, mesmo tendo os imunobiológicos à disposição, a hesitação é um fenômeno complexo, influenciado por fatores que vão da confiança da população na segurança e na eficácia dos imunizantes à disponibilidade da vacina e o medo de reações indesejáveis.

"O calendário vacinal do Brasil é um dos mais completos do mundo e ele foi ficando cada vez mais complexo. É natural que as pessoas questionem", observa o pediatra Juarez Cunha, diretor da Sociedade Brasileira de Imunizações (SBIm). Depois do primeiro mês de vida, são necessárias nove idas ao posto de saúde antes dos 2 anos para completar o esquema de vacinas. "Para combater a hesitação, a comunicação precisa ser contínua. Há muita desinformação nas redes sociais. A rede de profissionais da saúde também requer constante capacitação", afirma Cunha.

Para conhecer a dimensão e os fatores associados à hesitação vacinal no Brasil, os médicos José Cassio de Moraes e Rita Barradas Barata, ambos da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCM-SCSP), além de Carla Domingues e outros pesquisadores, coordenaram em 2020 e 2021 um inquérito nacional que avaliou a cobertura dos principais imunizantes infantis dados até os 2 anos e investigou as causas da não vacinação. Financiado pelo ministério e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o levantamento recolheu dados de imunização e ouviu pais de 37,8 mil crianças brasileiras de todas as capitais, do Distrito Federal e de 12 municípios com mais de 100 mil habitantes.

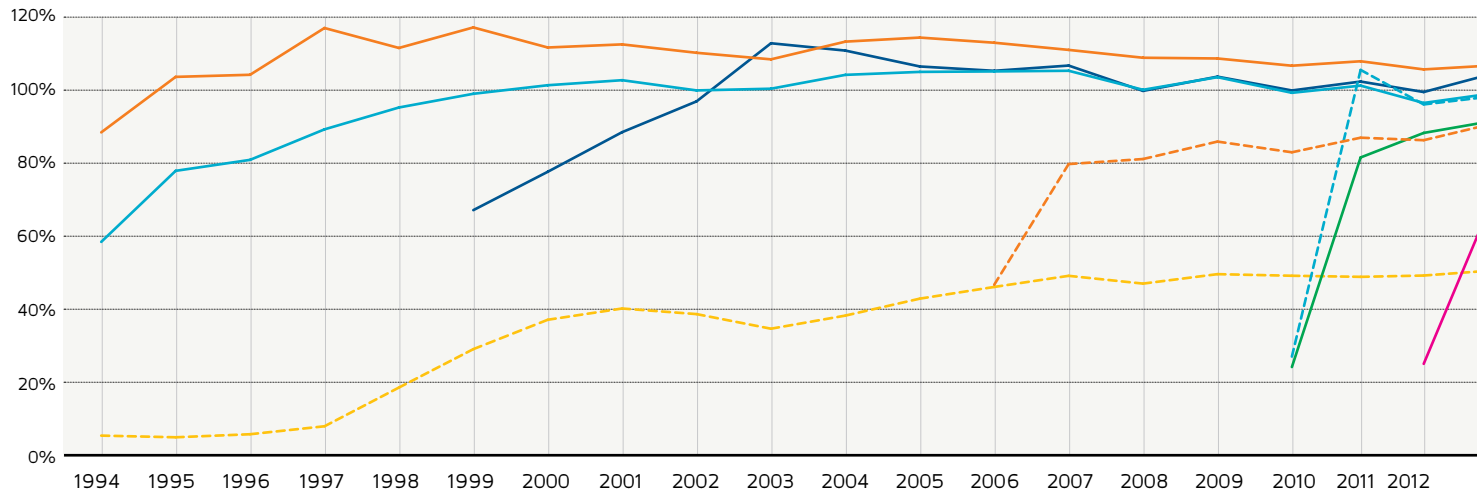
Os resultados foram detalhados em 2023 em um extenso relatório e parcialmente publicados na *Revista Brasileira de Epidemiologia*. Eles mostram que a cobertura dos 13 imunizantes variou de 76,4% (febre amarela) a 93,6% (primeira dose da pneumocócica) nas capitais; e de 83% (segunda dose da vacina contra rotavírus) a 93,6% (primeira dose da pentavalente e da vacina contra pólio) no interior.

Apesar de alguns imunizantes terem alcançado cobertura elevada, só 60% das crianças nas capitais e 61% no interior completaram o esquema de vacinação, com 23 doses. Curitiba, Teresina e Brasília registraram as melhores coberturas completas (superiores a 70%), enquanto Florianópolis, João Pessoa, Natal e Macapá apresentaram as menores taxas (inferiores a 50%).

FOTO LÉO RAMOS CHAVES/REVISTA PESQUISA FAPESP INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO/REVISTA PESQUISA FAPESP

A ÁRDUA RECUPERAÇÃO

Depois de queda contínua de 2016 a 2021, cobertura de vacinas infantis volta a subir a partir de 2022, ainda sem alcançar as taxas recomendadas



Profissional do SUS aplica vacina em posto de saúde durante campanha de imunização contra o sarampo

A taxa de hesitação vacinal foi baixa: 2,6% nas capitais e 1,2% no interior – um estudo internacional estimava que chegasse a 20%. Os pesquisadores, então, analisaram o que levou os genitores das crianças das capitais a não vacinar os filhos: 24,5% informaram que a pandemia pesou na decisão; 24% tiveram medo de reações indesejadas; 9% haviam sido orientados por profissional da saúde a não vacinar; 8,9% tinham medo de dar injeção no filho; e 8,4% não acreditavam em vacinas.

"A hesitação tem um peso importante, mas as dificuldades encontradas no processo de vacinação são ainda maiores", comenta Moraes.

Uma proporção importante dos pais (de 22 mil crianças) até tentou completar o esquema dos filhos, mas encontrou barreiras: 44% relataram que faltava o imunizante no posto em uma das situações; 10,8% encontraram a sala de vacinação fechada; e 8% receberam do profissional de imunização a recomendação de não dar a vacina. Outra parte dos pais (de 4,9 mil crianças) não conseguiu levar os filhos ao posto porque ficava longe (21%); não tinha tempo (16,6%); a criança estava doente (14,8%); o horário de funcionamento do posto era inadequado (14,1%); e não tinha meio de transporte (12%).

Na opinião de Barata, a reversão da tendência de queda passa por oferecer mais oportunidades de acesso aos serviços, qualificação técnica dos profissionais da área e reorganização da estrutura do sistema de saúde.

O inquérito deixou evidente que há diferenças regionais importantes na cobertura vacinal. "A região Norte é a que apresenta os menores índices de cobertura vacinal, por isso o microplanejamento se faz ainda mais necessário nela", sinaliza a médica Consuelo de Oliveira, do Instituto Evandro Chagas e da Universidade do Estado do Pará (Uepa), uma das coordenadoras do inquérito no Norte.

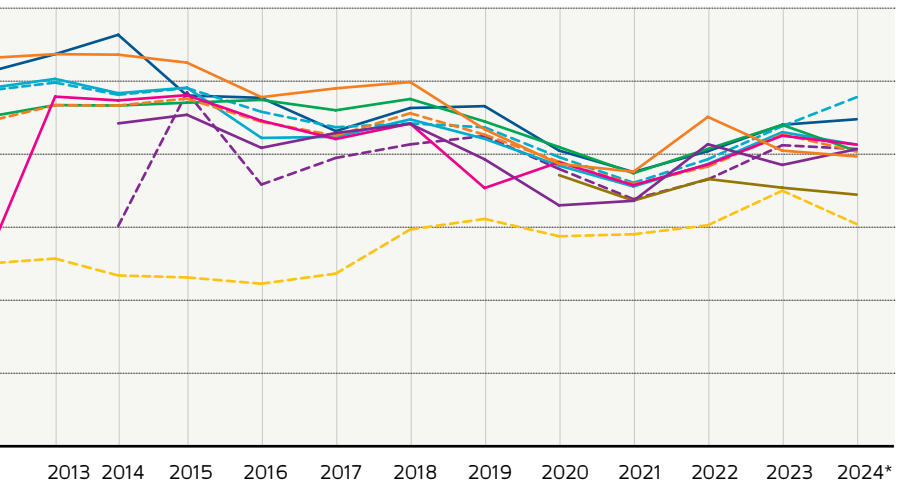
"Outro ponto importante identificado no inquérito foi a necessidade de manter uma comunicação ativa e rotineira com a população para explicar a relevância de manter elevada a cobertura de todas as vacinas", lembra Domingues.

A pediatra Melissa Palmieri, do Departamento de Imunizações da Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP), avalia de forma positiva o diagnóstico mais preciso sobre cada município proporcionado pelo microplanejamento. "É um olhar mais atualizado para as realidades locais", pontua. De forma complementar, ela reforça que o dia a dia das famílias não pode sair de vista das estratégias governamentais. "Os pais que não podem levar seus filhos precisam contar com horários ampliados nos serviços de saúde e vacinação nas escolas." ■

Colaborou Valter Rodrigues

O artigo científico consultado para esta reportagem está listado na versão on-line.

FONTES SIPNI-DATASUS, SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA E MINISTÉRIO DA SAÚDE



* OS DADOS FORAM ATUALIZADOS ATÉ 7 DE AGOSTO

	Diferença em pontos percentuais entre 2023 e 2021
BCG	5,82
Hepatite B	9,97
Pentavalente	13,62
Rotavírus humano	13,71
Pneumocócica	13,28
Poliomielite	14,98
Meningococo C	15,56
Febre amarela	11,99
Tríplice viral	13,04
Varicela	3,74
Hepatite A	14,91

Em 40% dos casos, foram usados sedativos, compostos para tratar epilepsia e Parkinson ou outros psicotrópicos

SUICÍDIO POR MEDICAMENTOS CRESCE NO BRASIL

Casos de autoenvenenamento por consumo de remédios aumentaram 2,6 vezes nas duas últimas décadas

Giselle Soares

O ato de tirar a própria vida ingerindo medicamentos parece estar crescendo no país de forma acelerada. O total de mortes autoprovocadas pelo consumo de remédios subiu de 253 casos em 2003 para 922 em 2022, um aumento de 2,6 vezes, segundo estudo publicado em julho na revista *Frontiers in Public Health*. No mesmo período, os suicídios por todos os meios passaram de 7.861 casos para 16.462 – cresceram uma vez. As mortes por autoenvenenamento com remédios, que representavam 3,2% dos suicídios no início da década passada, hoje correspondem a 5,6%.

"Esse aumento nas mortes por consumo intencional de medicamentos pode indicar uma mudança nos métodos de suicídio no país", conta o epidemiologista Jesem Orellana, da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), em Manaus, um dos autores da pesquisa. "Isso é preocupante do ponto de vista da saúde pública e de controle de medicamentos. Aqui, em Manaus, vemos pessoas estenderem toalhas nas ruas e colocarem medicamentos à venda, inclusive os de uso controlado", afirma.

No estudo, Orellana, colaboradores da Fiocruz e da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) utilizaram dados do Sistema de Informação de Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde para caracterizar as mortes por suicídio com remédios em pessoas com 10 anos ou mais nessas duas décadas.

Os pesquisadores constataram que o perfil de quem tira a própria vida usando medicamentos é peculiar. Na maior parte das vezes, são mulheres (55% dos casos), indivíduos solteiros (52%) e que se autodeclaram brancos (53,2%). Os óbitos se concentram na região Sudeste (41,7%), embora uma proporção importante também ocorra nos estados do Sul (22,8%) e do Nordeste (21,6%). Duas em cada três mortes ocorrem em estabelecimentos de saúde, o que talvez seja explicado pelo fato de o método não causar óbito instantâneo.

Estudos anteriores já indicaram que, de modo geral, quem comete suicídio é homem. Nas Américas, que seguem uma tendência de aumento de mortes autoinfligidas, contrária à do resto do mundo, três homens se matam para cada mulher que tira a própria vida. Um levantamento coordenado pelo psiquiatra brasileiro Renato Oliveira e Souza, chefe da Unidade de Saúde Mental e Uso de Substâncias da Organização Pan-americana da Saúde (Opas), indica um aumento mais acelerado na taxa de suicídio feminino. Segundo o estudo, publicado em 2023 na *The Lancet Regional Health – Americas*, as taxas cresceram ao ano 1,25% de 2000 a 2019 entre as mulheres e 0,49% ao ano entre os homens.

São vários os medicamentos usados nos suicídios por remédios. Em 40% dos casos, são drogas que atuam sobre o sistema nervoso central: sedativos, compostos para tratar epilepsia e doença de Parkinson e outros psicotrópicos. Em 55% das vezes, porém, não se conhece a medicação usada.

FOTO SKAMAN306 / GETTY IMAGES INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO / REVISTA PESQUISA FAPESP

"As mulheres buscam mais ajuda médica que os homens e costumam utilizar mais os medicamentos disponíveis em casa, como psicofármacos", relata o psiquiatra Neury Botega, professor aposentado da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que anos atrás coordenou, com financiamento da FAPESP, a participação do Brasil em um estudo que usava o acompanhamento de pessoas por telefone para tentar reduzir as taxas de suicídio (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 158*). "Os homens usam métodos mais violentos, como enforcamento, envenenamento por agrotóxicos e armas de fogo", explica o pesquisador. Autor do livro *Crise suicida: Avaliação e manejo* (Artmed, 2ª edição, 2022), Botega lembra ainda que, no Brasil, os casos têm aumentado consideravelmente entre adolescentes e jovens adultos.

São muitas as razões que, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), levam a cada ano cerca de 700 mil pessoas a tirar a própria vida no mundo. Nos países de alta renda, o suicídio é associado a problemas de saúde mental, em especial à depressão e ao abuso de álcool. Mas as pessoas também se matam impulsivamente, em momentos de crise, por experimentarem uma perda importante, terminarem um relacionamento, sentirem-se sozinhas ou serem vítimas de abuso e violências, além de problemas financeiros.

De acordo com o artigo da *Frontiers in Public Health*, aumentos expressivos nas taxas de mortalidade por autointoxicação medicamentosa no Brasil coincidiram com momentos de crises regionais e mundiais – elas sobem mais a partir de 2010 e atingem um pico em 2022 (*ver gráfico*).

"Provavelmente são efeitos indiretos da crise econômica, política e fiscal que se instala no país de 2016 em diante e da epidemia de Covid-19", propõe Orellana, da Fiocruz. "No Brasil, há indicativos de que, após a fase de crescimento econômico que se encerrou por volta de 2010, vários fatores relacionados a emprego e proteção social se deterioraram, o que pode ser um mecanismo para o aumento das taxas de suicídio", conta o psiquiatra Pedro Magalhães, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Ele liderou um estudo publicado em 2019 na revista *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology* mostrando as mudanças nas taxas de suicídio no Brasil entre 2000 e 2016.

"Para trabalhar o sofrimento mental, que pode ser desencadeado por muitas razões, é preciso ter à disposição uma rede de saúde mental especializada, como os Centros de Atenção Psicossocial (Caps)", afirma a médica sanitarista Stela Meneghel, da UFRGS, que estudou as razões do aumento nas taxas de suicídio entre os gaúchos nos anos 1980 e 1990. "O último governo federal preferiu investir em comunidades terapêuticas de cunho religioso, que tratam o sofrimento mental de uma forma equivocada", afirma.

Para Botega, ao proporcionar um sistema estruturado de crenças e advogar em favor de comportamentos que podem ser benéficos em termos físicos e mentais, a fé pode exercer algum efeito protetor contra o suicídio. "Mas", ele alerta, "muitas crenças e comportamentos influenciados pela religião e cultura aumentam o estigma em relação ao suicídio e podem desencorajar a busca por assistência médica".

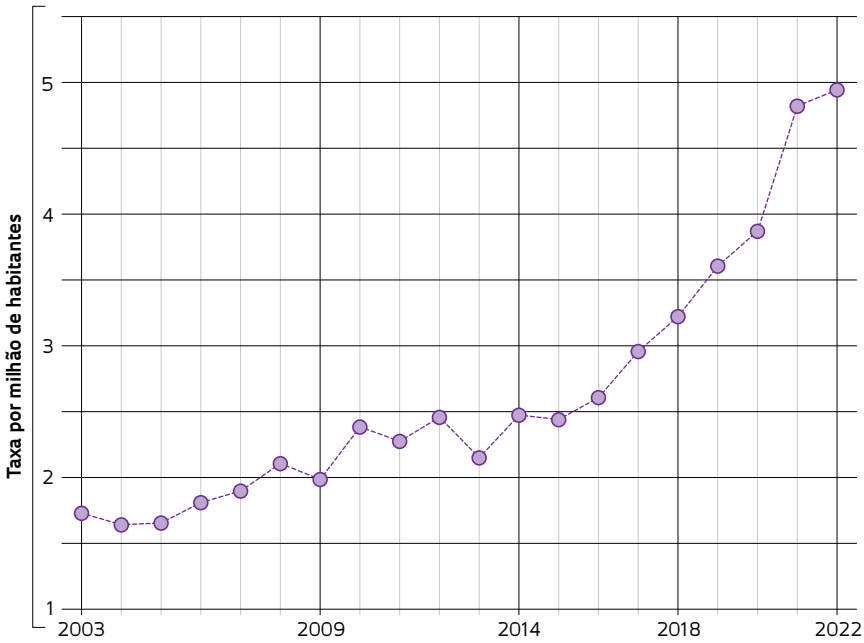
Desde 2003, o Brasil adotou setembro como o mês dedicado à prevenção do suicídio. Mas, na avaliação de Botega, há muito por fazer. "Ainda não temos um plano nacional de prevenção ao suicídio, diferentemente da maioria dos países desenvolvidos, que contam com dotações orçamentárias específicas, pesquisas regionais e estratégias para diferentes realidades", explica. "É importante que a prevenção e a conscientização não fiquem apenas a cargo de coaches e influenciadores, que podem aumentar o sofrimento de quem lida com a perda."

Aos meios de comunicação, cabe noticiar o tema com responsabilidade. "Estudos observacionais indicam que a maneira como o caso é relatado pode influenciar taxas locais de suicídio", conta Magalhães. Um artigo publicado em julho na revista *Science Advances* mostrou que o noticiário sobre suicídio de celebridades ou personalidades midiáticas aumentou a ideação e o comportamento suicida nos Estados Unidos.

Se você já teve ou está tendo pensamentos de tirar a própria vida, procure um serviço de saúde mental ou acesse um dos canais do Centro de Valorização da Vida (CVV, telefone 188), um serviço voluntário, sigiloso e gratuito com programa de prevenção ao suicídio, mantido por uma associação sem fins lucrativos. ■

Em ritmo acelerado

Taxa de suicídios por consumo de medicamentos cresceu mais rapidamente depois de 2010 e novamente a partir de 2016



FONTE SOUZA, M. L. P. *ET AL.* **FRONTIERS IN PUBLIC HEALTH**. 10 JUL. 2024

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

Porto de Manaus, cidade onde o Orov tem se propagado

1

OROPOUCHE À ESPREITA

Nova variante do vírus se multiplica com rapidez e pode facilitar a transmissão da doença

Gilberto Stam

Uma variante do vírus Oropouche (Orov), causador da febre do Oropouche, identificada em janeiro na região Norte, pode ser a responsável pela atual propagação da doença no país. Até 19 de agosto, o Ministério da Saúde registrou 7.653 casos (em 2023, foram 831), incluindo quatro casos de microcefalia e a morte de duas mulheres sem comorbidades, de 21 e 24 anos, com sintomas semelhantes aos da dengue, as primeiras registradas no mundo por esse tipo de vírus. No dia 3 de agosto, o Ministério da Saúde confirmou a primeira morte fetal causada pelo vírus, com transmissão de mãe para filho, no estado de Pernambuco. Até o dia 5, o estado de São Paulo havia confirmado cinco casos.

Estudo da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) divulgado em julho na plataforma medRxiv mostrou que, inoculada em células humanas, a variante chamada de Orov_BR-2015-2024, ou novo Orov, produz 100 vezes mais vírus no período de 48 horas que a primeira linhagem isolada no Brasil, nos anos 1960. Cultivada, formou buracos na camada de células até 2,5 vezes maiores.

"O novo Orov é capaz de se replicar mais rapidamente e escapar de parte dos anticorpos produzidos pelo sistema imune em resposta a infecções prévias", observa o virologista José Luiz Módena, coordenador da equipe da Unicamp. "Por se multiplicar muito rápido, provavelmente pode alcançar quantidades maiores no sangue de pessoas ou animais infectados, o que potencialmente favorece a infecção do inseto transmissor." Atualmente, o principal transmissor é o maruim ou mosquito-pólvora (*Culicoides paraensis*), cujas larvas se alimentam de matéria orgânica de matas, parques e plantações, normalmente na periferia das cidades.

Com sua equipe, Módena examinou amostras de sangue de moradores de Manaus, no Amazonas, com sintomas parecidos com os da dengue, coletadas em 2024. De 93 amostras, 10 eram de pessoas com febre do Oropouche. Duas foram sequenciadas e identificadas como sendo o novo Orov, descrito pela primeira vez em janeiro pela equipe do virologista Felipe Naveca, da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) Amazônia, em Manaus.

A nova linhagem foi identificada após o sequenciamento de 400 vírus

coletados durante o surto ocorrido no Amazonas, em Rondônia, Roraima e Acre entre 2022 e 2024, como detalhado em *preprint* publicado por Naveca em 24 de julho também na medRxiv. "O novo Orov surgiu entre 2010 e 2014, a partir do rearranjo genético de três diferentes vírus que circularam no Brasil, no Peru, no Equador e na Colômbia", diz Naveca.

"É um vírus com alta capacidade de matar as células que infecta", diz o virologista Eurico Arruda, da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), que começou a estudar o Oropouche nos anos 1990. Como ele detalhou em um artigo de 2017 na *Journal of Medical Virology*, o vírus infecta os leucócitos, células do sistema imune do sangue, por meio das quais se espalha no organismo. Em outro estudo, de 2021, na *Frontiers in Neuroscience*, as equipes de Arruda e Adriano Sebollela, também da USP de Ribeirão Preto, mostraram que o Orov consegue se multiplicar em fatias de cérebro humano mantidas em laboratório, provocando uma resposta inflamatória prejudicial ao organismo.

Os pesquisadores ouvidos por *Pesquisa FAPESP* concordam que a nova variante não é o único fator impulsionando a epidemia de febre do Oropouche. O aumento da temperatura e a mudança no regime de chuvas em razão das mudanças climáticas podem ter ampliado a área de ocorrência do maruim. Além disso, o desmatamento na Amazônia pode ter obrigado os insetos a ocupar áreas urbanas.

A intensificação dos testes diagnósticos pela rede nacional do Laboratório Central de Saúde Pública (Lacens) também contribuiu para o aumento do número de casos registrados. "Começamos a dar mais atenção ao Oropouche ao verificar que grande parte dos surtos não era de dengue, doença com a qual se confunde facilmente", informa o infectologista Julio Croda, da Fiocruz de Campo Grande.

Para Croda, o número alto e a distribuição geográfica dos casos, já registrados em 20 das 27 unidades da federação, caracterizam uma epidemia de febre do Oropouche no Brasil. "É uma situação bem diferente dos surtos locais que ocorreram na região Norte até o ano passado", observa.

A epidemia poderia aumentar ainda mais se as linhagens de Orov se adaptarem aos insetos que vivem em áreas urbanas centrais, como o pernilongo comum (*Culex quinquefasciatus*) e *Aedes egypti*. O virologista Pedro Vasconcelos, do Instituto Evandro Chagas (IEC), de Belém, coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Viroses Emergentes e Reemergentes (INCT-Ver), e Arruda minimizam a possibilidade de o pernilongo se tornar um transmissor do Orov, porque experimentos em laboratório demonstraram sua pouca eficiência em transmitir o vírus. Testes semelhantes não foram feitos com a nova variante.

Maruim, transmissor do Oropouche

2

O risco de o Orov se alastrar será maior caso o vírus se adapte a *A. egypti*. "Temos de monitorar as populações de *A. egypti* para verificar se já estão carregando o Orov", sugere Vasconcelos. "Como sabemos, esse mosquito é difícil de se combater."

RISCO DE MICROCEFALIA

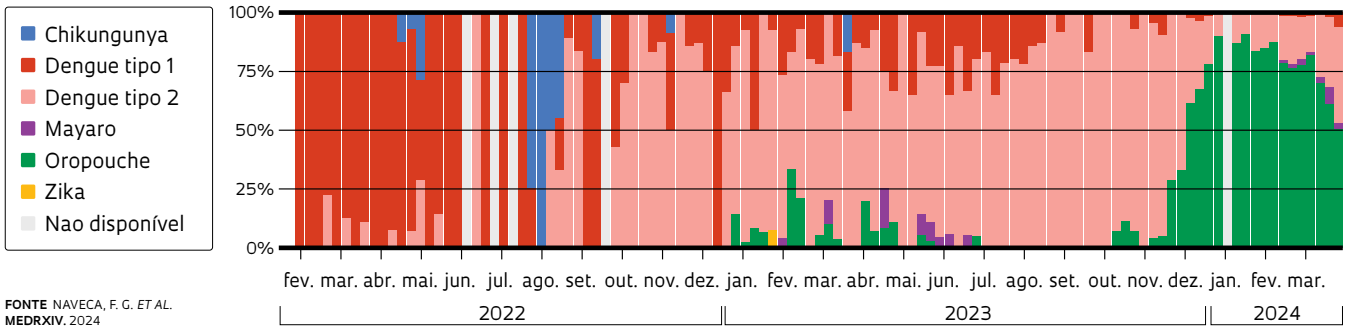
O IEC encontrou evidências da chamada transmissão vertical, quando o vírus passa da mãe para o feto, em quatro bebês nascidos com microcefalia e um feto natimorto com 30 semanas de gestação. Os casos ocorreram nos estados do Acre, da Bahia e de Pernambuco.

"Em camundongos, o Orov passa pela placenta com facilidade e tem uma grande capacidade de chegar ao cérebro e deformar as estruturas do crânio e do corpo do feto", comenta Arruda. "Mesmo a partir de uma infecção na pata de camundongos, o vírus segue pelos nervos periféricos e pela medula espinhal e depois de algum tempo chega até o cérebro." ■

Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

FEBRE DO OROPOUCHE AVANÇA E DENGUE RECUA

Distribuição de casos de arbovírus diagnosticados por teste molecular no estado do Amazonas de fevereiro de 2022 a março de 2024



FONTE NAVECA, F. G. *ET AL.* **MEDRXIV**. 2024

FOTOS 1 FRANCISCO ARAGÃO / GETTY IMAGES **2** SCOTT BAUER, USDA AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE **INFOGRÁFICO** ALEXANDRE AFFONSO / REVISTA PESQUISA FAPESP

Técnica faz inspeção visual de lote da Butantan DV

PROTEÇÃO CONTRA A DENGUE GRAVE

Candidata a imunizante do Butantan reduz em 89% o risco de desenvolver a forma severa da doença

Ricardo Zorzetto

Uma dose única e de apenas 0,5 mililitro (mL) da candidata a vacina contra a dengue do Instituto Butantan, a Butantan DV, proporcionou proteção duradoura e elevada contra a doença. Ela reduziu, em média, em 67,3% o risco de as pessoas apresentarem sintomas (leves, moderados ou graves) de dengue, mesmo passado um longo tempo de sua administração – em média, 3,7 anos.

Apresentado em artigo publicado em agosto na revista *The Lancet Infectious Diseases*, esse grau de proteção é um pouco inferior ao observado em um trabalho divulgado em fevereiro em *The New England Journal of Medicine* (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 324*). Nele, a proteção geral da Butantan DV havia sido de 79,6%, mas medida dois anos depois da aplicação. Agora, com quase o dobro do tempo, a imunidade caiu um pouco, mas continua relevante.

O dado novo e mais importante revelado agora é que o imunizante proporciona proteção elevada contra os casos que mais preocupam. Ele diminui em 89% o risco de quem foi imunizado desenvolver dengue grave ou com sinais de alarme, uma vez exposto ao vírus. Produzida com uma versão atenuada das quatro variedades (sorotipos) do vírus da dengue, a Butantan-DV ofereceu proteção média de 64,6% dos 2 aos 6 anos de idade, de 70,6% dos 7 aos 17 anos e de 72,8% dos 18 aos 59 anos. Ela teve eficácia geral de 75,8% contra o sorotipo da dengue tipo 1 e de 59,7% contra o 2. Não foram detectadas infecções pelos sorotipos 3 e 4 durante essa fase de acompanhamento, concluída antes da epidemia deste ano, e, por ora, não se conhece o grau de proteção conferida pelo imunizante contra essas duas variedades do vírus.

"O ápice da proteção ocorre durante o primeiro ano da imunização, depois é normal haver uma queda na produção de anticorpos. Vamos seguir monitorando os dados, mas, até o momento, eles indicam que não há necessidade de se adotar dose de reforço", explica Fernanda Boulos, diretora médica do Instituto Butantan e coordenadora dos ensaios clínicos com a Butantan DV, cujo desenvolvimento inicial teve financiamento da FAPESP.

Nos testes, 10.259 pessoas foram sorteadas para receber o imunizante, enquanto a 5.947 foi administrado um composto inócuo (placebo). Nem médicos nem participantes sabiam quem estava recebendo o quê. A frequência de eventos adversos foi maior entre os que tomaram a Butantan-DV (53%) do que entre os que receberam a injeção sem efeito (45,6%), em geral dor local, febre e manchas vermelhas pelo corpo. Já a taxa de eventos adversos graves foi semelhante nos dois grupos: 6,2% no primeiro e 6,6% no segundo.

"A vacina continuou bastante eficaz e com dados sólidos de segurança", afirma o médico e virologista Maurício Nogueira, da Faculdade de Medicina de Rio Preto (Famerp), primeiro autor do artigo na *The Lancet Infectious Diseases* e coordenador de um dos centros de teste. "Não podemos nos dar ao luxo de ter uma vacina mais ou menos segura", afirma.

Segundo Boulos, os novos dados estão sendo submetidos à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), responsável pela aprovação de medicamentos e alimentos no país, e o pedido de registro do imunizante já foi solicitado. Agora, está em curso o processo de escalonamento de produção e de avaliação da qualidade do imunizante. "Concluída essa fase, conseguiremos dimensionar melhor nossa capacidade de produção", afirma a pesquisadora. "Se tudo der certo, esperamos que a aprovação da Anvisa saia na primeira metade do próximo ano", conta.

Em janeiro deste ano, o Ministério da Saúde incorporou a primeira vacina contra a dengue ao Sistema Único de Saúde (SUS), a Qdenga, fabricada pelo laboratório japonês Takeda, e destinada a crianças de 10 a 14 anos. ■

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

FOTO RENATO RODRIGUES/ COMUNICAÇÃO INSTITUTO BUTANTAN

GRIPE AVIÁRIA EM MAMÍFEROS

Estudo brasileiro sugere propagação do vírus H5N1 em leões-marinhos na América do Sul

Guilherme Costa

A morte recente de leões-marinhos-da-patagônia (*Otaria flavescens*) no litoral catarinense em decorrência do vírus da influenza A (H5N1) acende um alerta entre pesquisadores e autoridades de saúde pública. Um estudo publicado no início de julho, na revista científica *BMC Veterinary Research*, traz evidências de adaptação do vírus da gripe aviária aos mamíferos, com possibilidade de transmissão dentro da espécie. Diante disso, o Instituto Butantan submeteu à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) um pedido de autorização para iniciar o estudo clínico de uma vacina contra a doença.

"Esse vírus encontrado nos leões-marinhos pode conseguir, pelos marcadores moleculares que identificamos, se ligar a receptores de mamíferos e de aves", destaca a veterinária Helena Lage Ferreira, da Universidade de São Paulo (USP), uma das autoras do trabalho. "Essa é a grande preocupação, porque o vírus está cada vez mais adaptado aos mamíferos e com aumento da virulência."

Ferreira participa de uma rede de pesquisadores que monitora trechos do litoral brasileiro em parceria com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). A partir desse acompanhamento é que se identificou, em junho de 2023, mortes de aves marinhas em praias da região Sudeste e em Santa Catarina. Em outubro do mesmo ano, houve um aumento repentino na mortalidade de leões-marinhos no litoral catarinense.

FOTO NICOLAS OLEJNIK / INATURALIST

Casos em Santa Catarina indicam que a gripe aviária pode ser letal para leões-marinhos

Na ocasião, equipes da Universidade do Vale do Itajaí (Univali) que integram o Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos, coordenado pelo Ibama, coletaram amostras de tecido dos tratos digestório e respiratório desses animais para investigar a presença de H5N1 – o vírus da influenza aviária se multiplica melhor nessas células. Também colheram amostras das cloacas de 190 aves marinhas usando um swab – espécie de cotonete comprido – para analisar a transmissão potencial entre aves e mamíferos na mesma área.

Ao todo, o estudo incluiu 17 espécies diferentes, extraindo RNA total e fazendo testes para detectar o vírus. Ao comparar o genoma do vírus encontrado nos leões-marinhos de Santa Catarina e em outros da América do Sul, os autores identificaram mutações no genoma do vírus que podem provocar alterações em proteínas responsáveis pela replicação viral em células de mamíferos.

"Quando compartilhamos o vírus com a FAO [Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura], percebemos que as sequências genéticas encontradas são muito próximas às de leões-marinhos das ilhas Malvinas, na Argentina", destaca a pesquisadora, que atualmente preside a Sociedade Brasileira de Virologia. Mas não são idênticas, o que sugere um processo evolutivo.

O achado indica uma transmissão entre leões-marinhos – e não mais unicamente de aves para esses mamíferos, como havia sido registrado até então. É a primeira evidência da propagação em mamíferos da fauna silvestre. Um estudo publicado em julho na revista *Nature* pelo veterinário brasileiro Leonardo Caserta, da Universidade Cornell, nos Estados Unidos, aponta também a transmissão entre bovinos naquele país.

"Isso indica que há o que chamamos de microevolução do vírus. Ele não para de evoluir dentro de espécies de mamíferos; não encontramos essas mesmas mutações em aves", enfatiza o virologista Fernando Spilki, da Universidade Feevale, no Rio Grande do Sul, e coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Vigilância Genômica de Vírus e Saúde Única. "Agora é mais difícil afirmar que todo e qualquer caso em mamíferos foi infecção por aves."

O virologista veterinário chileno Victor Neira, da Universidade do Chile, concorda. "Não estávamos certos se o vírus que começamos a observar aqui no Chile já estava sendo transmitido entre os leões-marinhos, mas, depois que ele se espalhou no Atlântico, com esse novo achado no Brasil e dados de grupos argentinos e uruguaios, fica evidente que é o mesmo vírus", relatou a *Pesquisa FAPESP*. Ele é um dos autores de um estudo sobre a mortalidade de leões-marinhos na costa chilena, publicado em outubro de 2023 na revista *Veterinary Quarterly*.

PANORAMA DO H5N1

Além dos leões-marinhos, o site da Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA) registra casos de gripe aviária em focas, lontras, raposas, ursos, guaxinins, gatos, cães, cabras, entre outras espécies de mamíferos – incluindo seres humanos. Em 2023, o vírus foi responsável por uma mortalidade em massa de elefantes-marinhos-do-sul (*Mirounga leonina*) na Argentina, especialmente filhotes. Recentemente, nos Estados Unidos, o H5N1 foi detectado no leite cru de vacas leiteiras infectadas. Especialistas dos órgãos norte-americanos responsáveis pela saúde pública afirmam, contudo, que a pasteurização parece inativar o vírus e tornar o leite seguro para o consumo.

De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), o primeiro caso de H5N1 no país foi registrado em maio de 2023. De lá para cá,

O trinta-réis-boreal (*Sterna hirundo*) é uma das aves marinhas afetadas pelo H5N1

3.160 casos foram investigados e não houve confirmação de contágio entre aves comerciais, o que poderia ter um impacto significativo na economia e na saúde pública nacionais (*ver infográfico*). Até o momento, não há registro de casos humanos, informou em nota o Ministério da Saúde.

Desde 2003, quase 900 casos em seres humanos foram relatados à Organização Mundial da Saúde (OMS). Naquele ano, o vírus, detectado na China em 1996, ressurgiu e se espalhou entre aves de vários países asiáticos. Em 2021, uma nova variante de H5N1 emergiu na Europa e se espalhou pelo mundo. Ao longo desses 20 anos, 24 países registraram ocorrências. Os sintomas da infecção por H5N1 podem incluir febre alta, mal-estar, tosse, dor de garganta, dores musculares e conjuntivite. Às vezes, a infecção progride para uma doença respiratória grave e alterações neurológicas, como alteração do estado mental ou convulsões.

FONTE ARAUJO, A. DE C. *ET AL.* BMC VETERINARY RESEARCH. 2024

POTENCIAL PANDÊMICO

Para a virologista Paola Cristina Resende, do Laboratório de Vírus Respiratórios, Exantemáticos, Enterovírus e Emergências Virais, do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz), quando o vírus da influenza A H5 é identificado em outras espécies, especialmente em mamíferos, acende-se um sinal de alerta para o poder público. "A vigilância nunca pode relaxar com esse vírus", explica a pesquisadora. "O H5N1 sempre tem um potencial pandêmico em função de ser um vírus novo para a memória imunológica da população humana. Os vírus influenza A podem sofrer mutações pontuais e rearranjo gênico, que podem culminar na emergência de novos subtipos virais." Contudo, ela reforça que há uma rede de vigilância global já bem implementada desde 1952, coordenada pela OMS, com cerca de 160 laboratórios em 129 países, três deles no Brasil.

Além da vigilância, Resende enfatiza que é importante que o país tenha estoque do antiviral Oseltamivir, eficiente contra o H5N1, e uma estratégia de vacinação. "Ter um estoque de vacinas com sementes pré-pandêmicas do vírus H5N1 ajuda a dar início rapidamente à imunização de populações vulneráveis e a mitigar uma possível dispersão do vírus."

O Instituto Butantan, em São Paulo, iniciou o processo de produção de uma vacina contra a doença. Em nota, a instituição informa que os testes são realizados com cepas vacinais cedidas pela OMS e o primeiro lote-piloto está pronto para testes pré-clínicos, que antecedem os realizados em seres humanos. Em andamento, o ensaio deve avaliar o potencial terapêutico e a segurança da vacina. O Instituto Butantan busca estar pronto e já fez testes em animais de vacinas produzidas a partir de cepas cedidas pela OMS. Uma vez obtida a autorização da Anvisa, deve iniciar o ensaio clínico de uma vacina contra o vírus H5N8, escolhido por ter capacidade de causar sintomas graves e até a morte. O primeiro passo, se aprovado, é testar em poucos voluntários para avaliar a segurança e a capacidade de gerar anticorpos. Avançar com os testes pode permitir ter um estoque estratégico caso seja necessário, informou a assessoria de imprensa do Butantan. A cepa H5N1 também foi testada no estudo pré-clínico e poderá ser usada caso essa variante se espalhe na população humana.

Para evitar o contágio com o vírus H5N1, a orientação é não tocar em aves silvestres ou leões-marinhos doentes ou mortos. Ao passear com animais domésticos, é preciso cuidar para que os cães também não tenham contato. Além dessas ações, é recomendável notificar, via internet, o Serviço Veterinário Oficial brasileiro ao avistar uma ave ou leão-marinho nessas condições. ■

FOTO SIMBEM/INATURALIST INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO/REVISTA PESQUISA FAPESP

PARASITAS DO OLIGOCENO

Fezes fossilizadas encontradas no interior paulista, de aves que viveram por volta de 30 milhões de anos atrás, abrigam registros de protozoários

Enrico Di Gregorio

Parasitas são um grande problema para a medicina aviária. Alguns deles são microscópicos, como os protozoários, e podem infectar aves silvestres e de cativeiro e causar doenças como a coccidiose, letal para galinhas domésticas. Paleontólogos e parasitologistas brasileiros descobriram, por meio de análises de fezes fossilizadas (chamadas de coprólitos), que aves foram infectadas com parasitas similares aos de hoje entre 34 milhões e 23 milhões de anos atrás na região onde agora é Tremembé, em São Paulo, conforme mostrou um artigo publicado em abril na revista *International Journal of Paleopathology*.

Nesse período, parte do Oligoceno, a região onde agora é o Vale do Paraíba era ocupada por grandes mamíferos (*Pyrotheria*), parecidos com as antas atuais e os hipopótamos (*Notoungulata*), e animais menores como roedores, morcegos, cobras, sapos, peixes e aves. No mesmo ambiente, invisíveis a olho nu, estavam parasitas como os protozoários. Todos eles habitavam os entornos ou as águas de um lago, que alternava entre momentos de seca e cheia a depender do clima.

Quando esses animais morriam ou defecavam, os materiais orgânicos sobre o

ILUSTRAÇÃO JÚLIA D'OLIVEIRA **FOTOS** GUSTAVO DO CARMO/UFMG

Fauna do Oligoceno incluía grandes aves, mamíferos e jacarés, como indica representação artística

solo argiloso eram, por vezes, cobertos de novas camadas do mesmo sedimento, que após milhões de anos viravam rochas. Nas condições adequadas, como falta de oxigênio e movimentação do solo, alguns dos restos biológicos se fossilizavam.

Os pesquisadores usaram microscópios, líquidos levemente salinizados e gotas de glicerina para analisar as amostras, e conseguiram identificar uma boa quantidade de microrganismos. "Encontramos 13 tipos morfológicos diferentes, eu nunca esperaria achar essa quantidade em um material paleontológico", lembra o paleoparasitologista Gustavo do Carmo, que realizou a pesquisa como parte de seu mestrado na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e atualmente faz doutorado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A bacia de Taubaté, onde fica a formação Tremembé, foi descoberta na primeira metade do século XIX e o trabalho de Carmo foi o primeiro a estudar parasitas do passado nos fósseis da bacia de Taubaté.

Os microrganismos foram divididos em dois grupos de protozoários: coccídios da família Eimeriidae e ameboides da família Archamoebae. As espécies não foram identificadas porque o material estava muito degradado e as formas parasitárias não estavam completamente desenvolvidas.

Esses microrganismos, como alguns da família Eimeriidae, ainda causam problemas de saúde em animais. "Aqueles do gênero *Eimeria* infectam aves de todas as ordens e podem causar coccidiose; já os do gênero *Isospora* são conhecidos por infectar pássaros de gaiola e ajudam a entender a ecologia daqueles que estão em ambientes silvestres", relata o biólogo Bruno Berto, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), coautor do artigo. "As amebas são as que têm registro menos frequente em aves."

Por essa relevância atual, o estudo é observado com atenção por veterinários. "Identificar parasitas com determinadas características em aves ancestrais e analisar como eles se encaixam na evolução pode ajudar no diagnóstico em laboratórios e tratamentos hoje em dia", defende Berto.

Esse foi o primeiro registro de protozoários em coprólitos de aves do Oligoceno brasileiro. A paleontóloga Paula Dentzien Dias, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), especialista em coprólitos, que não participou do estudo, ressalta a riqueza do material. "É raro encontrar parasitas no registro paleontológico, somente em 2006 foram encontrados ovos em coprólitos da Bélgica", conta. "O segundo achado, feito no Rio Grande do Sul em 2013, foi datado como do Permiano do Brasil", diz, referindo-se ao período entre 299 milhões e 252 milhões de anos atrás, aproximadamente.

A novidade permitiu aos cientistas entender melhor como os parasitas evoluíram em conjunto com as aves. A ameba encontrada era conhecida principalmente em seres humanos, mas a pesquisa mostrou que ela infectou aves no passado. "Entender as interações dos organismos e quando alguns grupos atuaram como parasitas no passado, bem como quais animais foram parasitados, é essencial para compreender a evolução das espécies."

Os pesquisadores também descobriram que algumas características dos parasitas evoluíram antes do que se pensava, como a micrópila (uma espécie de válvula de saída dos oocistos, as estruturas arredondadas onde se desenvolvem as formas infectantes dos parasitas) e a membrana que fica em cima dela, chamada de capuz polar.

Além da importância veterinária, os parasitas têm papel central na ecologia. "Eles podem interferir diretamente na reprodução ou na alimentação dos hospedeiros", diz Carmo. A presença de aves infectadas, como indicam os coprólitos, mostra que as espécies ancestrais de Taubaté contribuíram bastante para a proliferação dos parasitas naquele período.

Não foi possível precisar quais espécies ou grupos de aves foram infectados. Abutres, urubus e animais parecidos com flamingos e galinhas são alguns dos que viviam na região na época. Uma outra pista que os excrementos revelaram é que os hospedeiros eram onívoros, com uma dieta de peixes, artrópodes e plantas.

Agora, o objetivo é ampliar esses diagnósticos para entender melhor a história evolutiva dos parasitas. "Já conseguimos identificar helmintos no mesmo sítio de Tremembé e estamos estudando materiais de outros animais e regiões, como coprólitos de dinossauros de Minas Gerais", conclui Carmo. ■

Coprólito de ave (*parte branca*) guarda indícios de parasitas

Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

O MAR ESTÁ A COMER A TERRA

Sociólogo da Guiné-Bissau fala da perda de terras agricultáveis e do avanço da insegurança alimentar por causa do impacto das mudanças climáticas na África Ocidental

Marcos Pivetta

Em 2018, o sociólogo guineense Miguel de Barros foi considerado a personalidade mais influente da África Ocidental pela confederação da juventude dessa região mais a oeste do continente, que abriga 16 países. Entre eles, figura a Guiné-Bissau, ex-colônia portuguesa do tamanho do estado de Sergipe, que se tornou independente em 1973. Barros nasceu em 1980 em Bissau, maior cidade e capital da Guiné-Bissau, onde vive atualmente cerca de meio milhão de pessoas, quase um quarto de toda a população do país, composta por 33 grupos étnicos. A jovem nação é uma das mais pobres do mundo, com uma economia baseada em agricultura. Seu principal produto de exportação é a castanha-de-caju.

Formado pelo Instituto Universitário de Lisboa, em Portugal, Barros atua como pesquisador do Centro de Estudos Sociais Amílcar Cabral, em Bissau. Há 12 anos, é diretor-executivo da organização não governamental Tiniguena, que protege a biodiversidade local e auxilia os agricultores na adoção de práticas sustentáveis. O sociólogo trabalha com um leque amplo de temas, geralmente com ênfase no planejamento de políticas públicas que considera mais justas.

Nos últimos tempos, um dos assuntos mais recorrentes em suas falas é o peso das mudanças climáticas sobre a Guiné-Bissau, um dos países mais ameaçados pela elevação do nível dos oceanos, e também sobre a África como um todo. O continente é o que menos contribui para a emissão de gases de efeito estufa, mas é o mais pobre e mais vulnerável aos efeitos deletérios do aquecimento global.

Barros, que já esteve no Brasil várias vezes, passou por São Paulo no final de julho para falar sobre esse tema na 6ª Conferência FAPESP de 2024. Antes de fazer sua apresentação, conversou com *Pesquisa FAPESP*.

As mudanças climáticas afetam de que forma a Guiné-Bissau e a África?

Quando falamos das mudanças climáticas, temos que posicioná-las como consequência, e não como causa, de um modelo neocolonial, extrativista, que governa o mundo. Estamos a falar sobretudo de um modelo associado a um sistema de exploração dos recursos naturais, da mão de obra no Sul global e da privatização dos patrimônios coletivos. Sua racionalidade não procura a equidade e muito menos a justiça social. A agenda global é construída com uma lógica completamente vertical das relações geoestratégicas e não olha para as necessidades, capacidades e limites do próprio modelo. Vou dar exemplos muito concretos antes de entrar na questão da Guiné-Bissau. Se olharmos, por exemplo, as formas de produção e de consumo, veremos que o Norte global tem uma responsabilidade enorme nas questões ligadas às seguranças climática, energética e alimentar do mundo. Dados recentes

Barros foi considerado em 2018 a personalidade mais influente da África Ocidental pela confederação da juventude dessa região

FOTO LEILA BELTRÃO

mostram que, por ano, morrem 9 milhões de pessoas por poluição do ar e da água na África. É mais do que os 6,7 milhões de pessoas que morreram no mundo durante a pandemia de Covid-19. Se formos ver os 10 países que sofrem maior impacto da poluição do ar e da água, encontraremos sete que são africanos: Chade, Níger, República Centro-africana, Somália, Lesoto, Burkina Faso e África do Sul. Mas, dos 54 países da África, só 10 têm capacidade de monitorar a poluição climática: África do Sul, Egito, Gana, Libéria, Maurícias, Marrocos, Nigéria, Tanzânia, Uganda e Quênia.

O continente africano é o que mais sofre com as mudanças climáticas.

Sim. Agora, veja a questão sob outro prisma. Do ponto de vista do consumo energético, mais da metade da população da África, que chega a 1,5 bilhão de habitantes, está sem energia. A população africana que não tem energia é superior à população da União Europeia. Dois países europeus, Alemanha e França, consomem, em termos energéticos, nove vezes mais do que todo o continente africano. A capacidade de poluir da África é residual: é o continente menos poluidor. Contribui com não mais do que 4% das emissões globais de gases de efeito de estufa, tendência que deve se manter até 2040. As emissões de dióxido de carbono [CO_2] relacionadas com a produção de energia na África representam 2% das emissões globais acumuladas. Embora o continente africano possua o maior potencial de gerar energia solar do mundo, só tem instalados 5 gigawatts [GW] de painéis fotovoltaicos, ou seja, menos de 1% da capacidade mundial instalada. Apesar de albergar 17% da população mundial, a África representa, atualmente, apenas 4% do investimento global da oferta energética.

Qual é o impacto econômico da crise do clima na África?

Nesse momento, estamos a ter uma perda em termos de Produto Interno Bruto na África de 11% ao ano em razão das mudanças climáticas. Em 2050, a previsão é de 27%. Estamos a ter perda de terras agricultáveis da ordem de 2,9% ao ano na África. Em 2050, será de 18%. Isso significa mais de 200 milhões de pobres sem capacidade de produção e em situação de fome. Essa situação provoca migrações forçadas. Da Ucrânia, as pessoas são forçadas a migrar de avião. Da África, pelo Mediterrâneo, em travessias de barco que vemos todos os dias. O que isso significa? Que há perda dos saberes associados à produção, de mão de obra disponível, sobretudo juvenil, para o trabalho agrícola. Acima de tudo, representa o empobrecimento da capacidade econômica dos nossos países.

Como a Guiné-Bissau se insere nesse contexto?

Guiné-Bissau é o segundo país mais vulnerável à subida dos níveis do mar, depois de Bangladesh. Um problema importan-

tíssimo é a erosão das zonas costeiras. O mar está a comer a terra tanto no sul como no norte da Guiné-Bissau e em toda a África Ocidental. A erosão é mais impactante em terras agrícolas, mas já começa a apanhar as comunidades residenciais e os governos na África não têm capacidade de reassentamento. Isso tem levado a muita perda da biodiversidade e da capacidade de uma produção que permita a regeneração dos solos e a geração de renda. O território da Guiné-Bissau é completamente plano. Isso permitiu a fixação de povos na zona costeira para o desenvolvimento de culturas alimentares. A região esteve, por exemplo, na base da disseminação da produção e do consumo do arroz a nível global. A espécie *Oryza glaberrima* [popularmente conhecida como arroz africano] foi levada da África Ocidental, da Guiné-Bissau e de Burkina Faso, para a Carolina do Norte, nos Estados Unidos, e para o Brasil. Era muito consumida no Império português e foi disseminada por pessoas escravizadas.

Poderia explicar um pouco mais as características naturais do seu país?
Guiné-Bissau está em uma zona quente chamada Sahel, devido à proximidade com o deserto do Saara, e tem características naturais muito importantes. Chove sete meses no ano, de maio a novembro, no país. Costumo dizer que, se retirarmos Guiné-Bissau do mapa, haverá um desequilíbrio na África Ocidental e, consequentemente, em toda a África e no mundo. Por quê? Ela tem uma costa enorme banhada pelo Atlântico, de 350 quilômetros, e a segunda maior reserva de pesca da África Ocidental, depois da Mauritânia. Tem mais de 210 variedades de peixe. O encontro das correntes quentes de Benguela e frias das ilhas Canárias faz com que haja o fenômeno de ressurgência [afloramento na superfície do oceano de águas mais frias, ricas em nutrientes] e várias espécies se conectam a esse espaço para procurar alimentos. Temos o segundo maior território contínuo de mangue da África, depois da Nigéria. Isso faz com que o país seja o principal espaço de reprodução de camarão na África Ocidental. Guiné-Bissau tem, por exemplo, espécies de hipopótamos que vivem na água doce e na água salgada e cinco das sete espécies mundiais de tartarugas marinhas. Tem, ainda, a última mancha de floresta úmida subtropical da África Ocidental, que é o Parque Nacional de Cantanhez, um conjunto de florestas sagradas para os povos locais.

Sagradas em que sentido?
As áreas protegidas têm comunidades no seu interior, cujos modos de vida permitiram a conservação desse patrimônio. Os cientistas viram que as áreas de reprodução das espécies coincidiam com as áreas consideradas sagradas pelas comunidades. Então, sacralizamos as zonas sensíveis, que têm papel fundamental na reprodução das espécies. As áreas protegidas são o maior mecanismo de resposta às questões climáticas, porque permitem com que a vida natural ocorra sem perturbação e exerça suas funções. Ao mesmo tempo, também permite que haja disponibilidade de alimentos para os habitantes e melhora da qualidade do ar. Por isso, 26,3% do território da Guiné-Bissau está em áreas protegidas.

Os investimentos da China na África são grandes. O país asiático está também presente na Guiné-Bissau?
Sim. Eles estão em grande escala no negócio da madeira e pesca. Temos os franceses no petróleo e turismo, a União Europeia na pesca. Os governos locais pensam no curto prazo e muitas vezes o cálculo em termos de custo e benefício não corresponde à capacidade de o país aguentar o impacto em termos de exploração. Hoje não existem no norte do território florestas primárias por causa da exploração chinesa. Mas o que a China dá em contrapartida para a África? Infraestrutura, mesmo que precária, como a construção de palácios, de centros de congressos, de universidades, de estradas. Essas relações são extremamente desiguais.

> **“Estamos a ter uma perda em termos de Produto Interno Bruto na África de 11% ao ano em razão das mudanças climáticas**

Quais outros problemas relacionados à questão climática destacaria?
Tem a questão da seca. Seu impacto na criação do gado é muito forte e está a obrigar comunidades a um processo migratório mais forçado. Temos ainda o crescimento da população nas cidades. O aumento demográfico é, hoje, uma questão transversal na África e pressiona as zonas costeiras, que têm maior acesso aos recursos que permitem viver. Essa pressão está a fazer com que também haja, sobretudo, uma grande produção de lixo que vai para o mar. O maior problema do lixo não é o que produzimos, mas aquele que recebemos em nossas costas vindos do Norte global.

Os mecanismos internacionais criados para financiar a manutenção das florestas em pé funcionam na África?
A questão das taxas de carbono é uma hipocrisia. O dinheiro vai, sobretudo, para as agências de certificação que estão no Norte global e operam na base da especulação no mercado financeiro. Ninguém come ações. As pessoas comem alimento. É necessário que haja um investimento muito forte na agricultura familiar para produzir alimentos saudáveis, que fazem parte da matriz cultural das pessoas e sejam provenientes das proximidades de onde as pessoas vivem. Assim, teremos segurança nutricional.

Como a crise climática é percebida pela população africana?
Essa questão foi colocada sob uma perspectiva muito elitista. Na África, as pessoas não se preocupam com a questão da camada de ozônio. Procuramos ter uma compreensão mais instrumentalizada sobre o que é a mudança climática, saber o que acontece no seu solo, no seu quintal, na sua horta. Elas querem saber como fica a comida na mesa depois de não terem conseguido produzir alimen-

Campo durante a época das chuvas e aldeia ameaçada pela subida do nível do mar, ambos no norte da Guiné-Bissau

tos, depois de três ciclos consecutivos de inundações. No sul de Angola, houve, por exemplo, sete anos consecutivos de seca severa. Quando os agricultores familiares, as famílias rurais, começaram a perceber o impacto dessas transformações no seu regime alimentar, no seu sistema econômico, a África começou a se mobilizar.

Diria que essa percepção ocorreu mais ou menos quando?
Nos últimos 10 anos. Hoje há um movimento forte entre os africanos. Eles viram que estão a perder seu patrimônio genético, suas terras, a capacidade de alimentar suas famílias e financiar sua economia. Eles tentaram perceber por que isso estava a acontecer e a reação foi direta. A velocidade de perda de solos agricultados na África é brutal, tem um impacto enorme.

Qual é o peso do Brasil na questão climática e ambiental?
Não analiso essa questão do ponto de vista dos dados macroeconômicos do Brasil, como a sua capacidade de exportação de matéria-prima ou o tamanho de seu mercado de consumo. Eu não o vejo assim. No meu ponto de vista, o Brasil tem quatro responsabilidades. A primeira é a ecológica. O Brasil tem a sorte de ter o maior dom que a natureza deu ao mundo, que é a Amazônia, e tem a responsabilidade de preservá-la para que o mundo seja mais habitável. O país tem de garantir que a Amazônia não só seja um patrimônio para o mundo, mas, em primeiro lugar, para os próprios brasileiros, sobretudo para os povos indígenas que habitam a região. Por isso, o país deveria dar o exemplo da conservação e da utilização daquilo que são as respostas baseadas na natureza, na cultura para a salvaguarda da transição ecológica. A segunda responsabilidade é a histórica. O país foi uma sociedade vítima de colonização e desenvolveu-se com a mão de obra escravocrata. Tem, agora, de contribuir para que o sistema colonial de exploração da mão de obra também acabe. Isso passa pela criação de formas de regulação e normalização das relações de trabalho para que sejam mais humanas e dar esse exemplo ao mundo. O Brasil não pode pensar que a sua economia vai prosperar com a exploração dos povos indígenas, dos negros e das mulheres.

Quais as outras duas responsabilidades que atribui ao Brasil?
A terceira é a demográfica. A população do Brasil é uma das maiores do mundo. O país tem de criar formas de educação que deem aos cidadãos a possibilidade de contribuir para a conservação ambiental, a preservação e a avaliação dos direitos cívicos e também para uma economia justa e solidária. A quarta é a responsabilidade política. O Brasil não pode correr o risco de entrar em regimes como o que viveu até recentemente. Um regime que era defasado em relação aos desafios contemporâneos, populista, misógino, racista e com estruturas obsoletas em termos da inovação e da tecnologia social.

Mas qual seria o papel do país?
A partir do momento em que assumisse essas quatro responsabilidades – ambiental, histórica, demográfica e política –, o Brasil teria a possibilidade de influir na construção de uma nova ordem mundial. Teria a capacidade de influenciar, por exemplo, a Rússia, a China e a Índia, para que também adotassem comportamentos e práticas que favorecessem uma democracia popular em vez de novas formas de neocolonialismo e de imperialismo, que é a postura internacional desses países que está a surgir. Portanto, o Brasil, que é o maior produtor de alimentos do mundo, tem uma enorme responsabilidade nesse campo.

Sua pesquisa trata de que temas?
Faço pesquisa no âmbito do Centro de Estudos Sociais Amílcar Cabral, que fica em Bissau, onde coordeno a célula de pesquisa em história, antropologia e sociologia. Minhas pesquisas tratam de vários temas, desde questões ligadas à cooperação internacional, à transparência na governança dos recursos naturais e das finanças públicas, até temas ligados à juventude, à questão de gênero, tanto na economia não formal, na participação política ou na sua contribuição na segurança alimentar. Tenho, ultimamente, discutido muito também a questão do racismo ambiental. Quando os processos de produção ou de exploração de um território põem em causa a sobrevivência econômica e a dignidade dos povos que detêm esses territórios, estamos dentro de um processo de racismo ambiental. ■

FOTOS ERIKSON MENDONÇA/TINIGUENA E SOFIA CONDE/MALMON 2022

O LONGO COMBATE AO GREENING

Doença identificada há 20 anos no Brasil foi uma das principais causas da queda de 25% na produção de citros na última safra

Carlos Fioravanti

Em uma nefasta aliança, um grupo específico de bactérias e outro de insetos – respectivamente causadores e transmissores do greening, uma das piores doenças da citricultura – continuam atormentando os produtores de laranjas, tangerinas e limões no Brasil. A soma de pragas, secas intensas e chuvas irregulares prejudicou a formação de frutos e fez a produção de citros em São Paulo e Minas Gerais cair 25%, em comparação com 2023, de acordo com um comunicado de maio do Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus). Em consequência, o preço da laranja nos mercados e hortifrútis aumentou em média 40%.

Desde que foi identificado pela primeira vez em 2004 no estado de São Paulo e nos anos seguintes em Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e agora em junho em Goiás –, o greening provocou a eliminação de cerca de 60 milhões de árvores, o equivalente a 23% dos 260 milhões de pés de laranja e outros citros cultivados no país, principalmente em São Paulo, responsável por cerca de 75% da produção nacional.

O greening é causado no Brasil por duas espécies da bactéria *Candidatus* e *Liberibacter*. Insetos acinzentados de até 2 milímetros (mm) de comprimento, os psilídeos-asiáticos-dos-citros (*Diaphorina citri*) as adquirem quando se alimentam da seiva em brotos de plantas doentes e as transmitem às sadias. As bactérias se instalam no floema (vasos condutores da chamada seiva elaborada, formada por aminoácidos e açúcares) de todos os tipos de citros (laranjas, tangerinas, mexericas, limas e limões) e de outras plantas, como a murta (*Murraya paniculata*), usada em paisagismo. Desde 1942, quando foi identificado no Brasil, o psilídeo era uma praga secundária dos citros e não causava grandes prejuízos, até as bactérias causadoras do greening aparecerem no Brasil.

Também chamado de huanglongbing (HLB), que em chinês quer dizer doença do ramo ou do dragão amarelo, por causa da cor das folhas em ramos das plantas infectadas, o greening tem se mostrado mais difícil de se combater que o grande problema anterior da citricultura, a clorose variegada dos citros (CVC) ou amarelinho, causada pela bactéria *Xylella fastidiosa*, cujo sequenciamento genético iniciou em 1997 o Programa Genoma FAPESP (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 184*). *Xylella* cresce lentamente no xilema (vasos condutores de seiva bruta, mais externos que o floema) e seus transmissores, as cigarrinhas-dos-citros, espalham-se menos que os psilídeos.

O amarelinho cedeu. "Desenvolvemos um sistema de produção de mudas em viveiros telados, implantamos novas formas de controle da doença e de seus vetores e a taxa de incidência passou de 40% no início dos anos 2000 para menos de 0,5% hoje", relata o engenheiro-agrônomo Juliano Ayres, gerente-geral do Fundecitrus. Quando o greening chegou ao Brasil, os citricultores espelharam na CVC as estratégias de controle dos insetos transmissores e de eliminação das plantas doentes e mudas contaminadas. No entanto, essas estratégias funcionaram apenas parcialmente para deter o greening.

As mudanças nas formas de cultivar e cuidar das laranjeiras indicam que a guerra contra o greening não está perdida, mas tampouco está ganha. Os produtores procuram conter a praga por meio de um conjunto de artifícios: uso de mudas sadias produzidas em viveiros telados, plantio em linhas paralelas às bordas da lavoura com maior densidade de árvores por hectare, reforços na adubação, aplicação frequente de inseticidas e eliminação de psilídeos e de plantas doentes.

Mesmo assim, o greening tem avançado – e não só no Brasil. O número de países atingidos passou de 40 em 2006 para 126 atualmente, resultando em laranjeiras e limoeiros que produzem frutos em menor quantidade, menores e mais ácidos que os das plantas sadias, além de caírem precocemente.

"É um problema gravíssimo", comenta o engenheiro-agrônomo José Roberto Postali Parra, da

Os psilídeos (*ao lado, pendurados*) adquirem ou transmitem a bactéria quando se alimentam da seiva das árvores

FOTO FUNDECITRUS

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP). "Precisamos intensificar as ações contra o greening, com a aplicação efetiva de leis que determinem a erradicação das plantas sintomáticas, que continuam a produzir, ainda que menos." Ele tem participado de reuniões com especialistas que cogitam até mesmo a eliminação das murtas.

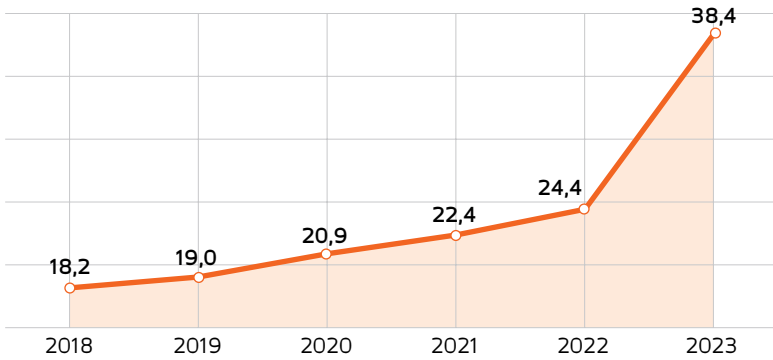
Presidente da Associação Brasileira de Citros de Mesa e sócio-proprietário da Citrícola Lucato, sediada em Limeira, interior paulista, o engenheiro mecânico Carlos Alberto Lucato também tem participado de reuniões com autoridades do governo paulista e de outros estados e opinado sobre as políticas de combate ao greening. "Se não agirmos com mais rigor, a longo prazo a produção de citros no estado de São Paulo pode cair mais e o preço para o consumidor subir", reforça.

A migração dos produtores paulistas para áreas com menos greening nos estados vizinhos se intensifica. A Citrícola Lucato há 18 anos parou de cultivar laranjas em Limeira e agora prioriza os pomares de 320 hectares (ha) na região de Jales, noroeste paulista, e os de mil ha dos municípios de Madre de Deus de Minas e Piedade do Rio Grande, no sul de Minas Gerais. "Se o greening se alastrar para as duas regiões, saberemos as medidas de controle que devem ser adotadas, diferentemente do que ocorreu há 20 anos em grande parte do estado de São Paulo", diz.

Em abril, a Citrosuco, grande exportadora de suco de laranja, comunicou a compra de sua 26ª fazenda, também no sul de Minas. Um mês antes, a Cutrale, outra grande processadora de suco, anunciou um investimento de R$ 500 milhões para implantar um pomar de 5 mil hectares no município de Sidrolândia, em Mato Grosso do Sul.

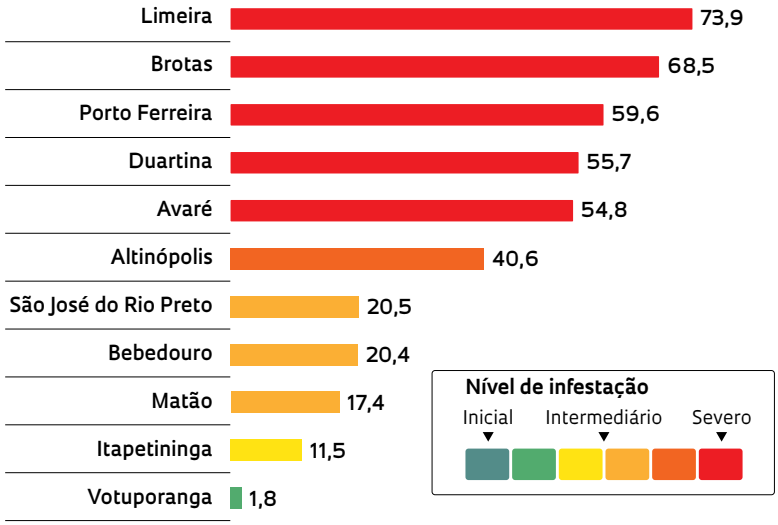
GREENING AVANÇA

Proporção de plantas infectadas no estado de São Paulo (em %)



INCIDÊNCIA VARIÁVEL

Região central do estado apresenta a maior proporção de plantas contaminadas (em %)



FONTE FUNDECITRUS

MAIS ATENÇÃO ÀS BORDAS DOS POMARES

Na Expocitros, feira citrícola realizada em junho em Cordeirópolis, no interior paulista, o engenheiro-agrônomo do Fundecitrus Franklin Behlau revelou a gravidade do problema usando como exemplo um pomar de laranjas-pera. Quando a infestação atinge 25% de uma planta, sua capacidade produtiva cai cerca de 20%. Com até 50% da laranjeira afetada pela praga, a quantidade de frutos é reduzida em 40%, e, no estágio mais avançado, com a planta toda tomada pelas bactérias, a colheita pode encolher cerca de 70%.

No início dos anos 2000, para deter a perda dos laranjais nos Estados Unidos, equipes do Departamento de Agricultura coordenadas pelo epidemiologista de plantas Timothy Gottwald verificaram que a infestação decresce das bordas para o interior das plantações de citros. Foi uma descoberta importante para o combate aos insetos transmissores.

"As árvores plantadas a até 150 metros do limite externo do pomar concentram 80% dos psilídeos", observa o engenheiro-agrônomo Renato Bassanezi, também do Fundecitrus. A constatação mostrou que seria melhor concentrar nas bordas as armadilhas contra os psilídeos e a aplicação de inseticidas. O plantio em fileiras paralelas às bordas se mostrou capaz de reduzir a incidência da doença em 20%, enquanto as perpendiculares facilitam a dispersão dos insetos transmissores, como detalhado em um artigo de maio de 2013 na revista científica *Plant Disease* que definiu as bases do controle do greening.

Também na Expocitros, o engenheiro-agrônomo Eduardo Girardi, da unidade Mandioca e Fruticultura da Empresa Brasileira de Pesquisa

A planta doente: folhas amarelas e grande queda de frutos maduros

Agropecuária (Embrapa), mostrou uma estratégia que poderia ajudar no controle do greening: o uso de variedades nanicas de porta-enxertos (sobre os quais é fixada a variedade da qual se deseja colher os frutos), que reduzem cerca de 50% o tamanho das laranjeiras.

"As variedades ananicantes, como as outras, são suscetíveis ao greening, mas reduzem a incidência por causa do tamanho menor de brotos e da maior facilidade de pulverização dos inseticidas", comentou. Em um experimento com 500 plantas de laranja valência, o flying dragon, o único porta-enxerto ananicante entre os 16 avaliados, apresentou a menor taxa de incidência, de 17%, após oito anos de plantio, enquanto em outros chegou a 48%.

Outras estratégias decepcionaram. Os feromônios, compostos químicos voláteis que se espalham no ar e facilitam a comunicação entre animais da mesma espécie, mostraram-se eficazes em laboratório para atrair os psilídeos, mas em campo não funcionaram.

Em 2019, um dos inseticidas usados contra os psilídeos, o dimetoato, foi proibido – uma exigência dos clientes europeus dos citros brasileiros, por causa dos riscos à saúde humana. Depois se descobriu que os insetos ganharam resistência a outros inseticidas, aplicados em maior quantidade e sem a rotação apropriada. Em consequência, a taxa de infestação do greening nos pomares aumentou.

Os pesquisadores encontraram uma alternativa: a pulverização com caulim, pó branco formado principalmente pelo mineral caulinita. Em experimentos em campo, com uma diluição de 2% em água, reduziu bastante a quantidade de psilídeos que pousavam nas folhas das laranjeiras, aparentemente sem causar danos às plantas. "Os produtores já estão usando caulim em pomares comerciais", conta o também engenheiro-agrônomo do Fundecitrus Marcelo Miranda.

Também se pode usar um inimigo natural dos psilídeos, a vespinha *Tamarixia radiata*, que destrói os psilídeos em crescimento. "Encontramos a vespinha em 2006 em pomares em Piracicaba e em Jaboticabal", conta Parra (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 261*). Cultivada em duas unidades de produção no interior paulista, a vespa deve ser solta em lavouras abandonadas, árvores isoladas ou pomares orgânicos, que não recebem produtos químicos. Segundo Parra, a soma de três estratégias – aplicação de inseticidas, controle biológico e erradicação de plantas doentes logo após os primeiros sintomas – pode fazer a incidência da doença cair 74%, com base em um estudo detalhado em maio de 2023 na revista científica *Entomologia Generalis*.

Na Flórida, onde a doença emergiu em 2005 e a produção de citros caiu mais de 80%, as estratégias de reforço nutricional das plantas infectadas pouco ajudaram a deter o greening. Especialistas dos Estados Unidos estão avaliando a eficácia da aplicação de antibióticos injetados no tronco das árvores para reduzir os sintomas do greening. Em áreas onde a doença está começando, tentam detectar e erradicar as plantas rapidamente. Na Califórnia, testam o uso de cães aptos a identificar o odor das plantas infectadas e ainda sem sintomas.

"Ainda estamos em uma guerra, sem fim à vista", comenta Girardi. Para ser eficaz, o controle das populações de insetos deve ser coletivo, como o dos mosquitos transmissores do vírus da dengue para as pessoas. Porém, segundo ele, "nem sempre os fazendeiros têm a mesma disposição e recursos financeiros para cuidar de seus pomares". Lucato viu essa situação em uma viagem a Minas: "Um amigo produtor contou que queria renovar o pomar, mas não adiantava, porque o vizinho não queria arrancar as plantas infestadas de greening". ■

O projeto e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

FOTOS FUNDECITRUS INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO/REVISTA PESQUISA FAPESP

CARBONO COMO ALIADO

Manter a palha sobre o campo e aprimorar os cuidados com o solo contribui para a redução de gases de efeito estufa na agricultura

Domingos Zaparolli e Yuri Vasconcelos

Remover de forma indiscriminada a palha da cana-de-açúcar do campo após a colheita pode reduzir os estoques de carbono no solo e elevar as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Já se sabia que a palha usada nas usinas para a produção de etanol celulósico (2G) e de eletricidade fornece vários serviços ecossistêmicos, como retenção de água no solo e controle de erosão. Agora, um estudo do Laboratório Nacional de Biorrenováveis do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (LNBR-CNPEM), em Campinas, mostrou que também é importante para a garantia de estoque de carbono no solo.

Enquanto cresce, a cana captura dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera e o acumula na palha, no colmo e nas raízes. Quando a cana é colhida, a palha é deixada no campo e, com o tempo, o CO_2 nela contido se transforma em carbono estabilizado no solo. A transferência de carbono da atmosfera para o solo favorece o balanço de emissões do setor.

"Foi a primeira vez que uma pesquisa incluiu os estoques de carbono do solo na contabilização das emissões de GEE do ciclo de vida da bioenergia derivada da palha", conta o engenheiro-agrônomo Ricardo Bordonal, primeiro autor de um artigo com esses resultados publicado em julho na revista *Science of the Total Environment*. "Utilizando modelos de simulação e avaliação do ciclo de vida, concluímos que, dependendo da quantidade de palha removida, os benefícios ambientais quanto ao balanço de GEE variam."

Solo coberto de palha após colheita de cana-de-açúcar em uma fazenda do município de Altair, norte do estado de São Paulo

FOTO LÉO RAMOS CHAVES / REVISTA PESQUISA FAPESP

Os pesquisadores avaliaram o impacto no balanço de carbono por meio de três cenários: remoção de 100% da palha, de 50% e de 0%. "Para a produção de bioeletricidade nas usinas, não vale a pena retirar a palha", diz Bordonal. "Como o Brasil já tem uma matriz elétrica limpa, que emite pouco carbono, é mais vantajoso deixar a palha no campo para que o carbono contido nela seja fixado no solo."

De acordo com esse estudo, apoiado pela FAPESP e pelo projeto Sugarcane Renewable Electricity (SUCRE) do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas, a remoção para a produção de etanol 2G, contudo, pode ser vantajosa. "A retirada orientada de 50% da palha do campo para a produção de etanol celulósico é eficaz na mitigação das emissões de GEE, já que a substituição de gasolina por etanol no carro leva a uma redução da emissão de CO_2 que compensa o carbono que seria acumulado no solo", comenta Bordonal. Segundo ele, quando se remove toda a palha, a perda, em termos de fixação de carbono, porém, é maior e não compensa.

"A pesquisa traz uma mensagem forte para o setor. Não há custo zero em tirar a palha para produzir etanol 2G ou bioeletricidade", diz o engenheiro-agrônomo Maurício Cherubin, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP) e vice-coordenador do Centro de Estudos de Carbono em Agricultura Tropical (CCarbon-USP), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) apoiados pela FAPESP. "Sempre que se deixa a palha no campo, é possível acumular entre 400 quilos [kg] e 500 kg de carbono por hectare por ano."

PARA REDUZIR AS EMISSÕES

Esse estudo reflete o esforço para aprimorar os cuidados com o solo e reduzir as emissões de GEE da agropecuária brasileira, responsável por 27% dos 2,3 bilhões de toneladas de gás carbônico equivalente (CO_2e) emitidos no país em 2022, correspondentes a 9,6 toneladas por hectare; gás carbônico equivalente é uma medida internacional que estabelece a equivalência entre todos os GEE (metano, óxido nitroso e outros) e o CO_2.

"Técnicas produtivas mais sustentáveis poderiam auxiliar a agropecuária brasileira a superar

a condição de emissora líquida de GEE e se tornar protagonista no esforço do país para conter as mudanças climáticas", ressalta o engenheiro-agrônomo da Esalq Carlos Eduardo Cerri, coordenador do CCarbon-USP. "São técnicas que substituem os sistemas baseados em monoculturas por modelos que promovem a biodiversidade. Melhoram a saúde do solo, reduzem as emissões de GEE e promovem o sequestro de carbono no solo." Instituído oficialmente em setembro de 2023, o centro, sediado na Esalq, em Piracicaba, reúne cerca de 40 pesquisadores e 90 bolsistas.

Para o engenheiro-agrônomo Guilhermo Congio, a criação de um centro de pesquisa em carbono voltado à agricultura tropical pode trazer benefícios ao país: "Além da redução das emissões de GEE, o CCarbon-USP poderá elucidar questões relativas à segurança alimentar, à economia de baixo carbono, ao desenvolvimento social, entre outras". Congio trabalha no Instituto de Pesquisa Nobel, nos Estados Unidos, que desenvolve técnicas para reduzir os impactos ambientais da produção de bovinos de corte. "Em um de nossos projetos, buscamos quantificar métricas de saúde do solo para ambientes de pastagens e vinculá-las a ferramentas de sensoriamento remoto, bem como determinar como as práticas dos pecuaristas impactam a saúde do solo e o sequestro de carbono em pastagens nativas e cultivadas", relata.

Sistemas produtivos inspirados em processos naturais conhecidos como soluções baseadas na natureza (SbN) geram sustentabilidade, produtividade e serviços ambientais, como o sequestro de carbono, argumentam pesquisadores agora associados ao CCarbon-USP em um estudo de março de 2023 na *Green and Low-Carbon Economy*. São exemplos de SbN a ocupação de uma mesma área para produção agrícola, criação de animais e plantio de árvores (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 314*), uso de biofertilizantes e controle biológico de pragas.

"Temos a possibilidade de substituir um ciclo produtivo de pouca atenção ao ambiente por outro, que aproveita a capacidade natural das plantas de capturar carbono da atmosfera e a do solo de armazenar esse carbono", diz Cherubin. Segundo ele, uma área agrícola com solo saudável é capaz de reter o carbono por longo tempo: "O carbono enriquece o solo com nutrientes e gera ganhos de produtividade". Por sua vez, o aumento na produção vegetal proporciona mais sequestro de CO_2, o que resulta em áreas ainda mais ricas e produtivas.

Inversamente, o solo degradado leva à baixa produtividade e capacidade de reter carbono, que em grande parte retorna à atmosfera como CO_2. Quanto mais degradado o solo, maior a dependência de fertilizantes nitrogenados para estimular o crescimento das plantas. Esses fertilizantes são compostos petroquímicos, cujo processo produtivo é realizado mediante emissões de gases poluentes. Além disso, o uso de fertilizante nitrogenado para adubar as plantas resulta na emissão de óxido nitroso (N_2O), um GEE 300 vezes mais potente do que o CO_2.

A BIODIVERSIDADE MICROBIANA

A saúde do solo depende de sua composição mineral e da biodiversidade vegetal e microbiana. Sistemas produtivos intensivos baseados em monoculturas – por exemplo, de grãos, cana-de-açúcar ou pasto para o gado – empobrecem o solo. Uma linha de pesquisa do CCarbon-USP examina como as mudanças na composição e na atividade do microbioma do solo poderiam interferir no sequestro de carbono nos sistemas agrícolas.

"Vamos utilizar as abordagens microbiológicas mais consolidadas, como sequenciamento e quantificação massiva de genes, metagenômica [estudo da comunidade de microrganismos de determinado ecossistema] e bioinformática", diz o engenheiro-agrônomo da Esalq e do CCarbon-USP Fernando Dini Andreote. Um dos objetivos é propor formas para reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados e defensivos agrícolas, gerando menor emissão de GEE.

A agricultura brasileira já adota técnicas para preservar a biodiversidade e promover a saúde do solo, como a rotação de culturas, que alterna as espécies vegetais em uma mesma área, e o plantio direto, no qual os resíduos da colheita permanecem sobre o terreno e a semeadura é feita sobre o solo não revolvido mecanicamente. Segundo Cerri, o plantio direto absorve até meia tonelada de CO_2 por hectare por ano.

Converter áreas de pastagens degradadas e agricultura convencional em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou sua versão sem o plantio de árvores (ILP) também poderia reduzir

Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta é outra estratégia para reduzir a emissão de gases de efeito estufa

1

Área com crotalária, leguminosa de rápido crescimento, usada para fixar nitrogênio no solo, em rotação com o algodão

2

a emissão de GEE. "O solo de sistemas integrados é um potencial dreno para metano [CH_4], consumindo entre 0,8 e 1 kg do gás por hectare por ano. Já a transição de monocultura de pastagens para sistemas integrados reduziu a emissão de óxido nitroso em até 1,63 kg por hectare por ano", informa o engenheiro-agrônomo Wanderlei Bieluczyk, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena) da USP e primeiro autor de um estudo da edição de junho na *Journal of Cleaner Production* que detalha esses resultados. Gás 30 vezes mais danoso que o CO_2, o metano é produzido na digestão de bovinos e liberado principalmente por meio de arrotos.

Financiada pelo Centro de Pesquisa para Inovação em Gases de Efeito Estufa (RCGI), apoiado pela FAPESP, a pesquisa revelou que a conversão de pastagem degradada em sistemas integrados tem o potencial de reduzir a intensidade de metano entérico gerado pelo gado com eliminação de até 122 gramas do gás por quilo de ganho de peso diário médio. "Basicamente se produz a mesma quantidade de carne com uma queda de cerca de 25% da emissão de metano entérico", calcula Bieluczyk. O Brasil detém o maior rebanho bovino comercial do mundo, com aproximadamente 220 milhões de animais.

Para Congio, é importante que as estimativas do balanço de carbono da agropecuária no Brasil adotem uma padronização nas unidades de fluxos dos GEE – recomendação feita no artigo científico de Bieluczyk. "Muitos estudos usam fatores de conversão dos GEE recomendados pelo IPCC [Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas], que são geralmente baseados em trabalhos desenvolvidos em condições de clima temperado e sistemas de produção distintos dos tropicais."

Um dos propósitos do CCarbon-USP é identificar combinações de plantas e formas de ocupação do solo mais adequadas para compor um sistema de produção que proporcione maior retenção de carbono, torne o solo mais saudável e aumente a produtividade agrícola. Os pesquisadores miram as plantas de cobertura, como braquiárias, crotalárias, milheto e sorgo, usadas entre o plantio das culturas principais.

"Depois da colheita da soja, por exemplo, o agricultor deve utilizar uma dessas plantas para, literalmente, cobrir o solo", explica Cherubin. "Elas têm um papel crucial, pois ajudam a ciclar nutrientes, fixar nitrogênio atmosférico, sequestrar carbono, controlar nematoides e proteger o solo contra o impacto das gotas da chuva e da erosão." Segundo ele, na última safra, por causa das altas temperaturas, algumas lavouras de Mato Grosso precisaram fazer três replantios por não ter o solo coberto com a palhada.

Em julho, o grupo de pesquisa em manejo e saúde do solo da Esalq, associado ao CCarbon-USP, publicou o e-book *Guia prático de plantas de cobertura: Espécies, manejo e impacto na saúde do solo*, com o propósito de auxiliar os agricultores a planejar melhor a janela de cultivo. "Imprimimos 3 mil cópias e entregamos a produtores rurais em um evento na Bahia", relata Cherubin. Segundo ele, a agropecuária é bastante vulnerável às mudanças climáticas. "Hoje, é parte do problema, emitindo GEE. Pretendemos mostrar ao produtor que, adotando práticas de manejo sustentáveis, ele pode ser parte da solução, sequestrando carbono e revertendo esse carbono em ganho de produtividade. O maior beneficiário será o próprio produtor rural." ■

Os projetos, os artigos científicos e o livro consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

FOTOS 1 GISELE ROSSO / EMBRAPA 2 VALDINEI SOFFIATI / EMBRAPA

NOVAS FORMAS DE FAZER CARNES

Avançam pesquisas brasileiras com foco na produção de proteína animal a partir de células cultivadas em laboratório

Suzel Tunes

Uma equipe da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) criou com resíduos vegetais uma possível alternativa ao soro fetal bovino, ingrediente de alto custo usado na produção de carne a partir de células animais cultivadas. Paralelamente, pesquisadores do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG) e da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) encontraram uma forma de obter carne estruturada, semelhante a um bife, usando polímeros degradáveis de origem vegetal em vez de colágeno, proteína de origem animal tradicionalmente usada com essa finalidade.

À medida que avançarem, esses trabalhos poderão contribuir para ampliar a produção e reduzir o custo da carne feita a partir de células animais. Essa inovação se anuncia como alternativa mais saudável, pela possibilidade de apresentar menos gordura com o mesmo teor proteico, e mais sustentável, por exigir menos recursos ambientais, comparada à tradicional proteína animal resultante da criação de animais em pasto. As perspectivas são animadoras, ainda que grupos de pesquisa em universidades e de empresas reconheçam que vários desafios precisam ser superados para as novidades chegarem aos restaurantes e refrigeradores dos supermercados.

Em março, entrou em vigor a Resolução nº 839 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que regulamenta o registro de alimentos e ingredientes inovadores. "O marco regulatório coloca o Brasil em uma posição de destaque no mundo. Além disso, facilita os investimentos em inovações alimentares sustentáveis", avalia Raquel Casselli, diretora de engajamento corporativo da unidade brasileira do The Good Food Institute (GFI), organização filantrópica que apoia alternativas a proteínas animais. Por enquanto, apenas três países – Singapura, Estados Unidos e Israel – aprovaram a regulamentação para a produção e a venda de carne cultivada.

Desde 2013, quando o fisiologista holandês Mark Post, da Universidade de Maastricht, na Holanda, apresentou o protótipo do primeiro hambúrguer *in vitro*, os investimentos nessa área chegaram a U$ 3,1 bilhões, segundo a GFI. Os Estados Unidos lideram, com 45 das 174 empresas especializadas no cultivo de células para a produção de carne ou de insumos. O Brasil entrou nesse levantamento com três startups, duas companhias transnacionais, os grupos JBS e BRF, e 21 equipes de pesquisa. Nenhum país alcançou até hoje a produção em larga escala.

"O nível de prontidão tecnológica da carne celular ainda é baixo", observa a veterinária da Universidade Federal do Paraná (UFPR) Carla Molento, coordenadora do programa Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Proteínas Alternativas (Napi PA), apoiado pela Fundação Araucária, agência paranaense de fomento à pesquisa. Prontidão tecnológica é um método que avalia o grau de maturidade de uma tecnologia ao longo de seu desenvolvimento, produção e comercialização. "Ainda está mais na fase de pesquisa do que de produção."

ALTERNATIVAS AO SORO FETAL

Atenta aos problemas e perspectivas dessa área, a engenheira de alimentos Rosana Goldbeck, da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Unicamp, começou a buscar em 2021 alternativas ao soro fetal bovino. Bastante usada nos campos de engenharia de tecidos e medicina regenerativa, a substância é extraída do sangue de fetos de vacas prenhas enviadas para abate. É um insumo eficiente para a multiplicação das células, mas caro para a produção em escala industrial. "O soro onera o processo de produção, do ponto de vista econômico e ético, já que é obtido de uma forma que causa sofrimento ao animal", diz Goldbeck.

No doutorado, a engenheira química Bárbara Flaibam, orientanda de Goldbeck, encontrou um substituto: resíduos vegetais, como farelos de soja, de amendoim e de girassol, levedo de cerveja e subprodutos da produção do etanol do

FOTO LÉO RAMOS CHAVES / REVISTA PESQUISA FAPESP

Resíduos vegetais usados como opção ao soro fetal (*sentido horário, da esq. para a dir.*): farelos de soja, de amendoim, milho, girassol, bagaço de cana e amêndoa de babaçu

milho. “Esses materiais, denominados hidrolisados proteicos porque passaram por um processo de quebra de proteínas chamado hidrólise, são boas fontes de aminoácidos e peptídeos para as células animais e poderiam substituir a porção proteica do soro fetal bovino”, afirma Flaibam.

De acordo com os experimentos, detalhados em artigo publicado em maio na revista *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, os hidrolisados proteicos foram bastante efetivos como substitutos parciais do soro bovino. Entretanto, o soro é uma mistura com outros componentes, como fatores de crescimento e hormônios, essenciais para a proliferação celular. “Os hidrolisados poderiam ser utilizados para substituição integral do soro desde que o meio seja suplementado com os outros componentes essenciais disponíveis comercialmente”, explica Flaibam.

Ainda assim, ela defende que a substituição seria positiva do ponto de vista financeiro, pois a disparidade de custo entre o soro fetal e as alternativas vegetais é gigante. Enquanto o preço do soro fetal varia de US$ 70 a US$ 170 por grama (g), na pesquisa de Flaibam – portanto, ainda em escala de laboratório –, o extrato proteico de farelo de soja custou US$ 1,1/g e o hidrolisado do farelo de soja US$ 0,17/g. Segundo Goldbeck, o soro fetal bovino corresponde a 95% do custo de produção da carne cultivada.

Algumas empresas do setor, como a holandesa Mosa Meat, a israelense Aleph Farms e a norte-americana Upside Foods, anunciam em seus sites que já produzem alimentos sem soro fetal bovino, mas não divulgam as substâncias empregadas.

Em Minas Gerais, uma equipe do Cefet encarou outro desafio: desenvolver uma carne de laboratório parecida com um bife, com uma forma tridimensional mais complexa do que a massa proteica usada na produção de um nugget ou de um hambúrguer. A estratégia mais usada com essa finalidade são as estruturas denominadas *scaffolds* – espécie de matriz artificial com arranjo tridimensional –, feitas geralmente de colágeno.

A equipe coordenada pela física Aline Bruna da Silva e pela química Roberta Viana fez uma alternativa à base de polímeros biodegradáveis contendo extrato de sementes extraídas do urucum (*Bixa orellana*), que tem propriedades regenerativas e antibacterianas. O trabalho resultou na criação de uma spin-off acadêmica, a Biomimetic Solutions, que pretendia produzir e vender esse tipo de material. Diversos tipos de materiais poliméricos foram testados, como as nanofibras de acetato de celulose, descritas em um artigo de janeiro de 2024 na *Frontiers in Nutrition*.

A empresa não vingou, mas duas fundadoras, Silva e a engenheira de materiais Lorena Viana Souza, criaram outra startup, a Moondo, em 2022, para produzir carne de peixe. “A carne branca, por não ter muita gordura intramuscular, apresenta um grau menor de complexidade que a vermelha”, diz Silva. Em 2023, como pesquisadora do Cefet, ela participou da produção de um dos primeiros protótipos de carne estruturada do Brasil, um pequeno pedaço de filé de frango, em conjunto com pesquisadores da UFMG. Segundo Souza, diretora de operações da Moondo, elas trabalham na captação de recursos e procuram

Filé de frango com células cultivadas da Upside Foods

1

AINDA LONGE DO BRASIL

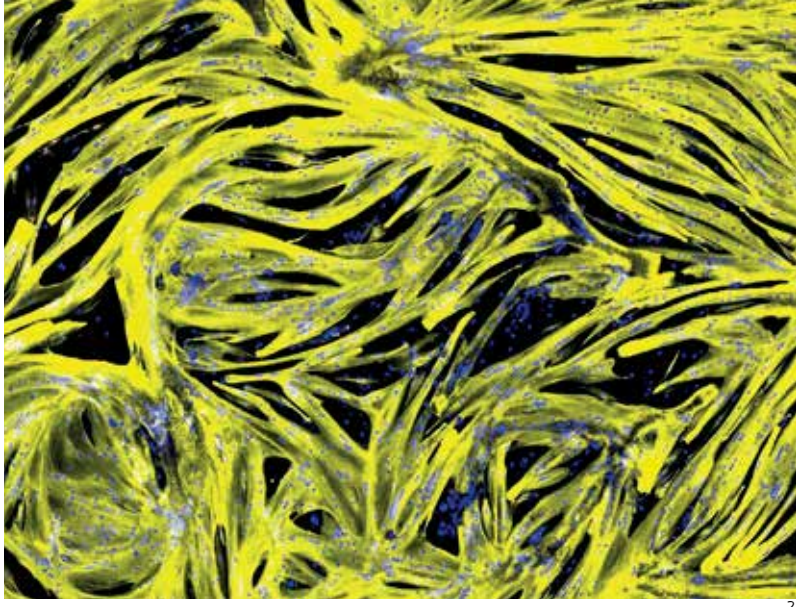
Carne cultivada ainda não é vendida no país, mas pode ser encontrada em lojas e restaurantes de Singapura e dos Estados Unidos

Por enquanto, um brasileiro que queira saborear um prato de carne cultivada em um restaurante terá de viajar quase 17 mil quilômetros. Estão em Singapura os dois únicos restaurantes que já incluíram no cardápio o Forged Parfait, produto da startup australiana Vow, voltada ao mercado de luxo. A partir do cultivo de células de codorna japonesa, a Vow produziu um patê com a aparência de um *foie gras* (patê de fígado de ganso ou pato), servido como ingrediente ou complemento de pratos sofisticados.

Outra possibilidade, também em Singapura, é comprar um frango cultivado da marca Good Meat na seção de congelados do Huber's Butchery. Produzido pela empresa californiana Eat Just, o alimento é um híbrido feito a partir de 3% de carne cultivada e 97% de carne à base de plantas. Lançado no mercado em maio deste ano, vem em pacote de 120 gramas e custa o equivale a R$ 28.

Singapura foi o primeiro país a aprovar a comercialização de carne cultivada, em dezembro de 2020. Os Estados Unidos vieram em seguida, em junho de 2023, concedendo aprovação para a venda do frango das empresas Upside Foods e Eat Just. Esses produtos chegaram a ser ofertados em um restaurante de Singapura e em dois dos Estados Unidos, mas por pouco tempo. Em fevereiro de 2024, os fabricantes anunciaram a interrupção da parceria com os restaurantes, a fim de concentrar esforços na produção em escala e na redução de custos.

Em janeiro deste ano, Israel concedeu autorização à empresa Aleph Farms para a comercialização de seu Petit Steak e poderá ser o primeiro país a vender carne cultivada bovina. Em seu site, a empresa anuncia que o produto estará no mercado “em breve”.



2

3

Multiplicação de células musculares (*núcleos em azul*) em meio de cultura proteico (*amarelo*) da Mosa Meat; e gordura cultivada suína da cellva (*à dir.*)

uma incubadora para abrigar o laboratório da empresa. Enquanto isso, as pesquisas da startup são feitas em parceria com a UFMG e com o Cefet.

Outras empresas estão mais avançadas, como a cellva, que pretende iniciar a produção em escala industrial de gordura suína cultivada em laboratório daqui a dois anos. "Desde o início do ano passado, aumentamos em 10 vezes a capacidade produtiva, e até o final do ano chegaremos à produção de 1 quilo [kg] de gordura cultivada por mês", informa Bibiana Matte, cofundadora e diretora científica da cellva.

Doutora em odontologia que se voltou para a biotecnologia, Matte havia fundado em 2019 a startup Núcleo Vitro, na capital gaúcha, com foco na criação de modelos de pele para testes de medicamentos e cosméticos (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 335*). Decidida a entrar no campo da carne cultivada, em 2021 criou outra startup, a Ambi Real Food, acumulando as funções de diretora científica das duas empresas. Com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs) e a colaboração de pesquisadores das universidades Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), a startup produziu um hambúrguer a partir de células bovinas cultivadas, um dos primeiros do país.

Em 2022, a Ambi Real Food fundiu-se com a cellva e trocou o hambúrguer pela gordura suína. "Hoje somos 10 pessoas na empresa, com diferentes formações, como biologia, veterinária, farmácia, engenharia de alimentos e odontologia", diz Matte. A cellva também aposta na produção de microcarreadores vegetais (pequenas estruturas nas quais as células se fixam quando colocadas dentro do biorreator na etapa de expansão celular) e microesferas (que permitem o encapsulamento de substâncias para agregar sabor e nutrientes ao produto). "Nossa meta é fornecer insumos e ingredientes para outras empresas", comenta.

Em 2021, durante um projeto para desenvolvimento de um filé de frango sustentável, sintetizado em laboratório e apoiado pelo GFI, a engenheira de alimentos Vivian Feddern, então líder da iniciativa, e a veterinária Ana Paula Bastos, ambas da unidade Suínos e Aves da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em Concórdia, Santa Catarina, perceberam a necessidade de um banco de células para o mercado de carne cultivada.

A ideia se fortaleceu durante a I Jornada de Carne Cultivada promovida pela Embrapa em Santa Catarina, em agosto de 2022. "Alguns participantes relataram a dificuldade na obtenção de células e outros disseram que seria interessante ter um biobanco para acelerar o processo, tanto para quem está fazendo pesquisa quanto para startups", diz Feddern, primeira autora de um relatório publicado em dezembro de 2022 com uma análise desse mercado no Brasil e no mundo. O banco de células, estima Bastos, poderá estar pronto em cinco anos: "Já temos bastante célula de frango e estamos começando com suínos e bovinos".

Como presidente da Associação Brasileira de Agricultura Celular (Abac) e responsável pela primeira disciplina sobre agricultura celular na pós-graduação da UFPR, Carla Molento reforça: "A hora de compartilhar informação é agora. Sem essa movimentação, podemos perder uma oportunidade única de entrarmos em uma área nova da biotecnologia". De acordo com uma estimativa da empresa da consultoria norte-americana AT Kearney, em 2040, o mundo consumirá 35% de carne celular, 25% de carne produzida à base de plantas e 40% de carne convencional. ■

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

FOTOS 1 UPSIDE FOODS 2 MOSA MEAT 3 NATÁLIA ALVES/CELLVA

TERRITÓRIOS EM DISPUTA

Extração de minerais necessários para a transição energética agrava a ocorrência de conflitos por posse de terra e acesso à água no Brasil

Christina Queiroz

A corrida pela exploração dos chamados minerais críticos à transição energética acentua os conflitos socioambientais existentes no setor mineral brasileiro. Esses elementos naturais são necessários para o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono e a produção de componentes utilizados na fabricação de baterias, veículos elétricos, painéis solares, turbinas eólicas, entre outros itens. Além disso, eles também são aplicados majoritariamente em atividades não relacionadas com a transição energética. No total, 101 mil pessoas em 15 estados foram impactadas pela extração de minerais da transição, que desencadeou 380 confrontos no país entre 2020 e 2023. A Amazônia Legal, composta por nove estados brasileiros, foi a região com mais disputas, concentrando 46,3% das ocorrências. Na avaliação individual por unidade da federação, Pará e Minas Gerais agruparam 66,7% dos embates. Os dados foram mapeados em estudo publicado em agosto pelo Observatório dos Conflitos da Mineração no Brasil, iniciativa

Bento Rodrigues, na região de Mariana (MG), em 2016: subdistrito foi o mais afetado pelo rompimento da barragem da Samarco

FOTO GUSTAVO BASSO / NURPHOTO VIA GETTY IMAGES

composta por pesquisadores de instituições de todo o país, movimentos sociais e organizações não governamentais (ONG).

Outro levantamento elaborado pelo mesmo observatório em 2023 indica que, desde 2020, as atividades de extração legal e ilegal de todo o setor mineral têm ocasionado de 850 a 950 conflitos e afetado cerca de 1 milhão de pessoas por ano. O documento também mostra que Minas Gerais (37,5%), Pará (12%) e Alagoas (10,1%) concentraram em 2022 a maior parcela de pessoas atingidas por esses embates.

Um dos autores das pesquisas, o geógrafo Luiz Jardim Wanderley, da Universidade Federal Fluminense (UFF), esclarece que são considerados conflitos as reações dos atingidos pelos impactos socioambientais e pelas situações de violência, que incluem trabalho em condições análogas à escravidão, estupros, acidentes, ameaças, tentativas de assassinato e mortes. "Durante a pandemia, o setor mineral registrou inúmeras violações trabalhistas por não ter adotado políticas eficientes para preservar a saúde de funcionários", comenta. O "Relatório anual do Conselho Internacional de Mineração e Metais" indica que, no Brasil, 43 funcionários de empresas associadas à entidade morreram em razão de acidentes de trabalho, em 2021. Em 2019 e 2020, os números foram 287 e 44, respectivamente.

Wanderley explica que, para entrar nos mapeamentos, o conflito precisa ter suscitado reações na população, entre elas processos judiciais, manifestações, cartas de repúdio ou denúncias em jornais. "Quando o embate não causa essa resposta, não entra em nossa contagem", informa. Para fazer os levantamentos, os estudos analisaram dados da Comissão Pastoral da Terra (CPT), que desde 1985 registra conflitos agrários, e do Conselho Indigenista Missionário (Cimi), ambos órgãos da Igreja Católica. Também se valeram de dados sobre esse tipo de ocorrência registrados em documentos de ONGs, denúncias de movimentos sociais, notícias veiculadas pela imprensa, entre outros meios.

No estudo sobre minerais necessários à transição energética, foram abarcados conflitos envolvendo 31 elementos, entre eles alumínio, bário, boro, cádmio, cobalto, cobre, lítio, manganês, nióbio e níquel. De acordo com informações da Agência Nacional de Mineração (ANM), de 2013 a 2022, o valor da extração desses minerais passou de R$ 27,7 bilhões para R$ 38,6 bilhões, resultando em um crescimento real (descontada a inflação) de 39%. No mesmo período, os números correspondentes para o setor mineral como um todo subiram de R$ 243 bilhões para R$ 266 bilhões em valores deflacionados, o que representa um crescimento de 9,3%.

Os conflitos identificados nesse levantamento podem se sobrepor. O tipo mais prevalente abarca disputas pelo uso da terra, que abrangeram 59,2% das ocorrências, seguidos de embates relativos a acesso à água (39,4%), problemas de saúde (16,4%) e questões trabalhistas (12,4%), explica Wanderley. O cobre e a bauxita foram os minerais utilizados na produção de componentes necessários à transição energética que provocaram mais danos, com 25,3% das ocorrências cada um. Ao mesmo tempo, esses elementos apresentaram uma valorização de mercado entre 2020 e 2023. "Os dados sugerem que há uma correlação entre a intensidade da extração do mineral, seu valor de venda e a incidência de conflitos", diz.

Barcarena (PA), Canaã dos Carajás (PA) e Craíbas (AL) ocupam os três primeiros lugares da lista de cidades com maior número de disputas envolvendo a mineração associada a elementos importantes para equipamentos da transição energética. "Como tendência geral, municípios com atividades de mineração apresentam crescimento em suas rendas *per capita* e receitas. Porém esses aumentos não são acompanhados por avanços no desenvolvimento social e na redução de desigualdades", analisa o geógrafo João Marcio Palheta, da Universidade Federal do Pará (UFPA), que não participou do estudo.

Em Barcarena, predomina a extração e o processamento de bauxita, utilizada para a obtenção de alumínio. Em 2018, a população local denunciou o vazamento de rejeitos de uma barragem, que contaminou rios e igarapés. Já em Canaã dos Carajás, a principal atividade de mineração é a extração de minério de ferro e cobre, que tem causado o deslocamento de comunidades locais. "A situação gera conflitos relacionados à perda da terra e impacta os modos de vida de comunidades, sobretudo indígenas e ribeirinhas", diz Palheta. A cidade é também palco de embates trabalhistas associados às mineradoras. Na região está o maior projeto de extração de minério de ferro da história da Vale, com capacidade de produção de 120 milhões de toneladas anuais.

Palheta desenvolve estudo em quatro cidades paraenses que abrigam projetos de mineração: além de Canaã dos Carajás e Barcarena, Parauapebas e Paragominas. De acordo com ele, os municípios com maior Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* do Brasil, frequentemente, abarcam localidades com grandes empreendimentos industriais ou extrativos, como é o caso de Parauapebas. "No entanto, a exemplo do que ocorre com outras cidades com essas características, Parauapebas é marcada por situações de pobreza, o que inclui falta de saneamento básico", relata.

Segundo ele, isso ocorre em razão da falta de transparência sobre o uso dos recursos provenientes da Compensação Financeira pela Exploração

de Recursos Minerais (CFEM), receita patrimonial cobrada sobre os ganhos obtidos com a atividade. "Os recursos obtidos com a CFEM só podem ser investidos nas áreas da saúde e de educação, mas faltam mecanismos de controle para identificar onde de fato o dinheiro é gasto", afirma o geógrafo. De acordo com os relatórios produzidos pelo Observatório dos Conflitos da Mineração no Brasil, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) está abaixo da média nacional em 27 dos 50 municípios mais minerados do Brasil. Em relação ao Índice de Gini, que mede desigualdades, 34 dessas 50 cidades têm indicadores piores do que o 14º país mais desigual do mundo, a República do Congo.

Segundo a organização, os grupos mais afetados pela exploração de minerais associados à transição energética são pequenos proprietários rurais (envolvidos em 23,9% das ocorrências), trabalhadores das empresas de mineração (12,1%) e indígenas (9,8%). Do outro lado, mineradoras internacionais (46,3%) e nacionais de médio porte (33,6%) foram as principais organizações implicadas nos embates. "A valorização de minerais para a transição energética tende a atrair cada vez mais mineradoras menores para localidades que foram historicamente pouco exploradas pela mineração, complicando ainda mais esse cenário", estima Wanderley, da UFF.

A observação é corroborada pela economista Beatriz Macchione Saes, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Com pesquisas sobre a relação entre desenvolvimento econômico, mineração e os conflitos deflagrados pela atividade, ela traz como exemplo a situação do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais. Desde 1991, a região conta com projetos de exploração de lítio, metal utilizado em equipamentos como baterias de carros elétricos, mas há cada vez mais mineradoras interessadas em atuar com a atividade. "No momento, quatro companhias tentam aprovar iniciativas para explorar lítio na região e a eventual chegada delas pode acirrar os conflitos com as comunidades locais", avalia.

Habitantes da cidade de Barcarena (PA) protestam em 2018 contra o descarte de rejeitos feito por uma refinaria de alumínio em rio da região

1

Estudioso das corporações do setor mineral, o engenheiro de produção Bruno Milanez, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), explica que, após a década de 1990, essas empresas passaram a adotar práticas para mitigar impactos socioambientais. De acordo com o pesquisador, até 1989, por exemplo, as mineradoras que atuavam em Oriximiná, no Pará, jogavam os rejeitos diretamente nos rios, em um procedimento que, naquela época, era aceito pelo Estado brasileiro. "Até hoje, essas empresas tentam reparar os danos resultantes da atividade", diz. Nos anos 2000, as corporações criaram barragens para conter os rejeitos e, atualmente, é possível empilhar os resíduos a seco, utilizando sistemas de filtragem. "Porém, mesmo com a redução dos impactos, não há como escapar de efeitos socioambientais negativos", afirma. Milanez conta que algumas mineradoras reconhecem o problema e, inclusive, abandonaram o uso do termo "mineração sustentável". "Atualmente, o conceito mais utilizado pelo setor é o de 'mineração responsável'. Por meio dele, as companhias reconhecem que os impactos negativos são inerentes à sua atividade, mas sustentam que é possível adotar estratégias de redução de danos", relata o pesquisador.

Em declaração enviada por e-mail, o Grupo Hydro, multinacional produtora de alumínio, destaca que as atividades de empresas que recebem seus investimentos no país são monitoradas e auditadas, com o compromisso "de serem boas vizinhanças às comunidades". Uma delas é a Mineração Paragominas, no Pará, que adotou uma técnica capaz de devolver os rejeitos inertes da mineração de bauxita às áreas já exploradas. Essa metodologia, afirma a empresa, permite reconstruir a topografia original do terreno e reduzir o risco de erosão, minimizando os impactos ambientais. Por sua vez, a Anglo American, multinacional focada na exploração de minerais como diamante, mercúrio, cobre e níquel, informa, por e-mail, que em 2019 criou um plano para melhorar os sistemas de educação e saúde das comunidades que recebem suas operações no país.

Para Saes, da Unifesp, o momento conhecido como o *boom* das *comodities*, entre 2000 e 2014, foi marcado por um acirramento na incidência de

2

Mina de cobre em Canaã dos Carajás (PA), uma das cidades com o maior número de conflitos associados a minerais da transição energética

FOTOS 1 ALESSANDRO FALCO/BLOOMBERG VIA GETTY IMAGES 2 NELSON ALMEIDA/AFP VIA GETTY IMAGES

conflitos do tipo no país. Naquele período, o Brasil registrou um aumento acentuado na demanda por bens primários e matérias-primas, incluindo minerais. "O minério de ferro foi um dos itens mais demandados pelo mercado internacional, com as exportações passando de 100 milhões de toneladas, em 2000, para 300 milhões de toneladas, em 2015", comenta. Segundo a economista, os conflitos cresceram de forma proporcional à ampliação das atividades mineradoras.

Nas primeiras décadas do século XXI, o país registrou dois de seus maiores desastres ambientais causados pela extração de minério de ferro. Em 2015, o rompimento da barragem da empresa Samarco (controlada pela Vale e pela mineradora anglo-australiana BHP Billiton) na região de Mariana (MG) matou 19 pessoas e liberou por volta de 39 milhões de metros cúbicos de lama tóxica, que atingiu o leito do rio Doce e diversas comunidades em Minas Gerais e no Espírito Santo ao longo de mais de 600 quilômetros (km). Segundo o *Atlas do problema mineral brasileiro*, publicado em 2023, o grupo constituído pela Samarco, Vale e BHP Billiton foi o que causou a maior quantidade de conflitos no campo entre 2004 e 2020, com um total de 462 ocorrências nesse período.

Já em 2019, o colapso de uma barragem da Vale em Brumadinho (MG) matou cerca de 270 pessoas e contaminou a bacia do rio Paraopeba, que se estende por 510 km. Em comunicado enviado por e-mail, a Vale esclareceu que estão previstos R$ 37,7 bilhões para reparação dos danos do desastre – 70% desse total já foi aplicado. A companhia afirma que, desde o começo de 2023, tem criado mecanismos para escutar as demandas das populações atingidas.

Em Mariana, o processo de reparação estabelecido pela Samarco destinou R$ 37 bilhões para ações de reparação e compensação de danos decorrentes do rompimento da barragem. Do total, R$ 17,48 bilhões foram em indenizações e auxílio financeiro emergencial. A empresa informa, em comunicado enviado por e-mail, que 85% dos casos de reassentamento das comunidades impactadas foram concluídos. Apesar dos acordos, as vítimas seguem buscando reparação na Justiça inglesa, na medida em que uma das controladoras da Samarco, a BHP, tem procedência anglo-australiana. Em 2023, um escritório de advocacia em Londres entrou com um pedido de indenização de R$ 230 bilhões para 700 mil vítimas do desastre.

Com pesquisas sobre o desenvolvimento desse processo de reparação, a socióloga Raquel Oliveira, do Grupo de Estudos em Temáticas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG),

afirma que ele tem gerado tensões internas entre as comunidades afetadas. Oliveira explica que antes do desastre muitas famílias compartilhavam os terrenos entre os seus parentes. Assim, avós, pais e filhos, por exemplo, construíam suas casas no mesmo sítio, mantido como terra de herdeiros. "No entanto, as medidas de reparação dificilmente contemplam a complexidade e a dinâmica desses arranjos, levando à revisão de acordos domésticos e trazendo dificuldades para o reconhecimento de novos núcleos familiares", acrescenta.

Outro problema, segundo a antropóloga Gabriela de Paula Marcurio, que faz doutorado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) com bolsa da FAPESP, é que as mineradoras implicadas nos desastres desconsideram perdas relevantes para as comunidades atingidas ao inventariar os danos causados por suas atividades. Entre elas, estão as alterações na forma de viver e o tempo gasto para gerenciar problemas ocasionados pelo rompimento da barragem, como a participação em reuniões. No doutorado, Marcurio pesquisa a chegada de empresas para a exploração de minério de ferro, cobre e fosfato na região de Juazeiro, no sertão baiano, área de expansão da fronteira mineral. De acordo com ela, mesmo antes da instalação formal de uma mineradora no território, a população já começa a sentir seus impactos. "Pequenos agricultores têm reclamado da presença de drones e de pessoas que não fazem parte da comunidade circulando por suas propriedades sem consultá-los", exemplifica.

Milanez, da UFJF, destaca que o subsolo do país é um bem da União e, por causa disso, as pessoas podem ser desapropriadas de suas casas para viabilizar projetos do setor. Além disso, de acordo com a ANM, quem consegue autorização para instalar uma mina em determinado lugar, conquista exclusividade para explorar o território em questão. "Esses aspectos fazem com que os conflitos, em muitas situações, ocorram em um contexto caracterizado pela desigualdade de poder", comenta o engenheiro.

Com a meta de articular e disseminar estratégias para restringir ou proibir a mineração em determinadas áreas, um grupo de pesquisadores, movimentos sociais, comunidades locais e organizações não governamentais criou a plataforma Territórios Livres de Mineração (TLM), em 2022. O repositório traz informações sobre medidas elaboradas a partir de legislações municipais, plebiscitos e consultas populares que conseguiram frear projetos indesejados em áreas vulneráveis.

Foi o que aconteceu em Muriaé (MG), onde os moradores da cidade impediram a instalação de um projeto de exploração de bauxita no distrito de Belisário, no entorno do Parque Estadual Serra do Brigadeiro. "A pressão popular motivou os vereadores a aprovarem o Projeto de Lei nº 192, que classificou aquela região como patrimônio hídrico, impedindo atividades de mineração no local", finaliza Milanez. ■

O projeto, os artigos científicos, os relatórios e o livro consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

Foto de 2019 mostra destruição causada pelo colapso da barragem da Vale em Brumadinho (MG)

FOTO VICTOR MORIYAMA / BLOOMBERG VIA GETTY IMAGES

Operação do Ibama em região da Amazônia Legal, onde a taxa de mortes violentas intencionais é mais alta do que a média nacional

O FENÔMENO DO NARCOGARIMPO

Associação entre extração de ouro e atuação de facções criminosas agrava violência na Amazônia Legal

Christina Queiroz

A rede de garimpos legalizados e clandestinos da Amazônia Legal tornou-se central à expansão do narcotráfico na região. A área abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, além de parte do Maranhão.

Pesquisa publicada no começo de 2024 pelo Fórum Brasileiro de Segurança Pública (FBSP) mostra que facções criminosas, como o Primeiro Comando da Capital (PCC) e o Comando Vermelho (CV), passaram a utilizar a estrutura logística estabelecida para a extração de ouro em Roraima e no Pará para desenvolver atividades como a venda de drogas.

O estudo envolveu a realização de pesquisas de campo nos municípios de Itaituba, Jacareacanga e Santarém, no Pará, na cidade de Boa Vista e na Terra Indígena Raposa Serra do Sol (Tirss), ambas em Roraima. Durante o trabalho, foram entrevistados dezenas de profissionais de segurança pública e agentes de fiscalização ambiental. Também ocorreram observações etnográficas e conversas informais com garimpeiros e moradores das localidades.

A pesquisa identificou que membros de organizações criminosas vendem drogas para consumo da população local e atuam como segurança armada de garimpeiros. "Aeronaves, pilotos e pistas ilegais de pouso criadas para atender as atividades de garimpo estão sendo aproveitados para o narcotráfico. Essa conexão deu origem a um fenômeno recente, conhecido como narcogarimpo", relata o sociólogo Rodrigo Pereira Chagas, da Universidade Federal de Roraima (UFRR). "O garimpo se intensificou nos últimos cinco anos na região. E a articulação entre essa atividade e o narcotráfico tem causado o acirramento de situações de violência e ameaças ambientais", prossegue Chagas, que é um dos autores do estudo.

Segundo o pesquisador, em 2022, a taxa de mortes violentas intencionais (MVI) por 100 mil habitantes no Brasil foi de 23,3 vítimas, enquanto na Amazônia Legal esse número chegou a 33,8.

De acordo com o levantamento do FBSP, o garimpo em Roraima se concentra em terras indígenas, onde a mineração é proibida, enquanto no Pará, a extração ocorre de forma legal, mas apenas em algumas áreas. A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) é a receita patrimonial cobrada sobre os ganhos gerados com a exploração de minerais.

Em 2022, o Pará foi o estado que mais recolheu recursos da CFEM, em toda Amazônia Legal, totalizando quase R$ 3 bilhões, conforme a Agência Nacional de Mineração (ANM). Boa parte desse recolhimento se deve às atividades legais de mineração de ferro realizadas no estado. Já em Roraima não houve recolhimento da CFEM naquele ano. "Segundo autoridades e atores locais, como profissionais de segurança pública e agentes de fiscalização ambiental, o grande volume de arrecadação de CFEM no Pará também pode sugerir que o estado se tornou um lugar onde garimpeiros conseguem regularizar parte do ouro extraído ilegalmente de outros territórios", propõe.

Ainda em relação aos garimpos, a geóloga Maria José Maluf de Mesquita, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), considera que há alternativas para o desenvolvimento desse tipo de atividade por meio de práticas menos predatórias. Mesquita é coordenadora do projeto "CRAFTing responsible tin: A path to ethical and sustainable mining practices in the brazilian Amazon", elaborado em parceria com entidades como a Cooperativa dos Garimpeiros de Santa Cruz e a Cooperativa Metalúrgica de Rondônia. Ela estuda o trabalho de cooperativas de garimpeiros há mais de uma década. Segundo a pesquisadora, essas organizações vêm colaborando com o desenvolvimento de práticas de extração de minerais menos nocivas ao meio ambiente. "Para fazer parte das cooperativas, por exemplo, os garimpeiros são proibidos de jogar mercúrio nos rios", conclui. ■

O artigo científico consultado para esta reportagem está listado na versão on-line.

FOTO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA)

BATALHA SEM FIM

Novas perspectivas buscam ampliar o entendimento sobre a Guerra do Paraguai, iniciada há 160 anos

Ricardo Balthazar

O professor Raimundo Pereira de Carvalho (?-1885) se alistou para lutar na Guerra do Paraguai no fim de 1865, um ano depois do início do conflito que mobilizou brasileiros, argentinos e uruguaios contra o país vizinho. Morava na vila de Barras, no interior do Piauí, e marchou como tenente de uma companhia de voluntários despachada pela província para a linha de frente. Ele voltou para o Piauí antes do fim da guerra, que se prolongou muito mais do que se previra.

Não havia glória à sua espera. Carvalho trabalhou por um tempo no recrutamento de soldados na fase final do conflito, mas foi afastado em 1868, após uma rebelião de moradores da vila de Picos, que se recusavam a lutar pelo Império brasileiro (1822-1889). Integrado à força policial da província, desentendeu-se com um delegado e foi demitido. Voltou a dar aulas em uma escola e logo perdeu o emprego. O veterano chegou a ser preso três vezes, numa delas acusado de disparar contra desordeiros que o importunaram em sua casa.

Reconstituída pelo historiador Elton Larry Valerio em tese de doutorado defendida na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2022, a trajetória de Carvalho não era incomum entre os participantes da Guerra do Paraguai que voltaram vivos dos campos de batalha. Nos últimos

Tropa brasileira na batalha de Curupaiti, durante a Guerra do Paraguai, em tela de 1897 do argentino Cándido López

IMAGEM ACERVO DO MUSEU NACIONAL DE BELAS-ARTES, ARGENTINA

anos, personagens como ele têm recebido cada vez mais atenção de pesquisadores dedicados ao conflito. "A historiografia do período fala muito de grandes heróis e pouco dos que nunca tiveram reconhecimento", afirma Valerio, professor do Instituto Federal do Piauí (IFPI).

A Guerra do Paraguai começou em dezembro de 1864, há quase 160 anos, e só terminou em março de 1870, mais de cinco anos depois. Foi o maior conflito bélico da história da América Latina, pela duração prolongada e pela carnificina. Estimativas conservadoras apontam mais de 100 mil mortos, somando as perdas sofridas pelos quatro países envolvidos nos combates. É possível que o total tenha chegado a quatro vezes isso. A maioria morreu de cólera e outras doenças, não dos ferimentos infligidos por seus inimigos (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 309*).

A conflagração se iniciou depois que o ditador paraguaio, Francisco Solano López (1827-1870), invadiu Mato Grosso e a província argentina de Corrientes, e só terminou depois que ele foi morto pelas forças brasileiras e seu país destroçado. As disputas em torno do conflito continuaram sendo travadas nos livros de história, e foram necessárias décadas de estudos para desfazer mitos e mal-entendidos que começaram a aparecer assim que as tropas voltaram para casa.

"A historiografia tradicional do período, produzida na virada do século XIX para o XX, foi feita sem muita metodologia e com muita emoção", avalia o historiador Francisco Doratioto, professor aposentado da Universidade de Brasília (UnB) e autor de *Maldita guerra – Nova história da Guerra do Paraguai* (Companhia das Letras). O livro, que se tornou referência sobre o tema no Brasil, foi lançado em 2002 e ganhou edição revista e ampliada pelo autor há dois anos. "Houve muita falsificação histórica, porque o objetivo de vários autores era construir mitos e legitimar grupos políticos."

Na década de 1960, uma onda revisionista que teve como um de seus expoentes o escritor brasileiro Júlio José Chiavenato, autor de *Genocídio americano* (Brasiliense, 1979), propôs uma nova teoria para as origens da guerra. Ele atribuiu a deflagração do conflito a interesses do então poderoso império britânico, que teria financiado a mobilização do Brasil e de seus aliados para impedir o desenvolvimento econômico do Paraguai. A tese acabou sendo desacreditada com o tempo.

No Brasil, os trabalhos mais consistentes sobre a guerra começaram a ser produzidos no fim dos anos 1990, quando historiadores formados nos primeiros centros de pós-graduação da área passaram a se debruçar sobre o assunto. Entre eles, estão Doratioto e colegas como Ricardo Salles (1950-2021), da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio), Vitor Izecksohn, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),

e Wilma Peres Costa, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

Esses historiadores inseriram o conflito no contexto do processo de formação dos estados nacionais da região e dos interesses que o Brasil e seus vizinhos tinham na navegação da bacia do rio Prata. Eles também começaram a dar atenção a temas como o recrutamento de escravizados, a participação de mulheres e a vida nos acampamentos, que têm sido aprofundados pela produção mais recente. O próprio Doratioto organizou a publicação das memórias da francesa Dorothée Duprat de Lassere (1845-1932), que viveu as agruras da guerra no Paraguai (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 338*). O livro saiu em 2023, pela Chão Editora. A mesma casa publicou quatro anos antes um livro escrito pelo historiador José Murilo de Carvalho (1939-2023) sobre a cearense Jovita Alves Feitosa (1848-1867), que tentou em vão ser combatente no conflito.

A digitalização de fontes antes pouco acessíveis e descobertas feitas em arquivos inexplorados têm contribuído para avanços das pesquisas no Brasil e nos países vizinhos. Em maio, a Biblioteca Brasiliana Guita e José Mindlin, da Universidade de São Paulo (BBM-USP), recebeu uma coleção com mais de 4 mil livros e documentos sobre a Guerra do Paraguai, incluindo obras consideradas raras pelos especialistas. O acervo foi formado durante décadas por um ex-consultor de empresas, Sinésio de Siqueira Filho, que decidiu vendê-lo para garantir sua preservação futura. Uma pessoa que prefere não ser identificada comprou a coleção, doou-a para a biblioteca da USP e contratou a empresa que fará a catalogação do material.

O conjunto cobre temas variados e inclui fontes que podem alimentar não só os estudos sobre a guerra, mas também um entendimento mais amplo da história dos países envolvidos e de suas relações. "Há muitos relatos de viajantes estrangeiros, que visitaram a região durante o conflito e podem abrir novas perspectivas", destaca o historiador Rodrigo Goyena Soares, da USP, que ajudou a avaliar a coleção. O acesso dos pesquisadores ao material será liberado após a catalogação, que deve ser feita no segundo semestre. A biblioteca pretende digitalizar as obras mais raras.

Goyena pesquisou a história dos veteranos da guerra em arquivos brasileiros, argentinos e uruguaios quando preparava sua dissertação de mestrado, apresentada em 2014, e aprofundou o estudo em sua tese de doutorado, defendida em 2017. Os dois trabalhos foram desenvolvidos sob a orientação de Salles, na Unirio. Goyena estava mergulhado no assunto quando fez uma descoberta de grande repercussão para os pesquisadores dedicados à Guerra do Paraguai.

Em 2014, o pesquisador encontrou esquecido no Museu Imperial de Petrópolis (RJ) um diário escrito na fase final do conflito por Gastão de Orléans (1842-1922), o conde d'Eu, marido da princesa Isabel (1846-1921). Ele foi enviado pelo sogro, o imperador Pedro II (1825-1891), para assumir o comando das tropas brasileiras em 1869. Escrito em francês, o documento nunca tinha sido estudado com atenção. Goyena localizou nele informações que permitiram refutar versões que envolviam o conde com execuções de oficiais inimigos por tropas brasileiras no fim da guerra. Traduzido pelo historiador, o *Diário do conde d'Eu* foi publicado pela editora Paz & Terra em 2017.

Nos últimos 10 anos, 39 dissertações de mestrado e 15 teses de doutorado sobre a Guerra do Paraguai foram apresentadas no Brasil, segundo o catálogo mantido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e os sites dos

Na outra página, Jovita Alves Feitosa e a tela *Herói da Guerra do Paraguai* (s/d), do belga radicado no Brasil Adrien Henri Vital van Emelen

1

Soldados brasileiros na Guerra do Paraguai ajoelhados durante procissão religiosa, em 1868

2

3

principais programas de pós-graduação em história. A média de cinco trabalhos por ano parece pequena num campo em que 1,4 mil pesquisadores concluem ao menos uma das duas etapas da pós-graduação todos os anos, mas pode ser um sinal de que o interesse pelo tema ainda não se esgotou.

Boa parte dessa produção investiga problemas relacionados ao recrutamento de tropas no Brasil. Pesquisas realizadas por Salles e outros historiadores desde os anos 1990 mostraram que chefes políticos locais se opuseram à convocação de membros da Guarda Nacional nas províncias e proprietários resistiram a libertar escravizados para que vestissem a farda mesmo quando o governo central passou a pagar indenizações. Os estudos mais recentes confirmam esses achados e apresentam novas evidências.

No Piauí, Valerio conseguiu levantar informações sobre 96 ex-combatentes, como o professor Carvalho, após examinar documentos oficiais e jornais daquela época digitalizados pela Biblioteca Nacional e pelo Projeto Memória do Jornalismo Piauiense, iniciativa da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Além disso, ele recolheu no Arquivo Público do Piauí petições de pessoas que queriam dispensa do serviço militar, documentando situações que outros trabalhos descreveram apenas com base nos relatórios que os presidentes das províncias enviaram à Corte durante a guerra.

O historiador Edilson Pereira Brito seguiu caminho parecido em pesquisas sobre o recrutamento durante o mestrado, defendido em 2011 na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e sobre a Guarda Nacional, tema do seu doutorado, concluído em 2018 na Unicamp. Relatórios policiais e cartas particulares o ajudaram a contar a história do intérprete Frutuoso Antônio de Moraes Dutra, que recrutou indígenas em aldeias paranaenses para o esforço de guerra, em troca de gratificações.

Além disso, o pesquisador encontrou evidências de que escravizados aproveitaram o conflito para negociar as condições de sua libertação, já que muitos homens livres não queriam lutar e somente libertos podiam ser incorporados pelo Exército em seu lugar. "A libertação de escravizados integrados às tropas era condicionada à prestação do serviço militar por alguns anos e isso criou oportunidades que muitos agarraram para alcançar a liberdade", conta Brito, do Instituto Federal do Paraná (IFPR).

Dados extraídos de um relatório do Ministério da Guerra de 1872, compilados por Izecksohn, da UFRJ, indicam que a participação de escravizados nas tropas foi relativamente pequena, mas se mostrou decisiva para sustentar os esforços na fase final do conflito. Pelo menos 6 mil escravizados foram recrutados pelo Exército e pela Marinha. Em artigo publicado em 2015 na *Navigator*, revista científica da Marinha brasileira, o historiador calculou que eles representaram somente 4% do contingente total de combatentes, mas um quarto dos enviados para o *front* nos últimos dois anos da guerra. "O número de homens mobilizados pelo Brasil pode ter chegado a 150 mil, mas ninguém sabe ao certo, por causa da precariedade das estatísticas da época", comenta Doratioto.

Para o biólogo Pedro Souza Moreira da Silva, que começou a estudar a guerra no mestrado no programa de história da Casa de Oswaldo Cruz, da Fundação Oswaldo Cruz (COC-Fiocruz) e deve concluir o doutorado no segundo semestre deste ano na mesma instituição, o conflito ajuda a entender como o país lida até hoje com alguns de seus problemas. Em seu trabalho, o pesquisador busca entender a guerra da perspectiva ambiental, a partir da análise das interações entre os soldados e o ambiente que encontraram – do uso de plantas para alimentar as tropas e cuidar dos feridos ao enfrentamento dos obstáculos impostos pelo clima e pela geografia.

"A forma como as tropas fizeram isso tornou o ambiente ainda mais insalubre e perigoso, o que contribuiu para propagar doenças e prolongar o conflito por mais tempo do que talvez fosse necessário", relata Moreira. Documentos mostram que os oficiais do Exército comiam melhor do que os soldados e contavam com a proteção de barracas nos acampamentos, enquanto as tropas descansavam muitas vezes ao relento. "A desigualdade era um reflexo da sociedade escravista dessa época, mas faz pensar na iniquidade que até hoje perdura nas nossas relações sociais", afirma. ■

O artigo científico e os livros consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

FOTOS 1 ACERVO DA FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL **2** UM FLUMINENSE [JOSÉ ALVES VISCONTI COARACI, 1837-92], *TRAÇOS BIOGRAPHICOS DA HEROINA BRASILEIRA JOVITA ALVES FEITOSA*. RIO DE JANEIRO: TIPOGRAFIA IMPARCIAL DE BRITO & IRMÃO, 1865 / ACERVO: BIBLIOTECA BRASILIANA GUITA E JOSÉ MINDLIN **3** JOSÉ ROSAEL / HÉLIO NOBRE / MUSEU PAULISTA DA USP

UM PERCURSO COMPLEXO

Delfim Netto inovou na academia, conduziu a economia na ditadura e manteve influência após redemocratização

Ricardo Balthazar

Delfim em seu escritório na capital paulista, em 2016

1

O economista, ex-ministro e ex-deputado federal Antonio Delfim Netto, que conduziu a política econômica do país durante a ditadura militar (1964-1985), continuou exercendo influência após a redemocratização e ajudou a criar um dos principais programas de pós-graduação da sua disciplina no Brasil. Ele morreu no dia 12 de agosto, em São Paulo, aos 96 anos.

Nascido em 1928 no bairro operário do Cambuci, em São Paulo, Delfim se formou em contabilidade na Escola Técnica de Comércio Carlos de Carvalho. Em 1948, entrou no curso de economia da hoje chamada Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (FEA-USP), criada três anos antes.

Após a graduação, em 1952, ele se tornou assistente do professor Luiz de Freitas Bueno (1922-2006), da cadeira de estatística. Pioneiro na introdução de métodos quantitativos em estudos econômicos no país, Bueno teve papel decisivo na formação de Delfim, assim como a historiadora Alice Canabrava (1911-2003), que incentivava os alunos a buscar dados em fontes primárias.

A influência de ambos se fez evidente na tese de livre-docência que ele defendeu em 1959 na USP, "O problema do café no Brasil", em que estudou as políticas de valorização dos preços do produto durante a Primeira República (1889-1930). "Delfim fez um levantamento extenso de dados históricos e empregou técnicas econométricas sofisticadas para a época ao analisá-los", conta o economista Roberto Macedo, que dirigiu a FEA de 1986 a 1990.

Sua conclusão foi de que as intervenções no mercado do café contribuíram para sua instabilidade, estimulando o aumento da produção nacional e a entrada de novos competidores no mercado externo. "A tese promoveu uma revisão importante daquele período e foi uma das primeiras do país a incorporar uma metodologia que o mundo ainda estava descobrindo", relata o economista Gian Carlo Maciel Guimarães Hespanhol, que estudou o pensamento de Delfim em sua dissertação de mestrado, apresentada na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da USP em 2017.

Em 1963, Delfim assumiu a cátedra de Teoria do Desenvolvimento Econômico na FEA após defender a tese "Alguns problemas do planejamento para o desenvolvimento econômico". No estudo, analisou os modelos propostos pela literatura internacional na época, ainda pouco acessível aos pesquisadores brasileiros, e submeteu várias políticas a testes econométricos.

Delfim foi o primeiro economista formado na FEA a se tornar catedrático, posição que era o topo da carreira docente na época, antes da reforma universitária de 1968, que extinguiu o regime de cátedras. Ele organizava seminários semanais para discutir livros e artigos acadêmicos, que os alunos deviam estudar para apresentar aos colegas. Alguns encontros eram realizados à tarde e terminavam com noitadas em que comiam pizza e bebiam uísque.

Em 1965, Delfim participou da criação do Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), primeiro centro de pós-graduação da área na USP. No mesmo ano, a FGV do Rio criou a Escola de Pós-graduação em Economia (EPGE). O governo dos Estados Unidos e a Fundação Ford financiaram bolsas e assessoria de professores norte-americanos para as duas instituições.

O economista comandou o Ministério da Fazenda entre 1967 e 1974, durante a ditadura militar. Nesses sete anos, o Produto Interno Bruto (PIB) do país cresceu 10% ao ano, em média, e dobrou de tamanho. Reformas feitas pelo governo do general Humberto Castello Branco (1897-1967), o primeiro após o golpe de

FOTOS 1 PAULO FRIDMAN / BLOOMBERG VIA GETTY IMAGES 2 E 3 ACERVO FEA-USP

1964, e o cenário externo favorável abriram caminho para medidas executadas pelo economista, como a expansão do crédito e o estímulo às exportações.

O período ficou conhecido como "milagre econômico", porque o crescimento acelerado não foi acompanhado de desequilíbrios na balança de pagamentos nem de um surto inflacionário. Estatísticas publicadas anos depois colocaram em xeque seus resultados, mostrando um substancial aumento da concentração de renda no topo da pirâmide social.

As circunstâncias políticas da época permitiram que Delfim dirigisse a política econômica com poderes que nenhum dos seus sucessores teve. Em 1968, ele foi um dos signatários do Ato Institucional nº 5 (AI-5), que inaugurou a fase mais violenta do regime autoritário ao fechar o Congresso Nacional, suspender garantias constitucionais e intervir nos governos estaduais.

No governo do general Emílio Garrastazu Médici (1905-1985), que dirigiu o país entre 1969 e 1974, o economista foi um incentivador do investimento em pesquisas para expandir a produção agrícola brasileira e diversificá-la. Como ministro, Delfim liberou recursos para financiar a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), criada em 1973, e umas das instituições de pesquisa responsáveis pelo desenvolvimento de técnicas que permitiram aumentar a produtividade no campo.

Em 1974, quando o general Ernesto Geisel (1907-1996) se tornou presidente, Delfim foi substituído na Fazenda pelo economista Mário Henrique Simonsen (1935-1997), da FGV do Rio, sendo nomeado embaixador em Paris. Ele voltou ao governo em 1979, após a posse do último general-presidente, João Baptista Figueiredo (1918-1999). Foi ministro da Agricultura por cinco meses e logo reassumiu a condução da economia, substituindo Simonsen no Planejamento.

A economia tinha sido abalada por choques externos nos anos anteriores, convivia com inflação e dívida crescentes e afundou na recessão no início dos anos 1980. "A situação começou a melhorar no fim da ditadura, mas ainda era caótica, e os desequilíbrios só foram corrigidos na democracia", diz o economista Marcos Lisboa, que presidiu o Insper e foi professor da EPGE, da FGV do Rio.

Eleito deputado federal em 1986, participou da Assembleia Nacional Constituinte e foi reeleito quatro vezes. Ele deixou a Câmara no início de 2007. No primeiro mandato do presidente Luiz Inácio Lula da Silva (2003-2006), foi ouvido como conselheiro e propôs um plano de controle do déficit público, descartado pelo PT.

Professor emérito da USP, o economista morreu em "decorrência de complicações no seu quadro de saúde", conforme comunicado da família. Era viúvo de Mercedes Saporski Delfim quando se casou com Gervásia Diório, com quem teve uma filha, Fabiana. Deixa também o neto, Rafael. ■

Tesouro na estante

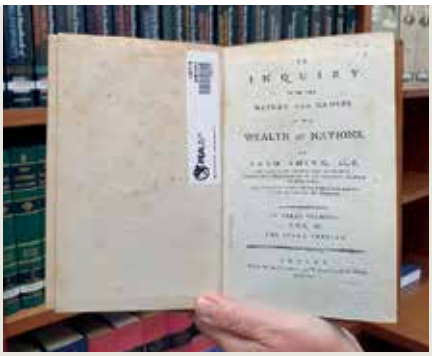
Em 2011, Delfim Netto doou sua coleção particular com mais de 100 mil títulos à USP

Leitor voraz, Delfim Netto deixou como legado uma enorme coleção particular composta por livros, sobretudo de economia, além de revistas e artigos científicos. Atualmente abrigado na biblioteca da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (FEA-USP), o acervo reunido ao longo de oito décadas conta com mais de 100 mil itens, incluindo 94.531 livros e milhares de publicações acadêmicas, que o economista mandava copiar e organizar em volumes encadernados.

A biblioteca da FEA foi reformada e ampliada para receber a coleção que Delfim decidiu doar em 2011. Ele continuou fazendo doações esporádicas após a inauguração, em 2014. O acervo não possui raridades, mas é considerado uma das mais completas coleções particulares do país de livros sobre economia. Segundo a direção da biblioteca da faculdade, o espaço recebe atualmente cerca de 50 consultas presenciais por mês. A procura era maior nos primeiros anos, mas diminuiu após a pandemia de Covid-19.

"O valor do acervo é inestimável, sobretudo por sua abrangência", afirmou a *Pesquisa FAPESP* o economista Eduardo Giannetti da Fonseca, ex-professor da FEA, que conheceu a biblioteca de Delfim no início de sua carreira acadêmica, nos anos 1980. Na época, quando pesquisou e deu aulas na Universidade de Cambridge, no Reino Unido, Giannetti fez cópias de panfletos e tratados do século XIX na seção de obras raras da biblioteca da instituição britânica a pedido de Delfim, como contou em entrevista à revista *piauí*.

O acervo inclui várias edições de clássicos como os *Fundamentos da análise econômica*, livro lançado pelo economista norte-americano Paul Samuelson (1915-2009) em 1947, revisto e ampliado na década de 1980. Um dos exemplares tem anotações manuscritas de Delfim. A biblioteca também contém reproduções fac-similares das primeiras edições de títulos como *A riqueza das nações*, do escocês Adam Smith (1723-1790), e *O capital*, do alemão Karl Marx (1818-1883).



2

3

Acima, parte do acervo doado por Delfim à FEA-USP, que reúne obras como *A riqueza das nações* (*no alto*), de Adam Smith, em inglês

1

QUANDO OS MONSTROS VIRARAM FÓSSEIS

A partir do final do século XVIII, análises científicas começaram a se sobrepor à visão religiosa dos animais de milhões de anos atrás

Enrico Di Gregorio

Ao encontrar uma gigantesca ossada de um animal pré-histórico no Nordeste, o padre português Manuel Aires de Casal (1754-1821) ficou abismado. Não entendia qual animal poderia ter sido o dono daquelas costelas com "um palmo e meio de largura" e presas com quase uma braça, medida equivalente a 1,8 metro (m). No livro *Corografia brasílica,* de 1817, uma das primeiras publicações com registros de fósseis no Brasil, ele comentou que "foram precisas todas as forças de quatro homens" para coletar a mandíbula inferior do intrigante animal.

Casal relata que se lembrou dos fósseis de mamutes pré-históricos da América do Norte, mas sua conclusão seguiu outro caminho: "Talvez fosse este quadrúpede [o] Behemoth, de que fala Jó no cap. XL, v. 10". Behemoth era o equivalente terrestre à criatura marinha mitológica conhecida como Leviatã, descrita como tendo a dieta de um boi, "ossos como tubo de bronze" e "ossada como barras de ferro". A descrição fazia sentido, porque ele supôs que também estava descrevendo um animal herbívoro, de grande porte, pesado e forte.

Na Europa, naturalistas e filósofos discutiam desde a Grécia Antiga as possíveis origens de fósseis de animais como tubarões e amonites, um grupo extinto de moluscos. As descobertas alimentaram as discussões sobre a diversidade de formas de vida na Terra, que levaram a duas hipóteses: grandes catástrofes teriam extinguido espécies antigas ou os

FOTOS 1 WILFREDOR/ WIKIMEDIA COMMONS **2** ARQUIVO HISTÓRICO ULTRAMARINO
ILUSTRAÇÃO DMITRY BOGDANOV/ WIKIMEDIA COMMONS

animais foram lentamente substituídos por seus representantes vivos. O naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) apoiou sua teoria sobre a evolução dos seres vivos em fósseis encontrados na América do Sul; no Uruguai, ele comprou um crânio quase completo de um grande mamífero fóssil, depois descrito como *Toxodon platensis*.

No século XVIII, quando a importância dos fósseis para o entendimento da história da vida na Terra estava consolidada na Europa, o naturalista francês Georges Cuvier (1769-1832) diferenciou os restos de mastodontes dos elefantes, mas Casal passou ao largo desses debates. Segundo o paleontólogo Antonio Carlos Sequeira Fernandes, do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), as conclusões se devem à visão religiosa de Casal, que foi sacerdote na Santa Casa de Misericórdia no Rio de Janeiro e no Crato, no Ceará. "Os ossos que ele descreveu eram do esqueleto de um mastodonte", diz Fernandes, que pesquisa a história da paleontologia no Brasil desde o final da década de 1990.

Próximos aos mamutes, os mastodontes viveram entre 23 milhões e 11,7 mil anos atrás. Tinham até 3 m de altura, com fêmures de 1 m de comprimento e presas com uma média de 1,4 m. As mandíbulas que Casal descreveu podiam ter até 30 dentes com 18 cm cada. "Não sabendo o que de fato eram, os primeiros naturalistas ficavam muito surpresos com os ossos monstruosos que encontravam", reconhece Fernandes.

2

Caixote N. 1

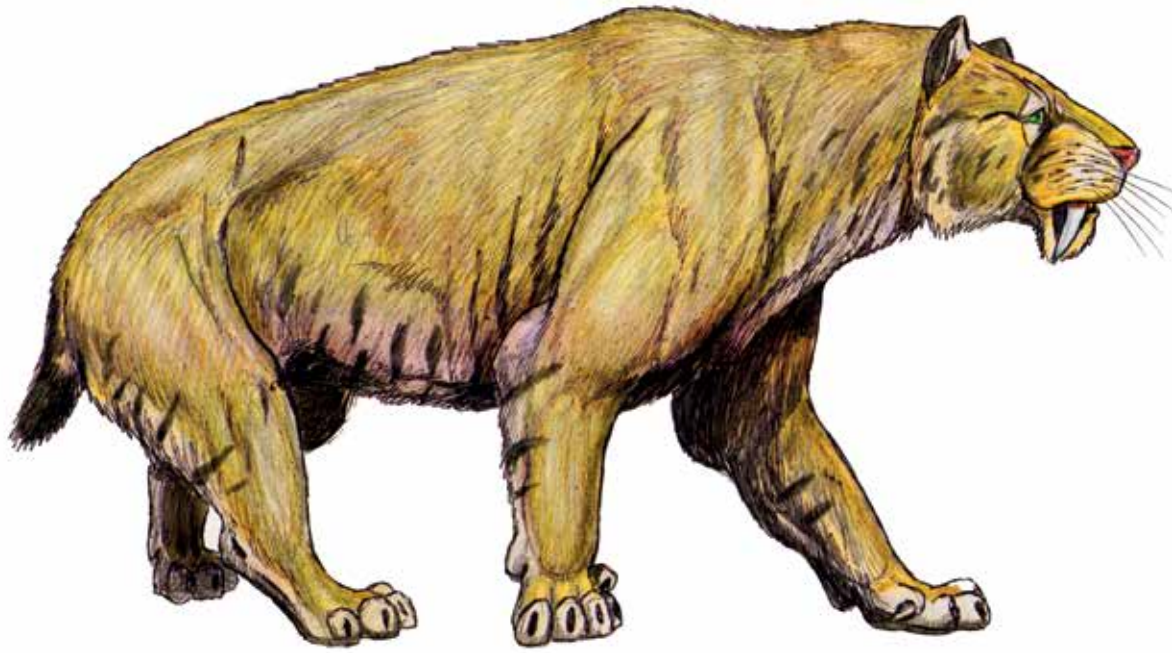
Carta de Montaury descrevendo uma carga de fósseis enviada a Portugal em 1784

No século XVIII, Casal não foi o único a confundir mastodontes com monstros. Um dos primeiros registros no Brasil de animais de milhões de anos atrás foi de João Batista de Azevedo Coutinho de Montaury (?-1810), governador da capitania do Ceará. Em outubro de 1784, ele enviou por navio para o ministro português Martinho de Melo e Castro (1716-1795) várias caixas com material de interesse científico. Uma delas continha "seis pedaços de ossos monstruosos", como detalhou na carta que acompanhou a encomenda. Antes de embarcar a carga, Montaury havia se espantado com a similaridade dos ossos com esqueletos de elefantes da África, uma vez que não havia nessa parte do Nordeste "animal algum tão monstruoso, nem tradição de que jamais o houvesse nesta capitania, a que se possam atribuir aqueles ossos", como também escreveu ao patrício.

Fernandes propõe que as ossadas de Montaury também eram de mastodontes, mas nunca pôde confirmar: "Procurei nos museus da Ajuda e de História Natural em Portugal, mas ninguém sabia de nada. Provavelmente se perderam". Ao menos ele encontrou o local onde os ossos provavelmente foram coletados, a partir de informações que constavam na carta para Melo e Castro: uma cavidade em uma rocha em uma fazenda no atual município cearense de Sobral, como relatado em um artigo de 2013 na revista *Filosofia e História da Biologia*.

AS PRIMEIRAS COLEÇÕES

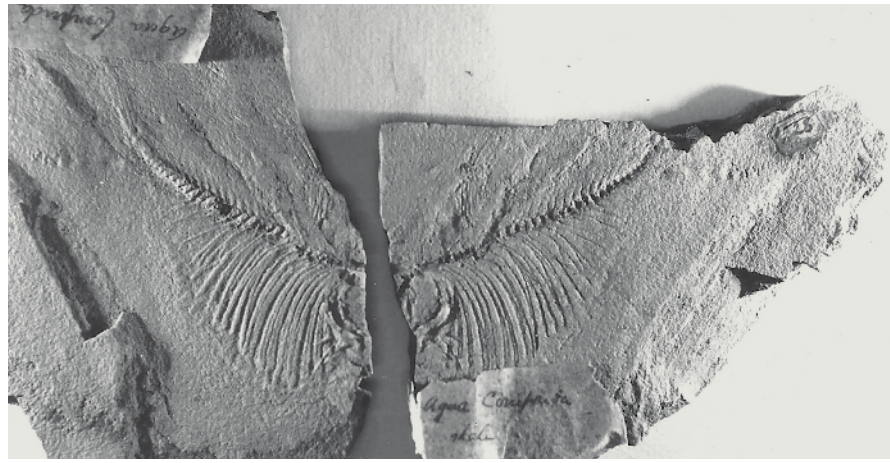
Ainda no século XIX, no município de Prados, em Minas Gerais, negros escravizados encontraram em uma mina um osso petrificado, no qual a enxada com que trabalhavam havia batido. Pensaram que poderiam ser os restos de uma árvore. Até que acharam um dente. A notícia chegou aos ouvidos de Luís da Cunha Meneses (1743-1819), governador das capitanias de Minas Gerais e Goiás. Em um ofício enviado a Melo e Castro, ele observou: "Não me parecendo des-



Crânio preservado no Museu de Zoologia da USP (*à esq.*) e representação artística de um tigre-dentes-de-sabre, que viveu no Brasil há cerca de 10 mil anos

1

Edward Cope e fóssil de *Ellimmichthys longicostatus*, que sobreviveu ao incêndio do Museu Nacional em 2018



2

prezível uma semelhante extraordinária notícia [...], mandei logo o sargento-mor Pires Sardinha examinar o estado do dito esqueleto e sua qualidade".

O naturalista Simão Pires Sardinha (1751-1808) descreveu o que chamou de "monstruosa ossatura"; como já estava deteriorada, não conseguiu identificar a que animal teria pertencido, mas também a enviou a Lisboa. Em Portugal, o material foi estudado pelo médico e naturalista italiano Domingos Vandelli (1735-1816) e resultou no primeiro artigo científico sobre fósseis brasileiros, publicado em 1797 nas *Memórias da Academia Real das Sciencias de Lisboa*.

Com o tempo, emergiram explicações mais precisas. No final do século XVIII, o médico e botânico Manuel Arruda da Câmara (1752-1810) esclareceu parte do mistério dos primeiros fósseis ao montar a primeira ossada de um mastodonte do atual estado de Goiás. Os ossos foram coletados em viagens ao interior do Nordeste, mas depois foram enviados a Portugal e perdidos.

Restos de outros animais também foram descobertos. Ainda no século XVIII, o naturalista e militar português João da Silva Feijó (1760-1824) ficou maravilhado com os peixes fossilizados que encontrou em meio às camadas de rochas amareladas do fundo de um antigo lago no Cariri, interior do Ceará, hoje reconhecida como uma das regiões fossilíferas mais ricas do mundo. Em setembro de 1800, ele escreveu a Montaury: "Uma coleção de petrificações de anfíbios e peixes, as mais curiosas e raras, que jamais, a meu ver, se têm encontrado".

Feijó encantou-se com as condições excepcionais das partes moles (órgãos, vasos sanguíneos e músculos) dos "imensos peixes inteiramente convertidos em cristal". Os fósseis dessa região do Ceará continuam a ser encontrados com tecidos, penas e pelos preservados. "Ainda hoje, 200 anos depois, estudamos como os fósseis conservam as partes moles", diz o paleontólogo Ismar de Souza Carvalho, da UFRJ.

Feijó foi um dos primeiros a montar uma coleção científica de fósseis na Real Academia de Engenharia, no Rio. Naturalistas como o piauiense Frederico Leopoldo Cezar Burlamaqui (1803-1866) também fizeram seus acervos. Para o então recém-fundado Museu Real (a partir de 1890, Museu Nacional), do qual foi diretor de 1847 a 1866, ele reuniu fósseis de vertebrados e invertebrados, incluindo ovos de pássaros de ilhas do Peru, peixes do Crato e ossadas.

O próprio Burlamaqui coletou alguns fósseis. Outros adquiriu por meio de doações, como o fêmur de um megatério, grupo de preguiças com cerca de 4 m de altura, mandíbulas fortes e garras compridas, que viveram entre 35 milhões de anos e 12 mil anos atrás em toda a América do Sul.

Com a coleção em mãos, Burlamaqui se dedicou às análises e publicou em 1855 o primeiro artigo sobre paleontologia em uma revista científica brasileira, a *Trabalhos da Sociedade Vellosiana*. Muitas etiquetas e descrições dos fósseis de sua coleção, porém, perderam-se, por causa da infraestrutura precária nos primeiros anos do museu e das trocas de sede. "Uma quantidade enorme de fósseis, principalmente da megafauna, não tem nenhuma informação sobre a origem", explica Fernandes.

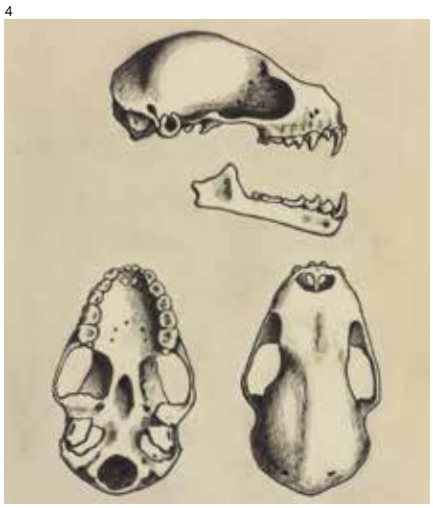
Os registros da coleção do norte-americano Edward Drinker Cope (1840-1897)

3

O peixe *Dastilbe crandalli*, descrito em 1910, era comum na Chapada do Araripe há 120 milhões de anos

FOTOS **1** SMITHSONIAN INSTITUTION ARCHIVES **2** VALÉRIA GALLO/MUSEU NACIONAL-UFRJ **3** MUSEU NACIONAL-UFRJ **4** BIBLIOTECA NACIONAL **5 E ILUSTRAÇÃO** IORI, F. V. **HISTORICAL BIOLOGY**, 2024

4



Desenho do crânio do morcego *Vampyrops lineatus*, do Museu Lund

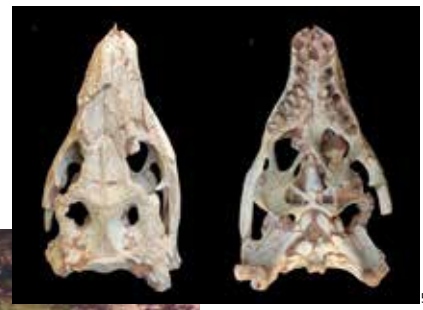
foram mais bem preservados. Formado na Universidade da Pensilvânia em 1861, Cope trabalhou com fósseis de répteis da América do Norte e da América Central. Um de seus colegas, o geólogo norte-americano naturalizado brasileiro Orville Adalbert Derby (1851-1915), fez coletas em Pernambuco, Sergipe, Bahia e São Paulo e mandava o que encontrava para Cope analisar nos Estados Unidos, para onde seguiam também os materiais coletados no Brasil pelo geólogo britânico Samuel Allport (1816-1887). "Em somente um artigo, de 1886, Cope descreveu cinco peixes, dois répteis e um mamífero a partir de fósseis da Bahia, Pernambuco, Sergipe e São Paulo", diz a paleontóloga Valéria Gallo, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj), que estudou a chamada Coleção Cope, no Museu Nacional.

Um dos animais descritos pelo norte-americano foi o mesossauro *Stereosternum tumidum*, réptil marinho que viveu entre 286 milhões e 258 milhões de anos atrás. Encontrados nas costas do sul da África e da América do Sul, os fósseis desse grupo reforçaram a teoria da deriva continental, proposta em 1912 pelo alemão Alfred Wegener (1880-1930). Com cerca de 80 centímetros (cm) de comprimento, dentes finos em formato de cone e uma longa cauda com até 64 vértebras, *S. tumidum* foi encontrado em bacias sedimentares do Paraná e na África do Sul, indicando que os dois continentes já estiveram unidos.

Cope descreveu também o crocodilo *Hyposaurus derbianus*. Encontrados no Nordeste, os fósseis dessa espécie têm uma mandíbula comprida e triangular e dentes de quase 3 cm de comprimento. Devem ter vivido entre 65 milhões e 55 milhões de anos atrás.

Os fósseis do Museu Nacional que Cope estudou foram vendidos ao geólogo norte-americano Henry Fairfield Osborn (1857-1935), que os depositou no Museu Americano de História Natural, em Washington. Depois, foram enviados ao paleontólogo britânico Arthur Woodward (1864-1944). Décadas mais tarde, por iniciativa do brasileiro Llewellyn Ivor Price (1905-1980), parte desse material voltou ao país e ficou no Museu Nacional até ser destruído pelo incêndio de 2018.

Um nome importante para a paleontologia e arqueologia brasileira no século XIX foi o dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880). Ele trabalhou e morreu na região de Lagoa Santa, Minas Gerais.



5

Crânio e representação artística do crocodilo *Caipirasuchus catanduvensis*, descoberto durante a construção de uma estrada no interior paulista

"Em suas expedições, Lund coletou mais de 10 mil fósseis, principalmente da megafauna do atual período, o Quaternário [iniciado há 2,58 milhões de anos], como tigres-dentes-de-sabre, preguiças-gigantes e cavalos", comenta Carvalho.

Os tigres de Lund eram da espécie *Smilodon populator*, com estimados 3 m de comprimento, 400 kg de peso e dentes caninos arqueados com bordas afiadas e serrilhadas de até 30 cm de comprimento. Era um tigre que viveu em toda a América entre 700 mil e 11 mil anos atrás – no Brasil, nos atuais estados do Ceará, Sergipe, Mato Grosso do Sul, Bahia e Minas Gerais. Lund descreveu um crânio inteiro do felino, com os dois caninos e incisivos (outros dentes frontais) preservados. A maior parte do que ele coletou no Brasil está no Museu Zoológico de Copenhagen, na Dinamarca.

"As primeiras coleções, como as de Lund, servem até hoje como referência para quem precisa conhecer em detalhe as espécies que viveram há milhares ou milhões de anos no Brasil", diz o paleontólogo da Uerj Hermínio Ismael de Araújo Júnior, presidente da Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP). As descobertas iniciais também indicam a localização de sítios paleontológicos, além de terem valor turístico.

Desde Montaury, os naturalistas e paleontólogos identificaram centenas de espécies de fósseis brasileiros – somente de dinossauros, são pelo menos 55. A cada ano, mais animais são descobertos e publicados, como o titanossauro *Tiamat valdecii* (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 341*) e o crocodilo *Caipirasuchus catanduvensis*, ambos descritos em 2024.

Boa parte do acervo de fósseis se perdeu com o incêndio do Museu Nacional, mas há outras coleções relevantes em instituições como as universidades de São Paulo (USP), federais do Rio de Janeiro (UFRJ), do Rio Grande do Norte (UFRN), de Pernambuco (UFPE) e do Rio Grande do Sul (UFRGS), Pontifícia Universidade Católica (PUC) de Minas Gerais e Museu de Ciências da Terra, no Rio de Janeiro. ■

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

EM NOME DA TRADIÇÃO

O antropólogo Autaki Waurá, da etnia Wauja, rastreia em museus do Brasil e do exterior a cerâmica produzida por seu povo

1

No lugar de onde eu venho, a aldeia Ulupuwene, na Terra Indígena do Xingu [MT], o alimento, os remédios e boa parte dos recursos estão na natureza. A base da nossa alimentação é peixe com beiju, feito com polvilho de mandioca. Por isso, na minha rotina diária na aldeia, eu acordo muito cedo, ora para pescar no rio Batovi, ora para colher mandioca na roça ou para coletar frutas e lenha.

Outra atividade que tem ocupado parte do meu dia, além dos estudos, é a coleta de sapê, que usamos para cobrir a casa que estamos construindo para minha família aqui. Em dezembro do ano passado, um incêndio provocado por um raio destruiu seis casas, incluindo a nossa. Além de itens como rede de dormir, perdi todo o material da minha pesquisa de doutorado.

Minha trajetória de pesquisador é recente. Sou professor de crianças e jovens Wauja desde 2006. Naquele ano, após ter concluído o curso de magistério intercultural da Secretaria de Educação do Estado de Mato Grosso, consegui uma vaga de docente na Escola Estadual Indígena de Educação Básica Piyulaga, também no Xingu e perto de onde eu morava na ocasião. Foi essa experiência que me motivou a tentar ingressar na universidade para aperfeiçoar meu trabalho em sala de aula.

Em 2018 me graduei em ciências da linguagem pela Universidade Federal de Goiás [UFG]. A opção por estudar linguagem tem a ver com a minha história de vida. Eu me alfabetizei tarde, aos 16 anos. Escrever em português, especialmente no formato acadêmico, ainda é um desafio para mim.

Na sequência, fiz mestrado no Programa de Pós-graduação em Antropologia Social da mesma instituição. Em minha pesquisa, que concluí em 2021, analisei o rito de reclusão pubertária, uma tradição dos Wauja e de alguns povos do Alto Xingu. Nessa fase, que pode durar de um a dois anos, os adolescentes são preparados para a vida adulta por meio da educação corporal, além de ensinamentos sobre a cultura do seu povo. No caso das meninas Wauja, que ficam reclusas a partir da primeira menstruação, é nesse momento que elas começam a aprender a arte da cerâmica.

Essa cerâmica inspirou minha pesquisa de doutorado, que realizo desde 2022 no Programa de Pós-graduação em Antropologia Social da Universidade Estadual de Campinas [PPGAS-Unicamp] com bolsa da Capes [Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior]. Meu ingresso se deu por meio de um edital específico para candidatos indígenas que o programa oferece des-

de 2015. As etapas para entrar na pós-graduação são as mesmas do processo convencional. A diferença é que os candidatos indígenas competem apenas entre si pelas duas vagas disponíveis.

Atualmente, me divido entre a aldeia Ulupuwene e Campinas, onde moro sozinho em um pequeno apartamento perto da Unicamp. Eu gosto das aulas, das trocas com os professores e colegas, mas não me sinto confortável na cidade. Além disso, tenho saudade da minha família, do modo de vida na aldeia e da comida.

A produção de formas tradicionais de cerâmica é um saber ancestral dos Wauja. Todos da comunidade participam de sua feitura, primeiramente na coleta do barro e do *cauxi*, um tipo de esponja de água doce que é misturada ao barro para conferir resistência e facilitar a modelagem das peças. As mulheres modelam e pintam as panelas desde a adolescência, mas os homens só participam desse processo mais velhos, a partir dos 30 anos. A cerâmica é parte da nossa identidade e o conhecimento sobre sua produção tem sido repassado dos anciões para os mais jovens ao longo do tempo.

No entanto, sobretudo a partir dos anos 2000, quando se intensificaram os contatos com os não indígenas, a produção das peças e seu uso cotidiano vêm se alterando. Muitas famílias Wauja passaram, por exemplo, a adotar utensílios de plástico e de alumínio. Percebo também que alguns formatos tradicionais de panelas têm sido modificados para atender às exigências do mercado de artesanato. Meu desafio no doutorado é tentar compreender pelo viés da cerâmica as transformações culturais dos Wauja.

Além da pesquisa de campo nas aldeias waujas no Alto Xingu, tenho visitado museus que abrigam coleções das cerâmicas do meu povo. Especialmente a partir de meados do século XX, por meio de estudos de antropólogos e arqueólogos, bem como de não indígenas interessados em conhecer e colecionar a arte indígena, as cerâmicas waujas se espalharam por museus do Brasil e do exterior.

Um exemplo é o museu du quai Branly, em Paris, especializado em coleções de arte de povos da Ásia, África, Oceania e América. Esse espaço conta com cerca de 175 peças waujas oriundas de duas coletas. Uma do final dos anos 1960 e início dos anos 1970, feita pela antropóloga Vilma Chiara [1927-2020] e pela arqueóloga Niède Guidon. E outra de 2005, realizada pelo museólogo e antropólogo brasileiro Aristóteles Barcelos, professor na University of East Anglia [Reino Unido].

A minha ida e permanência na França entre 2023 e 2024 foi possível devido à Bolsa Guatá, uma iniciativa da embaixada francesa no Brasil que viabiliza viagens internacionais para doutorandos indígenas. Em minha primeira experiência internacional, participei de uma série de conferências e outras atividades, sob a supervisão do antropólogo Emmanuel Mathieu de Vienne, da Universidade Paris Nanterre. Nelas, pude falar sobre a minha pesquisa e sobre a cultura do meu povo em um país com uma tradição acadêmica que influenciou fortemente a antropologia brasileira.

Entre setembro de 2023 e fevereiro deste ano, realizei um levantamento detalhado das peças de cerâmica wauja do acervo do quai Branly. Em parceria com o antropólogo brasileiro e pesquisador científico daquela instituição Leandro Varison, iniciei um projeto de museografia colaborativa com o objetivo de atualizar e, em muitos casos, corrigir os nomes e as descrições desses itens. Trata-se de um trabalho que articula saberes tradicionais e acadêmicos no campo da antropologia. E é algo que espero continuar depois que terminar o doutorado.

Atualmente, sou vinculado à Escola Indígena Municipal Ulupuwene, no Xingu. Porém desde 2022 estou licenciado da sala de aula para me dedicar ao doutorado, que devo terminar em dois anos. Quando me perguntam o que vou fazer após a conclusão da pesquisa, respondo que quero voltar para minha aldeia e mostrar às crianças e adolescentes a importância de preservar nossas histórias e costumes, como é o caso da produção e utilização cotidiana das panelas de cerâmica. ■

DEPOIMENTO CONCEDIDO A PATRICIA MARIUZZO

SAIBA MAIS

Vestibular indígena 2025 (Unicamp e UFSCar)

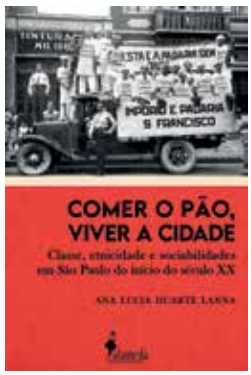
À esquerda, Autaki na aldeia Ulupuwene (MT) e, abaixo, com panelas de cerâmica wauja, no museu du quai Branly, em Paris

2

FOTOS 1 KUWÉ KARMÍ WAURÁ 2 LEANDRO VARISON

O pão na formação da metrópole paulistana

Janine Helfst Leicht Collaço



Comer o pão, viver a cidade. Classe, etnicidade e sociabilidades em São Paulo do início do século XX
Ana Lucia Duarte Lanna
Alameda Editorial
206 páginas
R$ 64,00

Uma torre de Babel. Assim podemos definir a cidade de São Paulo no início do século XX. Nesse período de intensas transformações, principalmente pela chegada de milhares de imigrantes, em grande parte italianos, é que se inicia a jornada deste livro. *Comer o pão, viver a cidade. Classe, etnicidade e sociabilidades em São Paulo do início do século XX*, da historiadora Ana Lucia Duarte Lanna, professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), analisa as abruptas mudanças na capital paulista a partir dos processos imigratórios e por um ângulo muito particular, o da comida, especificamente na figura do pão.

A autora examina no primeiro capítulo a presença dos estrangeiros na cidade. Europeus compunham a maior parcela dos novos habitantes, que supostamente vieram para "civilizar" e embranquecer a população local. Mas eles se depararam com outra realidade. A maioria dos italianos, por exemplo, era iletrada e aqui foi tratada quase como população escravizada. Muitos não tinham nenhum ofício ou habilidade profissional: iam trabalhar em posições como entregadores e condutores de carrocinhas, ou então usavam algum saber doméstico ligado à alimentação para atuar em estabelecimentos dedicados a servir refeições fora de casa. Nesse contexto, o pão se torna um item básico cada vez mais importante. Com massas como macarrão e nhoque, além de pizzas e molho de tomate, ele constrói as bases de uma cozinha étnica que será reconhecida antes nos países que receberam grande fluxo de imigrantes e só mais tarde na Itália.

A comida vai ganhar destaque no segundo capítulo, principalmente quando é discutido o acesso ao insumo mais importante naquele período: a farinha de trigo. O Brasil não cultivava o cereal e dependia das importações, sobretudo dos Estados Unidos. Além disso, a produção de pão demandava forno a lenha e fermento natural. As padarias no bairro do Bixiga, na cidade São Paulo, assim como outros comércios do gênero, costumavam compartilhar o espaço da casa e do negócio e contavam com fornos a lenha. Isso facilitava reproduzirem o pão do saber doméstico, colocando um novo marco na relação do conhecimento privado com o público.

Abastecimento e comer na cidade, aspectos que influenciaram a paisagem urbana paulistana, são os próximos temas abordados pelo livro. Mercados, chamados, em geral, de secos e molhados, são inaugurados na capital oferecendo possibilidade de trabalho a, por exemplo, entregadores e puxadores de carroça. São os armazéns que também garantem o aprovisionamento doméstico ao vender fiado, ou seja, dando crédito aos clientes, cujo aval é possibilitado pelas relações de vizinhança. Naquele momento, o tipo de alimento consumido passa por uma grande e rápida mudança, com a chegada de muitos produtos importados como "pilhas e pilhas" de latas de molho de tomate, azeite, massas.

Em relação à prática de comer fora, a autora analisa nos últimos capítulos os estabelecimentos comerciais que surgem, sobretudo padarias e confeitarias, vislumbrando novas sociabilidades. Também lança luz no tratamento desigual que os vendedores ambulantes recebiam, perseguidos pelo poder público por serem considerados "sujos", enquanto os novos estabelecimentos eram vistos como estandartes da modernidade e civilidade. Podemos inferir que a desigualdade se fazia presente muito fortemente não só em termos de classe social, mas racial. Os negros eram considerados cidadãos de segunda classe e sua forte presença no Bixiga foi apagada do mapa ao longo do século XX.

O higienismo oficial foi muito duro com esse segmento da população, por acreditar que essas pessoas não tinham espaço em seu projeto de modernidade. Em função da opção por comércios formais, a comida vendida na rua pelas quitandeiras torna-se, a partir desse ponto de vista, "inapropriada", assim como as mulheres que a preparavam e a comercializavam. Paulatinamente, esse tipo de comércio ambulante foi escasseando, assim como oportunidades de trabalho para uma parte da população mais pobre.

Em suma, o livro, resultado de sólida pesquisa, mostra por meio de linguagem acessível como a alimentação pode ajudar a entender as mudanças sociais, culturais e econômicas vivenciadas pela cidade de São Paulo no período em questão.

A antropóloga **Janine Helfst Leicht Collaço** é professora da Faculdade de Ciências Sociais da Universidade Federal de Goiás (UFG).

FAPESP
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

PRESIDENTE
Marco Antonio Zago

CONSELHO SUPERIOR
Antonio José de Almeida Meirelles, Carmino Antonio de Souza, Helena Bonciani Nader, Herman Jacobus Cornelis Voorwald, Marcílio Alves, Maria Arminda do Nascimento Arruda, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Thelma Krug

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

DIRETOR-PRESIDENTE
Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO
Marcio de Castro Silva Filho

DIRETOR ADMINISTRATIVO
Fernando Menezes de Almeida

Pesquisa FAPESP
ISSN 1519-8774

COMITÊ CIENTÍFICO
Luiz Nunes de Oliveira (*Presidente*), Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Anapatrícia Morales Vilha, Carlos Américo Pacheco, Carlos Graeff, Célio Haddad, Claudia Mendes de Oliveira, Deisy de Souza, Douglas Zampieri, Eduardo Zancul, Euclides de Mesquita Neto, Fernando Menezes de Almeida, Flávio Vieira Meirelles, José Roberto de França Arruda, Jó Ueyama, Lilian Amorim, Liliam Sanchez Carrete, Marcio de Castro Silva Filho, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Maria Julia Manso Alves, Marie-Anne Van Sluys, Marta Arretche, Nina Stocco Ranieri, Paulo Schor, Reinaldo Salomão, Richard Charles Garratt, Rodolfo Jardim Azevedo, Sergio Costa Oliveira, Luiz Vitor de Souza Filho, Watson Loh

COORDENADOR CIENTÍFICO
Luiz Nunes de Oliveira

DIRETORA DE REDAÇÃO
Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE
Neldson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (*Política Científica e Tecnológica*), Carlos Fioravanti (*Ciências da Terra*), Marcos Pivetta (*Ciências Exatas*), Maria Guimarães (*Ciências Biológicas*), Ricardo Zorzetto (*Ciências Biomédicas*), Ana Paula Orlandi (*Humanidades*), Yuri Vasconcelos (*Tecnologia*)

REPÓRTERES Christina Queiroz e Sarah Schmidt

ARTE Claudia Warrak (*Editora*), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecilia Felli (*Designers*), Alexandre Affonso (*Editor de infografia*)

FOTÓGRAFO Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS Valter Rodrigues

SITE Yuri Vasconcelos (*Coordenador*), Jayne Oliveira (*Coordenadora de produção*), Kézia Stringhini (*Redatora on-line*)

MÍDIAS DIGITAIS Maria Guimarães (*Coordenadora*), Renata Oliveira do Prado (*Editora de mídias sociais*), Vitória do Couto (*Designer digital*)

VÍDEOS Christina Queiroz (*Coordenadora*)

RÁDIO Fabrício Marques (*Coordenador*) e Sarah Caravieri (*Produção*)

REVISÃO Alexandre Oliveira e Margô Negro

REVISÃO TÉCNICA Bernardo Mançano Fernandes, Célio Haddad, Gabriela Pellegrino Soares, Jean Ometto, José Roberto de França Arruda, Paulo Artaxo, Rafael Oliveira, Reinaldo Salomão

COLABORADORES Enrico Di Gregorio, Domingos Zaparolli, Janine Helfst Leicht Collaço, Gilberto Stam, Giselle Soares, Glauco Lara, Guilherme Costa, Inacio Regiani, Meghie Rodrigues, Patricia Mariuzzo, Renata Fontanetto, Ricardo Balthazar, Sinésio Pires Ferreira, Suzel Tunes

MARKETING E PUBLICIDADE Paula Iliadis
CIRCULAÇÃO Aparecida Fernandes (*Coordenadora de Assinaturas*)
OPERAÇÕES Andressa Matias
SECRETÁRIA DA REDAÇÃO Ingrid Teodoro

É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DE TEXTOS, FOTOS, ILUSTRAÇÕES E INFOGRÁFICOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO

TIRAGEM 28.490 exemplares
IMPRESSÃO Plural Indústria Gráfica
DISTRIBUIÇÃO RAC Mídia Editora

GESTÃO ADMINISTRATIVA FUSP – FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PESQUISA FAPESP Rua Joaquim Antunes, nº 727, 10º andar, CEP 05415-012, Pinheiros, São Paulo-SP
FAPESP Rua Pio XI, nº 1.500, CEP 05468-901, Alto da Lapa, São Paulo-SP

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

COMENTÁRIOS

cartas@fapesp.br

Mulheres no presídio

Infelizmente a mulher é abandonada em diversas situações ("Punição dupla", edição 342). Somos adestradas a amar incondicionalmente e isso significa que temos que cuidar de todos o tempo todo, embora ninguém cuide da mulher – no máximo, uma outra mulher. A solidão tem gênero e é feminina.

Nice Alcântara

Produtividade científica

A pressão "industrial" na produção acadêmica é mundial ("Pesquisadores chineses admitem que cometeram má conduta para ampliar sua produtividade acadêmica", disponível apenas no site). Isso precisa acabar com urgência.

Wilson Guerra

Fogo no Pantanal

Estudo de extrema importância. É preciso trabalhar para que a degradação não se concretize no Pantanal ("Mamíferos depois do fogo", edição 342). Para isso, precisamos do apoio da população e dos políticos.

Roberta Montanheiro Paolino

Covid-19

Esse estudo representa um avanço significativo nos achados sobre a Covid-19 ("Proteína do novo coronavírus torna célula infectada invisível ao sistema imune", disponível apenas no site). Esperamos que reverbere, contribuindo para soluções relacionadas às doenças pandêmicas.

Marcella Cardoso

Comida de aves

Mais uma questão essencial que pode ajudar municípios, especialmente aqueles que possuem seus biomas bem preservados, a formular políticas públicas mais adequadas para a sustentabilidade do meio ambiente ("Nos limites de seu ambiente ideal, aves capricham na escolha do alimento", disponível apenas no site).

Mariel Liberato

Vídeo

Conseguimos alcançar o protagonismo que a nossa pesquisa com café merece ("A ciência do café") e, além disso, aproximar a ciência da sociedade. Parabéns aos pioneiros da pesquisa com o café.

Kristine Fahl Cahali

Sua opinião é bem-vinda. As mensagens poderão ser resumidas por motivo de espaço e clareza.

ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇO
Envie um e-mail para assinaturaspesquisa@fapesp.br

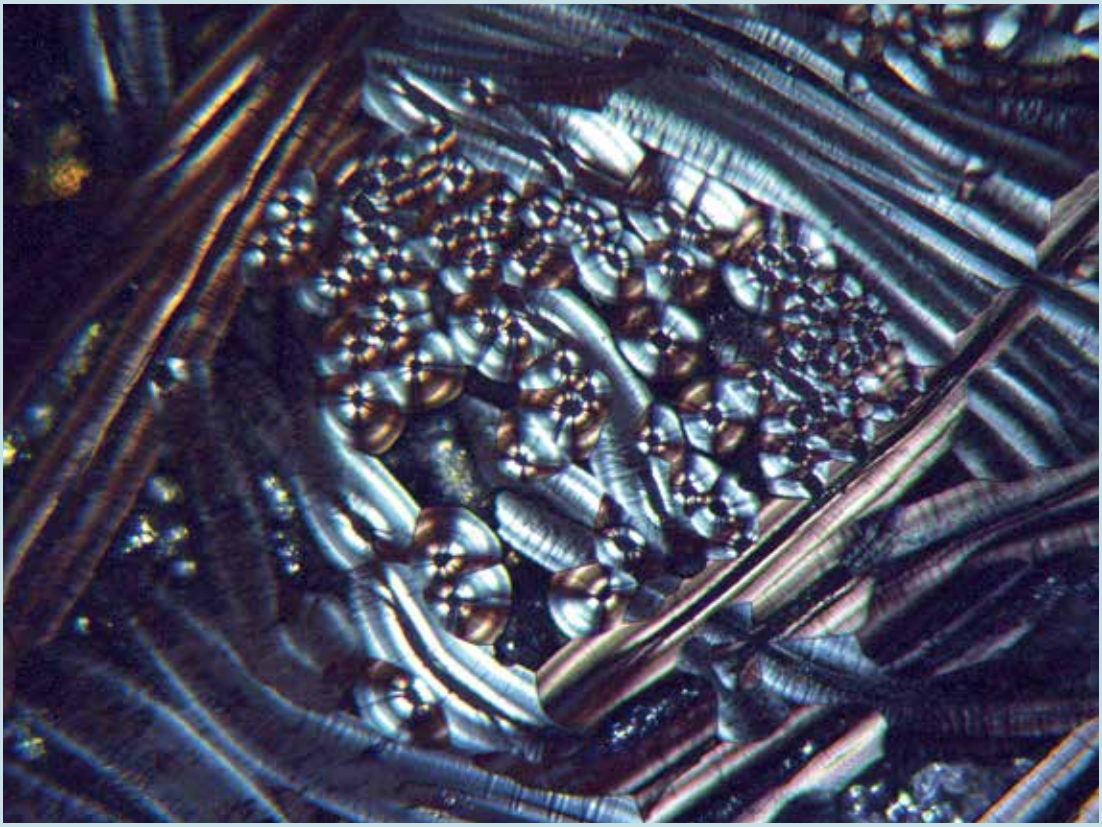
PARA ANUNCIAR
Contate: Paula Iliadis
E-mail: publicidade@fapesp.br

EDIÇÕES ANTERIORES
Preço atual de capa acrescido do custo de postagem.
Peça pelo e-mail: assinaturasrevista@fapesp.br

LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO
Adquira os direitos de reprodução de textos e imagens de *Pesquisa FAPESP*.
E-mail: redacao@fapesp.br

CONTATOS
revistapesquisa.fapesp.br
redacao@fapesp.br
PesquisaFapesp
PesquisaFapesp
pesquisa_fapesp
@pesquisa_fapesp
PesquisaFAPESP
pesquisafapesp
cartas@fapesp.br
R. Joaquim Antunes, 727
10º andar
CEP 05415-012
São Paulo, SP

Sua pesquisa rende fotos bonitas? Mande para **imagempesquisa@fapesp.br**
Seu trabalho poderá ser publicado na revista.



Carbono aeroespacial

A matriz de carbono reforçada com fibras de carbono que aparecem como pontos escuros e fios deitados foi depositada pela técnica de infiltração por vapor químico. O material é importante para fazer freios de grandes máquinas como trens-bala, aviões e peças para foguetes. Sua produção em escala industrial, porém, é dominada por poucos países. Em laboratório, pesquisadores do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) conseguiram. "Infelizmente, o custo energético seria muito alto e as empresas do ramo aeroespacial não se interessaram, então não continuamos", diz Inacio Regiani. Produzido em 2015, o material pôde ser visto com a nitidez desta foto, em aumento de 100 vezes, depois de melhorias no microscópio, que ganhou iluminação mais potente.

Imagem enviada pelo engenheiro mecânico Inacio Regiani, do ITA, que trabalhou em parceria com João Jorge Souza dos Santos

8ª CONFERÊNCIAS FAPESP 2024

REPENSANDO A PÓS-MEMÓRIA

DEPOIS DE 7 DE OUTUBRO

27 SET 2024
das 10h às 11h30

Memorial to the Murdered Jews of Europe/Wikipedia/Stelae

Na conferência, Marianne Hirsch pondera os usos e abusos da memória do Holocausto e discute **SE** e **COMO** devem ser consideradas a possibilidade e a necessidade de cura e reparação.

Foto: acervo pessoal

Marianne Hirsch é professora emérita William Peterfield Trent of English and Comparative Literature and the Institute for the Study of Sexuality and Gender na Universidade Columbia. Seu trabalho discute a transmissão de memórias de violência através de gerações, combinando a teoria feminista com estudos de memória. Foi presidente da Modern Language Association of America e é membro da American Academy of Arts and Sciences. Os seus livros incluem *The Generation of Postmemory: Writing and Visual Culture After the Holocaust* (2012) e o volume coeditado *Women Mobilizing Memory* (2019). Com Leo Spitzer, foi coautora de dois livros recentes: *Ghosts of Home: The Afterlife of Czernowitz in Jewish Memory* (2010) e *School Photos in Liquid Time: Reframing Difference* (2020).

MODERAÇÃO

Esther Imperio Hamburger, Universidade de São Paulo (USP)
Márcio Seligmann-Silva, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Para mais informações e inscrições, acesse

fapesp.br/conferencias

EVENTO PRESENCIAL
com tradução simultânea

Auditório FAPESP
Rua Pio XI, 1500
Alto da Lapa
São Paulo/SP

À VENDA EM BANCAS
DE TODO O PAÍS