

# Pesquisa

JULHO DE 2023 | ANO 24, N. 329

FAPESP ▲



## O AVANÇO DA DEMÊNCIA

Ao menos 1,76 milhão de brasileiros apresentam alguma forma da doença, que cresce com o envelhecimento da população

Por que a maioria dos órgãos disponíveis para transplante não é aproveitada no país

Brasil ingressa em comitê da Unesco que combate o tráfico de bens culturais

Sódio pode ser alternativa ao lítio em baterias que equipam veículos elétricos

Megaestudo compara genoma de 233 espécies de primatas, inclusive os humanos

Descoberta de mineral raro revela montanhas e vulcões extintos no Ceará

Autor de *Latim em pó* defende a diversidade linguística e a flexibilização do português

SUA PESQUISA  
RENDE  
**FOTOS BONITAS?**



MANDE PARA  
**IMAGEMPESQUISA**  
**@FAPESP.BR**

Seu trabalho poderá ser  
selecionado e publicado na revista.  
Requisitos: beleza;  
estar associado à pesquisa;  
ter boa resolução (300 DPI)

**Pesquisa**  
FAPESP



## JULHO 2023

**5** CARTA DA EDITORA  
**6** NOTAS

### CAPA

**12** Ao menos 1,76 milhão de pessoas no Brasil apresentam alguma forma de demência

### ENTREVISTA

**20** Virginia Ciminelli, da UFMG, defende o compartilhamento dos benefícios da mineração com as comunidades locais

Macaco uacari-branco (*Cacajao calvus*): projeto ambicioso (GENÔMICA, P. 42)

### FINANCIAMENTO

**26** Indicadores mostram o desempenho do sistema de ciência e tecnologia na pandemia

### POLÍTICAS PÚBLICAS

**30** Levantamento analisa oferta e razões da recusa de órgãos para transplantes no país

### CIENTOMETRIA

**33** Estudo estima a influência de lideranças acadêmicas no desempenho de colaboradores

### ENTREVISTA

**34** O economista Alexandre Gomide fala sobre desmonte e reconfiguração de políticas públicas

### BOAS PRÁTICAS

**38** Conferência discute estratégias para combater as fraudes praticadas por fábricas de *papers*

### DADOS

**41** Taxas de conclusão e evasão no doutorado e os efeitos da pandemia

### GENÔMICA

**42** Projeto internacional sequencia o DNA de 233 espécies de primatas

### FARMACOLOGIA

**46** Drogas psicodélicas preparam os neurônios para composto que gera conexões com outras células

### OFTALMOLOGIA

**48** Formação anormal de vasos na retina afeta a disponibilidade e a utilização de lipídios em suas células

### ZOOLOGIA

**50** Quantidade de presas influencia período reprodutivo de águias

### PALEONTOLOGIA

**52** Fragmentos de dentes ajudam a revelar a flora dos Pampas na Era do Gelo

### ECOLOGIA

**56** Fósseis de microrganismos marinhos indicam que o mar do Caribe invadiu a Amazônia no passado





Gravura de Emil Bauch e Federico Kaus faz parte do acervo da BN (MUSEOLOGIA, P. 78)

## GEOLOGIA

**58** Descoberta de minerais raros reconstituiu os movimentos de placas tectônicas no Ceará há 600 milhões de anos

## ENTREVISTA

**62** Licenciado da USP, o físico Salvador Bagnato monta no Texas um laboratório de biofotônica inspirado no que coordena em São Carlos

## CLIMA

**65** Emissões de CFC, compostos que destroem a camada de ozônio, aumentaram na última década

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**68** Musgos retiram da atmosfera 6,43 bilhões de toneladas de carbono por ano

## NOVOS MATERIAIS

**70** Lentes ultrafinas de silício podem combinar campo de visão amplo e alta resolução digital

## ENERGIA

**74** Pesquisadores preparam o primeiro protótipo de bateria de sódio brasileira

## MUSEOLOGIA

**78** Brasil estreia em comitê da Unesco responsável por combater o comércio ilícito de bens culturais

## ENTREVISTA

**84** No livro *Latim em pó*, Caetano Galindo investiga formação do português

## HISTÓRIA

**87** Pesquisas revelam a diversidade ideológica e regional do movimento punk brasileiro

## MEMÓRIA

**90** Os sinos tocam há séculos para marcar o tempo, comunicar mortes, chamar para missas e dar fundo sonoro a datas festivas

## ITINERÁRIOS DE PESQUISA

**94** O arquiteto Paulo Tavares se divide entre a vida acadêmica, o trabalho artístico e a defesa dos direitos humanos

## RESENHA

**96** *Niéde Guidon: Uma arqueóloga no sertão*, de Adriana Abujamra. Por Cristiana Barreto

**97** COMENTÁRIOS**98** FOTOLAB

VÍDEO

### Antropólogo tukano revela conceitos da medicina indígena

Centro de cuidados em saúde baseado em sistema de conhecimento indígena já atendeu mais de 10 mil pessoas em Manaus



VÍDEO

### DNA sintético poderá armazenar dados digitais

Forma de guardar informações digitais deverá mudar radicalmente para comportar volume muito maior de dados



PODCAST

### Árvores, fome e febre maculosa

A árvore mais alta da Amazônia, os gargalos que geram insegurança alimentar, o método que aponta *papers* falsos e a febre maculosa

Este conteúdo está disponível no site [www.revistapesquisa.fapesp.br](http://www.revistapesquisa.fapesp.br), que contém, além de edições anteriores, versões em inglês e espanhol e conteúdo exclusivo



Fanzine

*Anti Sistema* (1985)  
(HISTÓRIA, P. 87)

## Resiliência e mobilização

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

Foi destaque na imprensa a repatriação do fóssil de dinossauro da espécie *Ubirajara jubatus*, retirado ilegalmente do Nordeste em 1995. Nos últimos anos, a Unesco tem discutido parâmetros éticos para o mercado de bens culturais, buscando definições consensuais sobre a comercialização de objetos com valor histórico.

Em maio, o Brasil passou a integrar o Comitê Subsidiário da Convenção de 1970 da Unesco, o principal instrumento jurídico internacional para o combate ao tráfico de bens culturais. Dono de um rico acervo, como fósseis, objetos sacros, livros e documentos antigos, o país tem avançado na preservação de seu patrimônio. Recentemente, elaborou uma Lista Vermelha de objetos com maior risco de comércio ilegal (*página 78*).

A mais recente edição dos Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação, lançada em maio com dados atualizados para 2020 ou 2021, mostra uma retração nos investimentos em P&D.

Os recursos aplicados por um país em P&D são uma medida de seu esforço para estimular dimensões fundamentais do seu desenvolvimento. Contemplam atividades de pesquisa básica e aplicada, a formação de pesquisadores e a criação de novos produtos e processos.

Na comparação de 2020 com 2019, os investimentos federais aumentaram, os aplicados em P&D pelos estados permaneceram estáveis e os recursos privados reduziram, em magnitude que ainda está em avaliação (*página 26*). No Brasil, a produção científica e tecnológica está muito associada a instituições públicas – que inclusive ocupam o topo do ranking de patentes, algo que não se vê na maioria dos países mais ricos. Mas a produção de conhecimento dentro de empresas ou em parceria com o setor público é essencial

para o avanço tecnológico, econômico e social de um país e retroalimenta a atividade científica.

As políticas públicas são fundamentais para induzir e orientar o desenvolvimento de um país, o que requer avaliações e estudos. Livro recém-lançado pelo Ipea analisa a reconfiguração de diversas políticas públicas brasileiras desde 2016. Algumas atividades, como saúde e cultura, apresentaram maior resiliência que outras, como meio ambiente e direitos indígenas (*página 34*).

Com o objetivo de mobilizar o governo para a criação de uma estratégia de ação nacional para enfrentar a demência como crescente problema de saúde pública, pesquisadores preparam um abrangente relatório, conta o editor Ricardo Zorzetto na reportagem de capa desta edição (*página 12*).

O avanço da demência atinge a maior parte dos países, com o aumento da longevidade da população. Mas são os países de baixa e média renda que mais demandam políticas para o enfrentamento dessa enfermidade, cuja forma prevalente é a doença de Alzheimer. Entre outros fatores, o nível educacional está diretamente relacionado à saúde do cérebro – o letramento promove uma alteração anatômica e funcional do órgão. O treinamento de profissionais da saúde no diagnóstico da demência pode evitar ou adiar novos casos.

A crônica falta de doadores de órgãos é objeto de campanhas e reportagens na mídia. Um obstáculo menos conhecido é a recusa do órgão pelas equipes de transplantes. Estudo feito por técnicos do Ministério da Saúde mostra que 63% dos órgãos sólidos (fígado, rim, pâncreas, coração, pulmão) são recusados; desse total, 59% dos órgãos não são aceitos por condições clínicas dos doadores (*página 30*).

El Niño pode tornar alagamentos como este, em Porto Alegre (RS), mais comuns

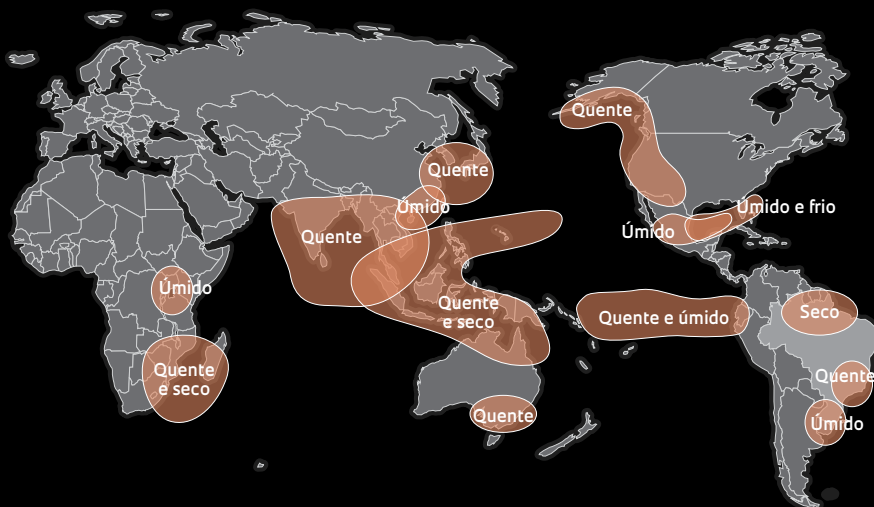


## Sinais do próximo El Niño

O Centro de Previsão Climática da Administração Oceânica e Atmosférica (Noaa), dos Estados Unidos, relatou no início de junho o surgimento do El Niño, o aquecimento das águas superficiais do Pacífico equatorial acima da média histórica. As mudanças já registradas neste ano no oceano e na atmosfera tornam provável a ocorrência desse fenômeno durante o próximo inverno no hemisfério Norte (verão no Brasil). De acordo com o comunicado, a chance de um El Niño forte é de 56% e de um moderado de 84%. Talvez seja um dos mais intensos das últimas três décadas. O El Niño e a La Niña, o evento inverso, de resfriamento do Pacífico, integram o mesmo fenômeno chamado El Niño Oscilação Sul (Enos), que provoca mudanças nos padrões globais de transporte de umidade, aumentando a pluviosidade em algumas regiões e reduzindo-a em outras: o clima da Oceania e de leste e sul da África fica mais quente e seco, enquanto nos Estados Unidos o inverno é menos rigoroso. Em maio, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) alertou sobre a formação do El Niño e seus prováveis efeitos no Brasil até o final deste ano: temperaturas mais altas e menos chuva nas regiões Norte e Nordeste e mais chuva nas regiões Sudeste e Sul (Inpe, 24 de maio; Noaa, 8 de junho).

## Efeitos do fenômeno

O aquecimento do Pacífico equatorial deixa o clima de algumas regiões mais quente e de outras mais úmido



FONTE: NCEP CLIMATE PREDICTION CENTER

# Os danos do vírus tipo 4 da dengue nos rins

Ressurgido em 2010 em Roraima, 31 anos após a identificação do primeiro caso, no mesmo estado, o sorotipo 4 do vírus da dengue (Denv-4) volta a preocupar, por ter sido registrado nos últimos anos no Amazonas, Pará, Bahia, Pernambuco, Rio de Janeiro, Piauí e São Paulo. Até junho de 2023 todos os sorotipos da dengue provocaram 503 mortes no país, segundo o Ministério da Saúde. O Denv-4 causa sintomas semelhantes aos de outros sorotipos (dores de cabeça, no corpo e articulações, febre alta, diarreia e vômito) e o tratamento é semelhante (repouso, ingestão de líquidos e uso de antitérmicos). Como a maioria da população não teve contato com o sorotipo 4, aumenta o risco de uma epidemia. O Denv-4 substituiu os outros sorotipos nos lugares onde foi registrado, como o Peru, a Índia e em ilhas do Pacífico. Pode danificar os pulmões, o coração e o cérebro. Os rins também sofrem, conforme estudo da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) do Rio de Janeiro. Rins de camundongos infectados com Denv-4 extraído de uma pessoa apresentaram uma inflamação local, com aumento dos glomérulos (capilares que recebem e filtram o sangue que chega aos rins), infiltração de células de defesa, morte celular e hemorragia (*Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 8 de maio).

# Micróbios devoradores de plásticos

Vieram dos Alpes suíços e do norte da Groenlândia as 19 variedades de bactérias e 15 de fungos que se mostraram capazes de digerir plásticos a 15 graus Celsius (°C) – outros já haviam sido encontrados, mas só funcionavam a temperaturas acima de 30 °C, dificultando sua aplicação. Pesquisadores do Instituto Federal Suíço para Pesquisa de Floresta, Neve e Paisagem (WSL) os encontraram crescendo em plásticos soltos ou enterrados, mantidos por um ano nos Alpes ou no Ártico. Depois os testaram em laboratório para ver que plásticos exatamente poderiam ser digeridos. Nenhuma das cepas foi capaz de digerir o polietileno não biodegradável, mesmo após 126 dias de incubação, mas 11 espécies de fungos e 8 de bactérias degradaram o poliéster-poliuretano biodegradável e outros 14 fungos e 3 bactérias as misturas de polibutileno adipato tereftalato e ácido polilático. Fungos dos gêneros *Neodevriesia* e *Lachnellula* foram capazes de degradar todos os materiais plásticos biodegradáveis testados. As bactérias pertenciam a 13 gêneros nos filos (uma das categorias da classificação científica dos seres vivos) Actinobacteria e Proteobacteria e os fungos a 10 gêneros nos filos Ascomycota e Mucoromycota (*Frontiers in Microbiology* e *The Guardian*, 10 de maio).



Um curso de água profundo pode ter formado essas camadas curvas de rochas

# Indícios de rios extintos, em Marte

Novas imagens do rover (veículo robótico) Perseverance da Nasa, a agência espacial dos Estados Unidos, mostraram sinais do que poderia ter sido um rio agitado em Marte, mais profundo e mais rápido do que outros já detectados. O rio fazia parte de uma rede de cursos de água que desaguava na cratera Jezero, que o rover explora há mais de dois anos. Mosaicos feitos com centenas de imagens capturadas pelo rover sugerem que a água fluía em um grande sistema fluvial, identificado por grãos de sedimentos grosseiros e pedras. As camadas curvas, possivelmente formadas pela água, que devem ter sido mais altas no passado, aparecem dispostas em fileiras que se espalham pela paisagem. Elas podem ser os restos das margens de um rio que mudaram com o tempo ou de bancos de areia que se formaram no rio. Os cientistas suspeitam que as pilhas de sedimentos, depois de se transformarem em rocha, foram sopradas pelo vento e esculpidas até o tamanho atual. Para entender melhor os possíveis ambientes aquáticos de Marte, as equipes da Nasa estão também observando abaixo da superfície, usando o instrumento de radar de penetração no solo no Perseverance chamado Rimfax, abreviação de Radar Imager for Mars' Sub-surface Experiment (*Nasa News*, 11 de maio).



Bactérias e fungos talvez possam amenizar os efeitos do excesso de resíduos plásticos

Uma erupção do Whakaari matou 22 pessoas em dezembro de 2019



## Agência assume culpa por falha em avaliação de risco

A agência de pesquisa de ciências da Terra da Nova Zelândia, GNS Science, responsável pelo monitoramento de atividades sísmicas e vulcânicas na região, declarou-se culpada de ter falhado em comunicar o risco vulcânico aos pilotos de helicóptero que pousavam na Ilha Branca, também conhecida como Whakaari, entre fevereiro e dezembro de 2019. Em 9 de dezembro desse ano, a erupção do vulcão Whakaari matou 22 pessoas e feriu outras 25. Nas semanas anteriores, os boletins de alerta vulcânico apontavam sinais de uma erupção próxima. O GNS reconheceu que deveria ter havido uma troca de informações mais consistente com os operadores de helicóptero que transportavam funcionários da agência. Em novembro de 2020, o presidente da Agência Nacional Reguladora de Saúde e do Trabalho, a WorkSafe New Zealand, que fez a acusação, alegou que a erupção era inesperada, mas não imprevisível e, portanto, os responsáveis pelo transporte de pessoas para a ilha deveriam zelar pela segurança delas. É a primeira vez que uma agência científica se enquadra na Lei de Saúde e Segurança no Trabalho, estabelecida em 2015. O delito implica o pagamento de uma multa máxima equivalente a cerca de R\$ 4,5 milhões (*Nature*, 5 de junho).

## Laboratório para frutas na África do Sul

Produtores e exportadores de frutas da África do Sul inauguraram um laboratório na fazenda experimental da Universidade de Stellenbosch, na província do Cabo Ocidental, para fazer análises antes encomendadas para laboratórios privados e atender às exigências internacionais contra insetos e pragas. Primeiro desse tipo no país, construído a um custo de US\$ 367 mil (cerca de R\$ 1,8 milhão), o Laboratório Fitossanitário Hortgro (Phyla) tem quatro câmaras frigoríficas, uma de fumigação, laboratórios para pesquisa e controle de qualidade de frutas e colônias de insetos e ácaros prejudiciais às frutas. A prioridade são as pesquisas sobre tratamentos fitossanitários pós-colheita que assegurem a exportação sem patógenos. Um dos estudos deverá avaliar os métodos alternativos de fumigação associados ao armazenamento a frio para controle do percevejo-do-grão (*Macchiademus diplopterus*), associado ao trigo, às vezes encontrado em embalagens de frutas. A África do Sul exporta vinho, uvas, frutas cítricas, nozes, maçãs, peras e abacates (*Science*, 30 de maio; *The Conversation*, 3 de março).

Uma das metas é aumentar a fiscalização feita pelos órgãos ambientais



## Outro plano contra o desmatamento na Amazônia

O governo federal relançou no início de junho o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) com o propósito de zerar o desmatamento na região norte até 2030. Com mais de 100 páginas, a nova versão do documento apresentado inicialmente em 2004 indica quatro eixos de ação e 12 objetivos. Entre as metas previstas, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) deverá começar a aumentar a fiscalização em 30% da área desmatada ilegalmente. Por sua vez, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) deverá agir para interditar metade das áreas desmatadas ilegalmente, identificadas pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (Prodes), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), em áreas de conservação federais. O plano inclui objetivos a serem concluídos em 2027, como a suspensão dos registros de Cadastro Ambiental Rural (CAR) de imóveis sobrepostos a terras indígenas, a incorporação de 100% das terras devolutas ao patrimônio da União e a criação de 3 milhões de hectares de unidades de conservação (*Reset*, 5 de junho; *g1*, 7 de junho).





O manguezal é um dos ambientes do povoado de Siribinha, em Conde (BA)

## Vegetação costeira, esponjas de carbono

Ainda que sejam desvalorizadas e sofram reduções frequentes em razão da expansão urbana, as áreas ocupadas por ecossistemas costeiros com vegetação (manguezais, gramas marinhas e pântanos salgados) são importantes para o armazenamento de carbono orgânico, também chamado de carbono azul, que, se liberado para a atmosfera, contribui para o aquecimento global. De acordo com um estudo coordenado pela oceanógrafa Vanessa Hatje, da Universidade Federal da Bahia, os ambientes litorâneos da Guiana à Argentina, que ocupam uma área aproximada de 15 mil quilômetros quadrados, representam até 4% das taxas anuais de sequestro de carbono no mundo. Os mangue-

zais cobrem a maior parte dessa faixa litorânea e respondem por 70% a 80% do acúmulo anual de carbono orgânico, absorvendo de 0,4 a 2,6 teragrama de carbono por ano (1 teragrama equivale a  $10^9$  quilogramas), duas vezes mais que os outros tipos de ecossistemas costeiros examinados. A equipe responsável por esses cálculos, formada também por pesquisadores das universidades federais do Rio Grande (Furg), de Juiz de Fora (UFJF), da Nigéria, do Reino Unido, da Austrália e da Espanha, defende a intensificação de esforços para a incorporação dos ambientes costeiros nas estratégias de redução dos efeitos das mudanças climáticas (*Communications Earth & Environment*, 8 de maio).



## Ônibus com bateria de lítio na Argentina

Começou a circular em junho na cidade de La Plata, na província de Buenos Aires, na Argentina, uma nova versão do ônibus de propulsão elétrica com bateria de lítio, o primeiro no país. Com autonomia de 200 quilômetros (a do protótipo anterior era de 60) e recarga entre quatro e seis horas, tinha originalmente um motor convencional e foi convertido por professores e alunos da Faculdade de Engenharia e do Centro Tecnológico Aeroespacial da Universidade Nacional de La Plata (UNLP), em colaboração com a empresa Nove de Julho. A instalação elétrica e os sistemas de freios e de suspensão foram mantidos, com bateria e motor novos. O projeto contou com financiamento de 4,9 milhões de pesos (R\$ 98,7 mil) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) da Argentina. Já comuns na Europa e na Ásia, os ônibus elétricos desse tipo têm potencial para emissão quase zero de poluentes e são silenciosos, mas pesam mais e têm menor autonomia que os convencionais. O peso adicional das baterias implica uma capacidade menor de passageiros (UNLP e MCTI, 5 de junho).



Na conversão do ônibus, o motor a combustão e o tanque de combustível originais deram lugar a um novo propulsor elétrico e às baterias de lítio



Os tipos de bolores na casca do Canastra variam ao longo do ano

## O mais antigo registro de um beijo, na Mesopotâmia

Recém-anunciado por pesquisadores da Universidade de Copenhague, na Dinamarca, e da Universidade de Oxford, no Reino Unido, o primeiro beijo registrado em um painel de argila mostrando um casal nu fazendo sexo foi há 4.500 anos, na antiga Mesopotâmia, a área ao longo dos rios Eufrates e Tigre, que hoje cobre aproximadamente o Iraque e a Síria. Fontes escritas das primeiras sociedades da Mesopotâmia indicaram que o beijo era uma prática comum entre amantes, amigos e familiares no Oriente Médio. O beijo labial também pode ter acelerado a propagação de vírus como o herpes simplex 1, cujos sintomas eram mencionados em textos médicos da Mesopotâmia (*Science e EurekAlert*, 18 de maio).



Painel de argila de 4.500 anos retrata um casal se beijando

## Fungos, fontes de sabor e problemas

As espécies de fungos que crescem sobre a casca durante a maturação do queijo Canastra, produzido na região serrana do sudoeste de Minas Gerais, variam ao longo do ano. Na estação chuvosa (dezembro a março), a diversidade é maior, com predomínio de espécies como *Debaryomyces prosopidis*, *Trichosporon asahii*, *Kluyveromyces lactis* e *Fusarium solani*. Por meio de uma análise comparativa de DNA de fungos extraídos de 96 queijos produzidos nas nove cidades da microrregião, pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa (UFV) identificaram 25 espécies de fungos abundantes na casca, cuja diversidade varia também de acordo com a cidade e o produtor. Em queijos de todas as fazendas avaliadas havia várias espécies de fungos em comum, indicando que poderiam ter um papel relevante na qualidade do Canastra. De consistência semidura ou compacta, branco-amarelado e sabor ligeiramente ácido, é mais denso e picante quanto mais maturado. Em outro estudo, a equipe da UFV apresentou as oportunidades de mercado dos queijos de casca florida, com fungos, e alertou para os cuidados que os produtores devem ter: há risco de esses microrganismos produzirem compostos tóxicos, as micotoxinas, ou intensificarem o amargor ou a descoloração de queijos do Brasil e de outros países (*Frontiers in Microbiology*, fevereiro; *Helyon*, abril).

## Carta aberta defende cientistas russos presos por traição

Uma carta aberta de pesquisadores do Instituto Khristianovich de Mecânica Teórica e Aplicada, na Sibéria, publicada em maio, criticou a prisão, determinada pelo governo da Rússia, de três cientistas suspeitos de traição. Os especialistas em tecnologia de mísseis hipersônicos Anatoly Maslov, Valery Zvegintsev e Alexander Shipliyuk, do instituto siberiano, foram presos em agosto, acusados de repassar dados sigilosos para a China sobre a tecnologia de mísseis hipersônicos, que podem transportar ogivas nucleares e mudar de direção durante o voo. Shipliyuk, que dirigia o instituto desde 2006, diz que as acusações não fazem sentido e que as informações compartilhadas com colegas chineses em uma conferência científica em Beijing não eram sigilosas e já tinham sido publicadas na internet. Segundo a carta, faz parte da atividade científica apresentar trabalhos em conferências e participar de colaborações internacionais, e tratar isso como traição inviabiliza o funcionamento do instituto. De acordo com a agência *Reuters*, as prisões por traição indicam que a Rússia está preocupada em manter a dianteira tecnológica na construção de mísseis hipersônicos e não aceita compartilhar dados nem com a China, seu aliado geopolítico na guerra da Ucrânia. Desde 2020, pelo menos três outros cientistas russos foram presos sob a acusação de vazar informações para colegas chineses.



## Carro voador da Embraer passa em teste decisivo

A startup Eve Air Mobility, subsidiária da Embraer, anunciou em maio que um modelo em tamanho natural de seu carro voador, o eVTOL, acrônimo em inglês para veículos elétricos que decolam e pousam na vertical, passou por testes em túnel de vento em uma instalação próxima à cidade de Lucerna, na Suíça. Avaliações desse tipo são uma etapa essencial para obter as certificações do aparelho com as autoridades regulatórias e sinalizar para o mercado o *status* do projeto. Nesse caso, serviu para medir as forças aerodinâmicas que atuam sobre a aeronave, permitindo que os projetistas avaliem sua sustentação, eficiência, qualidade de vo

e desempenho. Criada em 2020 e sediada em Melbourne, na Flórida (EUA), a Eve espera finalizar no primeiro semestre a seleção de fornecedores de peças e, no segundo, começar a construção do primeiro protótipo em escala real. Se os testes adicionais apresentarem os resultados desejados, a operação comercial poderá começar em 2026. Totalmente elétrico, com um alcance (distância percorrida sem precisar abastecer) de 100 quilômetros e capacidade para até quatro passageiros, o eVTOL deverá operar como uma espécie de táxi voador para deslocamentos no perímetro urbano ou pequenas viagens entre cidades próximas.

Representação artística do eVTOL futurista da Eve voando sobre São Paulo

## Fóssil amplia o passado das pimentas

A América do Sul deixou de ser vista como o berço das pimentas malaguetas, do gênero *Capsicum*, com mais de 30 espécies. Botânicos da Universidade do Colorado em Boulder, Estados Unidos, identificaram fósseis de malagueta que empurram para pelo menos 50 milhões de anos a origem das plantas ardentes, da família Solanaceae, a mesma dos pimentões, dos tomates e da beladona (antes se acreditava que teriam surgido nas florestas ao sul das Américas, há 15 milhões de anos, e se dispersado para outros continentes). No Museu de História Natural da universidade, dois pesquisadores encontraram ao acaso uma característica típica das solanáceas embutida em um fóssil: pequenos espinhos no final de um caule frutífero. Outros dois fósseis do Museu de Natureza e Ciência de Denver reforçaram a hipótese de que as malaguetas seriam muito mais antigas e já estariam na América do Norte. Os fósseis de pimenta eram da era geológica do Eoceno (34 milhões a 56 milhões de anos atrás), idade próxima da de outro de uma beladona encontrado na Colômbia, indicando que essa família de plantas já estava distribuída por todas as Américas 50 milhões de anos atrás. A família das beladonas abarca cerca de 3 mil espécies e 100 gêneros, incluindo pimentas (*New Phytologist*, 23 de março; NSF, 22 de maio).




A história evolutiva da malagueta recuou pelo menos 35 milhões de anos

CAPA

# O PESO DA DEMÊNCIA





## Ao menos 1,76 milhão de pessoas no país apresentam alguma forma da doença, que cresce no mundo com o envelhecimento da população

Ricardo Zorzetto | ILUSTRAÇÕES Belisa Bagiani



**N**o início de junho, a psiquiatra e epidemiologista Cleusa Ferri, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), corria para concluir um extenso e importante relatório que apresentará em setembro ao Ministério da Saúde. Elaborado com a participação de especialistas em neurologia, geriatria e saúde mental, o documento reúne as estimativas mais recentes, calculadas pela primeira vez para todo o país, de um problema que nas próximas décadas deve atingir em cheio o sistema de saúde: o aumento dos casos de demência. Com o relatório, os especialistas esperam mobilizar o governo e contribuir para criar uma estratégia de ação nacional para lidar com o tema, algo recomendado desde 2015 pela Organização Pan-americana da Saúde (Opas).

Há pressa. Ao menos 1,76 milhão de brasileiros com mais de 60 anos vivem com alguma forma de demência, um conjunto de enfermidades sem cura que, por mecanismos diferentes, causam a perda progressiva das células cerebrais e levam à incapacitação e à morte. A maior parte dessas pessoas – uma fração ainda não bem conhecida que, segundo especialistas, pode superar 70% do total – nem sequer tem diagnóstico, o que as impede de receber tratamento adequado para ajudar a controlar as alterações de memória, raciocínio, humor e comportamento que surgem com a progressão da doença.

Ferri e a neuropsicóloga Laiss Bertola chegaram a essa estimativa de casos depois de aferir, por meio de testes neuropsicológicos e de competência funcional no dia a dia, a proporção de pessoas que tinham demência em um grupo de 5.249 indivíduos, uma amostra representativa da

população brasileira com 60 anos ou mais. As pesquisadoras projetaram a proporção então obtida (5,8%) para o restante da população brasileira da mesma faixa etária medida pelo Censo demográfico de 2010, o último de abrangência nacional então disponível. O número foi, por fim, corrigido para refletir o aumento de idosos na população nos anos seguintes. Os dados foram originalmente publicados em 22 de janeiro em um artigo na revista científica *Journal of Gerontology*.

De acordo com o trabalho, o total de casos em 2019 é cerca de 20% maior do que o de quatro anos antes, quando se estimava haver 1,48 milhão de pessoas com demência no Brasil. E deve continuar crescendo. A previsão é que chegue a 2,78 milhões no final desta década e a 5,5 milhões em 2050. A proporção de indivíduos com a doença aumenta bastante com a idade, embora especialistas e a própria Organização Mundial da Saúde (OMS) afirmem que a enfermidade não é uma característica do envelhecimento normal. Os dados brasileiros indicam que 3% dos indivíduos com idade entre 65 e 69 anos desenvolvem demência. Essa frequência sobe para 9% na faixa dos 75 aos 79, 21% na dos 85 aos 89 e chega a 43% depois dos 90 anos.

“Conhecer essas informações é crucial para que o país se prepare para lidar com a situação e criar serviços adequados para atender às necessidades dessas pessoas”, contou Ferri, que tentava concluir ainda em junho os cálculos de quanto tempo leva, em média, para surgir um novo caso entre os brasileiros. “No documento, serão feitas recomendações ao ministério e a outros órgãos para que monitorem a evolução do número de casos. Também será indicado em quais ações se deve investir para reduzir o risco de as pessoas desenvolverem demência”, afirma a pesquisado-

ra, cujo pai morreu há cerca de 15 anos com uma das formas da doença.

O aumento dos casos de demência não é exclusividade do Brasil. Em boa parte do mundo, a melhora das condições de vida no último século vem permitindo a mais gente viver mais. Em 2005, havia no mundo cerca de 670 milhões de pessoas com 60 anos ou mais, o equivalente a 10% do total. Em 2050, segundo projeções da Organização das Nações Unidas (ONU), serão quase 2 bilhões, ou 22% da humanidade.

**C**om o crescimento da população mundial e o incremento na expectativa de vida, mais casos de demência são esperados. Em um artigo publicado em fevereiro de 2022 na revista *The Lancet Public Health*, uma equipe internacional de pesquisadores estimou que 57,4 milhões de pessoas viviam com alguma forma de demência no mundo em 2019. Esse número, de acordo com os cálculos, deve crescer 2,7 vezes e chegar a 152,8 milhões na metade do século.

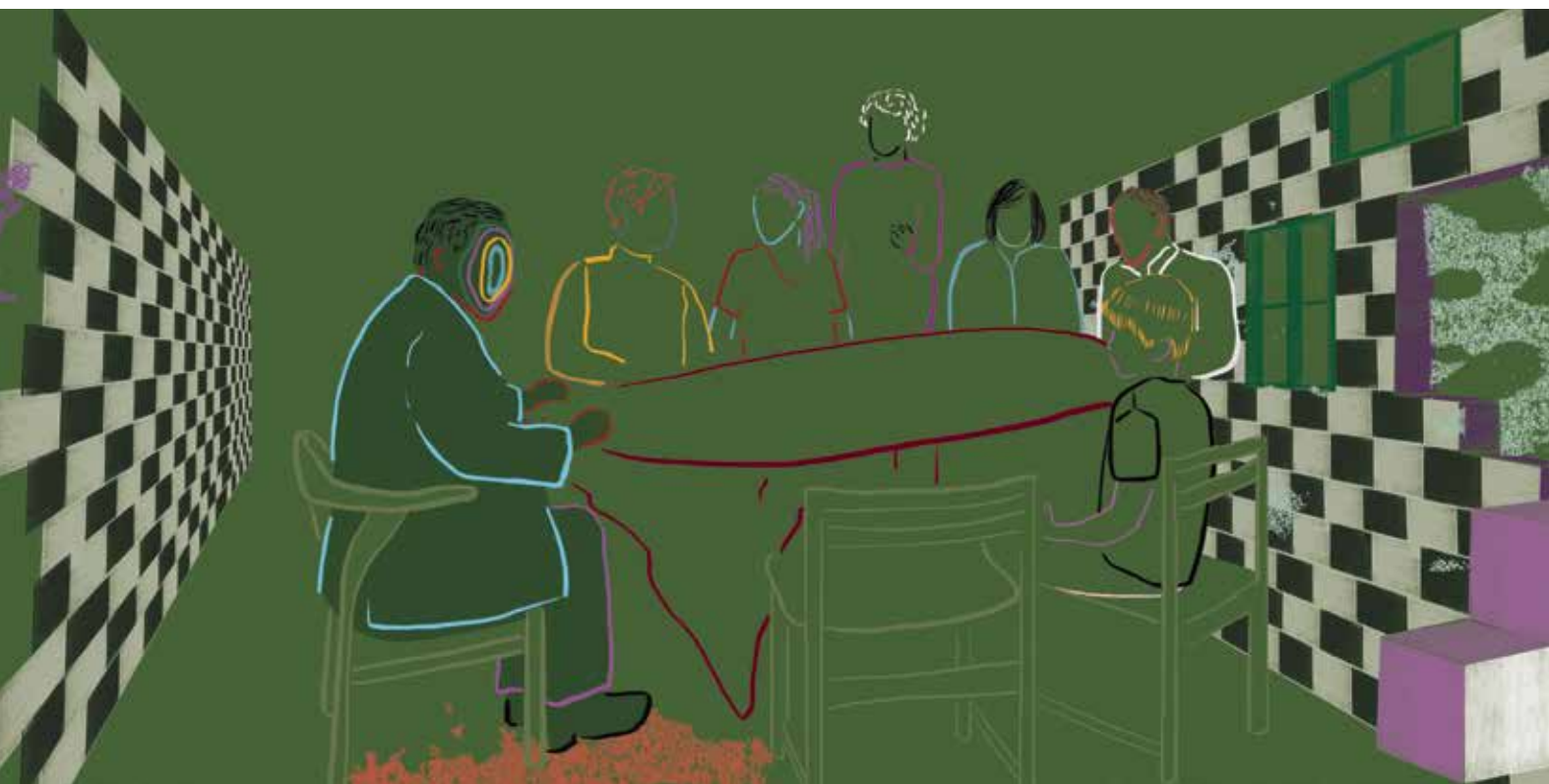
É um problemão que não afetará os países de modo homogêneo e terá de ser equacionado logo. Os casos devem aumentar proporcionalmente mais nos países de média e baixa renda – na América Latina vão triplicar –, sobrecarregando os sistemas de saúde e as famílias. A demência é uma das principais causas de incapacitação de idosos e gera um impacto físico, psicológico, social e econômico tanto para as pessoas com a doença como para quem cuida delas. De acordo com a OMS, em 2019 foi gasto no mundo US\$ 1,3 trilhão para atender a pessoas com demência.

“Três fatores explicam o aumento maior nesses países”, conta o neurologista Paulo Caramelli, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), coautor de um estudo recente que analisou a evolução dos casos de demência na América Latina. O primeiro é que a população dos países de média e baixa renda está envelhecendo muito rapidamente. Demorou quase 150 anos para a proporção de idosos passar de 10% para 20% da população na França, uma das nações com maior proporção de longevos no mundo, enquanto em países como o Brasil essa transição deve ocorrer em pouco mais de duas décadas. Os dois outros motivos são a melhora no diagnóstico das demências e o pior controle de problemas de saúde – em especial, diabetes, hipertensão e obesidade –, que contribuem para o desenvolvimento delas. “Nos Estados Unidos e na Europa, onde a população já atingiu o teto da expectativa de vida e o controle de fatores de risco é melhor, a prevalência deve diminuir nas próximas décadas”, conta o pesquisador, especialista em demências.

#### ALIENAÇÃO, LOUCURA E SENILIDADE

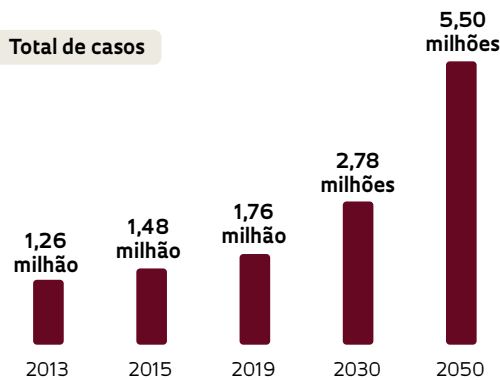
Possivelmente tão antiga quanto a humanidade, a demência – ou alguns dos sintomas que a caracterizam – já recebeu diferentes nomes ao longo da história. Alienação, amência, estupidez, idiotice, imbecilidade, loucura e senilidade estão entre os enumerados pelos neurologistas François Boller e Margaret M. Forbes em artigo publicado em 1998 no *Journal of the Neurological Sciences*.

A carga depreciativa de alguns desses termos dá pistas de como as pessoas com demência foram tratadas por muito tempo. Consideradas um estorvo, quando manifestavam sinais de delírio e



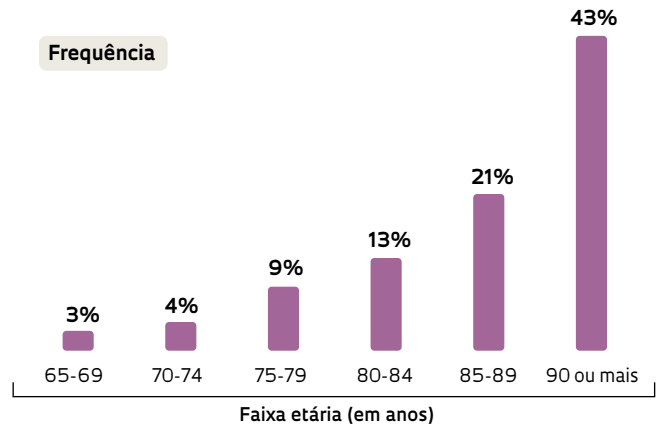
## O TAMANHO DO PROBLEMA

Número de casos no Brasil deve continuar subindo à medida que a população vive mais



## A QUESTÃO DO TEMPO

Com a idade, aumenta a proporção de pessoas que desenvolvem demência no país



FONTE: BERTOLA, L. ET AL. JOURNAL OF GERONTOLOGY. 2023

agitação, eram confinadas em asilos para pobres ou prisões, antes de surgirem os hospitais psiquiátricos. Muitas vezes, mesmo nas instituições médicas, eram acorrentadas, privadas de alimentos e roupas ou passavam por sessões de espancamento, relata a psiquiatra norte-americana Tia Powell, da Faculdade de Medicina Albert Einstein em Nova York, Estados Unidos, filha e neta de mulheres que tiveram a enfermidade, em um capítulo do livro *Repensando a demência: Construa uma vida alegre do começo ao fim* (nVersos Editora, 2020). O padrão só começou a mudar em fins do século XIX, quando algumas correntes da medicina passaram a enxergar as pessoas com demência com um olhar mais compassivo.

O que os médicos entendem hoje por demência é um conjunto amplo de enfermidades que podem se manifestar mais cedo ou mais tarde na vida, com mais frequência a partir dos 60 anos, mas inevitavelmente levam à deterioração progressiva da capacidade intelectual.

**A** mais conhecida e comum é a doença de Alzheimer. Descrita em 1906 pelo psiquiatra e neuropatologista alemão Alois Alzheimer (1864-1915) e, quase simultaneamente, pelo seu congêneres checo Oskar Fischer (1876-1942), ela representa até 70% dos casos de demência em países ricos – algo entre 50% e 60% no Brasil, de acordo com estudos feitos no país. Seus primeiros sinais, falhas recorrentes na recordação de fatos recentes, surgem com mais frequência a partir dos 65 anos.

Dois outros tipos, cada um responsável por menos de 5% dos casos, costumam se manifestar mais cedo: a demência fronto-temporal e a de-

mência com corpos de Lewy. A primeira é assim chamada porque suas lesões se concentram nas áreas anterior e lateral do cérebro – respectivamente, o lobo frontal e o temporal – e afetam a capacidade de planejamento e concentração, além do controle de comportamentos impulsivos. Ela pode se tornar evidente a partir dos 45 anos, um pouco antes da demência com corpos de Lewy, marcada pela dificuldade de concentração e de raciocínio lógico, além de alterações no controle dos movimentos, decorrentes de um tipo de lesão identificada em 1912 pelo neurologista alemão Fritz Henrich Lewy (1885-1950).


Há um traço comum entre as três. De acordo com as hipóteses mais aceitas atualmente, todas parecem ser causadas pelo acúmulo no cérebro de proteínas deformadas. O que muda de uma para outra é a proteína envolvida e a localização dos depósitos (ver infográfico na página 17).

Até o momento, não há cura para nenhuma delas. Os medicamentos mais utilizados nas fases iniciais são os inibidores da enzima acetilcolinesterase. Esses compostos, entre os quais estão a donepezila, a galantamina e a rivastigmina, atenuam a perda de memória e a dificuldade de aprender novas funções por aumentar a disponibilidade no cérebro do neurotransmissor acetilcolina, importante para a cognição. Uma opção, em geral para os estágios mais avançados, é a memantina – a droga modula os níveis de outro neurotransmissor, o glutamato, que, em altas concentrações, é tóxico para os neurônios, as células que funcionam como unidades processadoras de informação no cérebro.

Nos dois últimos anos, dois novos compostos para retardar a progressão especificamente do Alzheimer chegaram ao mercado: os anticorpos

monoclonais aducanumabe e lecanemabe. Desenvolvido pela empresa de biotecnologia norte-americana Biogen, o primeiro foi aprovado em 2021 pela FDA, a agência reguladora de medicamentos e drogas dos Estados Unidos, onde é vendido com o nome de Aduhelm. O segundo, fabricado pela farmacêutica japonesa Eisai, passou pelo crivo da FDA este ano e leva o nome comercial de Leqembi. Ambos tentam eliminar os aglomerados de proteína beta-amiloide, típicos do Alzheimer. Mas são medicamentos caros, com custo anual que ultrapassa os US\$ 25 mil por paciente e resultados modestos: eles reduzem apenas moderadamente o ritmo do declínio cognitivo – ou seja, a piora, no máximo, torna-se um pouco mais lenta.

**U**ma possível explicação para os resultados que deixam a desejar é que os testes tenham sido feitos em pessoas com a doença em estágio intermediário, quando a quantidade de placas de proteína já é elevada. “Nessa fase, há agregados muito grandes, mais difíceis de desfazer”, conta o bioquímico Sérgio Teixeira Ferreira, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), estudioso das causas do Alzheimer. Por essa razão, atualmente estão sendo conduzidos estudos com indivíduos com a doença em estágios mais iniciais. Mas não se deve manter expectativas muito altas. “Nem estudos com animais nem com seres humanos deram indícios de que reduzir a quantidade de placas melhore a capacidade cognitiva e a qualidade de vida de quem tem a doença. Talvez o alvo mais adequado sejam as formas solúveis, e também tóxicas, os oligômeros beta-amiloide”, afirma o bioquímico.



## **AUMENTO DO NÍVEL EDUCACIONAL, PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA E CONTROLE DE OBESIDADE, DIABETES E HIPERTENSÃO PODEM REDUZIR O RISCO DE DEMÊNCIA**

Se não há cura para essas formas da doença, vale a pena buscar o diagnóstico? A resposta dos especialistas é sim. “Existem algumas formas mais raras de demência que são reversíveis, como as causadas por distúrbios da glândula tireoide ou carência de vitamina B12. Uma vez tratada a causa, o problema desaparece”, explica Caramelli.

### **O QUE PODE SER FEITO**

Embora não exista ainda uma cura para os tipos mais comuns de demência, e talvez nunca haja, muito pode ser feito no nível individual e de saúde pública. A segunda forma mais comum da enfermidade em muitos países é a demência vascular. Provocada pelo bloqueio ou rompimento de delicados vasos sanguíneos que irrigam o tecido cerebral, ela causa a morte rápida das células e responde por até 35% dos casos de demência no Brasil. O mais importante é que ela pode ser evitada. “A demência vascular é substancialmente prevenível com o controle adequado dos problemas que afetam a saúde do sistema vascular, como o diabetes, a hipertensão e a obesidade”, afirma a geriatra Cláudia Suemoto, da Universidade de São Paulo (USP).

Especialista em saúde mental de idosos, a psiquiatra britânica Gill Livingston, da University College, em Londres, coordena há vários anos o comitê permanente da revista *The Lancet* para prevenção, intervenção e cuidados com a demência, que busca estratégias para reduzir o problema. Em dois longos relatórios, um publicado em 2017 e outro em 2020, o grupo enumerou 12 fatores associados ao risco de desenvolver demência que podem ser gerenciados ao longo da vida. São questões como baixo nível educacional, obesidade, diabetes, hipertensão, consumo de álcool e inatividade física, todos com influência reconhecida sobre a saúde do cérebro (*ver infográfico na página 18*). Cada um deles têm um peso distinto, calculado com base na força de sua associação com a enfermidade, na sua prevalência na população e no seu impacto isolado sobre a demência. Se todos fossem bem controlados, seria possível, ao menos em teoria, evitar ou adiar o surgimento de até 40% dos casos de demência. “Sabe-se agora que muitas das manifestações da demência são gerenciáveis e, embora a doença subjacente geralmente não seja curável, ela pode ser modificada com bons cuidados”, escreveram os autores no documento de 2017.

O efeito observado pela comissão internacional, no entanto, foi estimado com base nas informações de saúde da população de países ricos. No Brasil, o potencial de prevenção é ainda maior.

Em parceria com Livingston e pesquisadores de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, Suemoto, da USP, e Ferri, da Unifesp, recalcularam o impacto que o controle dos 12 fatores poderia ter na



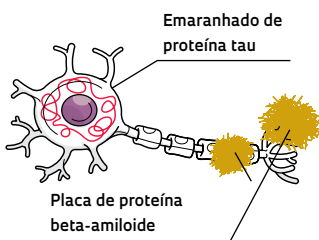
# AS FORMAS MAIS COMUNS

Na demência, os neurônios, células que processam informação no cérebro, perdem conexões e morrem em quantidade muito maior do que no envelhecimento normal

■ Idade típica de diagnóstico ■ Frequência

## DOENÇA DE ALZHEIMER

Formas alteradas da proteína beta-amiloide se acumulam fora dos neurônios e induzem a formação no interior dessas células de emaranhados tóxicos de outra proteína, a tau



### Sintomas

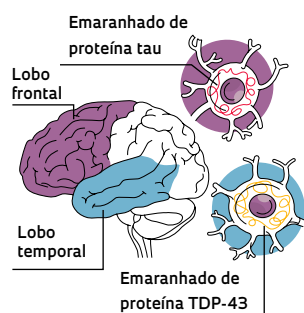
No início, ocorrem falhas repetidas de memória e dificuldade de se localizar. Com o agravamento, deixa-se de reconhecer amigos e parentes e surgem comportamentos impulsivos. Na fase avançada, para de se comunicar

Por volta dos 65 anos

De 50% a 70% dos casos

## DEMÊNCIA FRONTO-TEMPORAL

Versões alteradas das proteínas tau e TDP-43 formam aglomerados tóxicos no interior dos neurônios dos lobos frontal e temporal do cérebro



### Sintomas

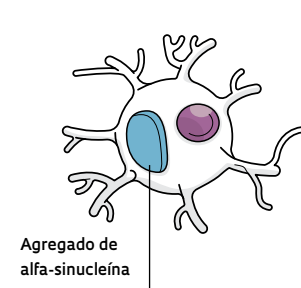
Torna-se difícil planejar atividades diárias e surgem comportamentos impulsivos ou alteração das emoções. Podem aparecer tremores e problemas de equilíbrio, além de dificuldade de compreender a fala ou se expressar

Entre os 45 e os 65 anos

Cerca de 5% dos casos

## DEMÊNCIA COM CORPOS DE LEWY

Uma proteína chamada alfa-sinucleína passa a se acumular e forma agregados no interior dos neurônios



### Sintomas

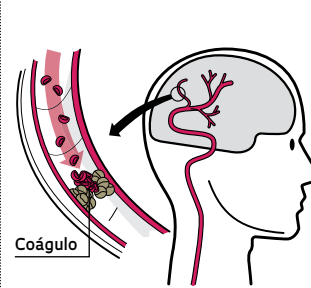
Há dificuldade para concentrar e permanecer alerta. Pode ocorrer confusão mental e prejuízo do julgamento. Pode surgir rigidez dos músculos e perda de coordenação motora, além de alterações no sono e alucinações

Acima dos 50 anos

Cerca de 5% dos casos

## DEMÊNCIA VASCULAR

Coágulos sanguíneos ou hemorragias podem interromper o fluxo de oxigênio e nutrientes para algumas regiões cerebrais



### Sintomas

Ocorrem esquecimentos de fatos recentes ou antigos e a perda de objetos. Também passa a ser difícil seguir orientações e aprender novas informações. Podem ocorrer delírios e alucinações

Acima dos 65 anos

De 10% a 35% dos casos

FONTES NATIONAL INSTITUTE OF AGEING / NIH, PAULO CARAMELLI / UFMG, RICARDO NITRINI / USP, PAULO BERTOLUCCI / UNIFESP

realidade brasileira. Se fosse possível eliminá-los completamente, haveria uma redução de 48,2% nos casos de demência. A diminuição seria de até 54% nas regiões mais pobres do país, de acordo com os dados, que foram publicados em novembro de 2022 na *Alzheimer's & Dementia* e integrarão o dossiê a ser entregue ao Ministério da Saúde.

“A demência já é um problema de saúde pública no Brasil. Para reduzir seu impacto no futuro, é preciso investir em políticas que ajudem a diminuir os fatores de risco, em especial os do início da vida e da meia-idade”, afirma Suemoto. “Se o país não se preocupar, vamos ter um tsunami de casos, porque a população está vivendo mais”, alerta o neurologista Ricardo Nitrini, da USP, coautor do artigo na *Alzheimer's & Dementia* e pioneiro nos estudos de epidemiologia da demência no Brasil.

O resultado não deve ser imediato. Por isso, é necessário agir o mais cedo possível. “O problema está muito próximo e as medidas para amenizá-lo só surtirão efeito no médio e no longo pra-

zo”, avalia o psiquiatra Paulo Mattos, professor aposentado da UFRJ e coordenador de Neurociências do Instituto D’Or de Pesquisa e Ensino, que investiga as causas biológicas do Alzheimer. “Alterando esses fatores de risco, levaria décadas para observar o impacto no nível populacional. Mesmo no nível individual, a melhora no quadro cognitivo proporcionada por medidas como o controle da hipercolesterolemia e do diabetes e a prática de exercício físico deve levar anos para se tornar evidente”, explica.

Mais do que no resto do mundo, aqui, o fator com maior potencial para diminuir as taxas de demência é o aumento do nível educacional das pessoas, principalmente nas regiões mais pobres. Apenas no final dos anos 1990 o país universalizou o acesso ao ensino fundamental, mas, segundo dados de 2019 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), menos da metade das pessoas com até 25 anos consegue concluir o ensino médio. Se fosse possível zerar o efeito da baixa escolari-

dade, isto é, não ter ninguém com menos de oito anos de educação formal, poderiam ser prevenidos 7,7% dos casos de demência. Entre a população mais pobre, a redução seria de 9,6% (ver abaixo).

Estudos realizados no Brasil e no exterior sugerem que o letramento e outras atividades apreendidas na escola promovem alteração anatômica e funcional do cérebro. Elas estimulariam a formação de conexões entre neurônios e aumentariam a densidade das fibras que transferem informações entre as regiões cerebrais. O neurocientista Yakov Stern, da Universidade Columbia, nos Estados Unidos, chamou essa conectividade incrementada do cérebro de reserva cognitiva. Ela explicaria por que algumas pessoas não apresentam sinais de demência, apesar de terem grande quantidade de placas de proteínas. Um indivíduo com alta reserva cognitiva dispõe de múltiplas redes cerebrais e outros mecanismos compensatórios que permitiriam driblar por um bom tempo o efeito da doença, que muitas vezes só se torna evidente nos estágios mais avançados.

Ao menos no Brasil, um impacto semelhante ao proporcionado pelo aumento do nível educacional poderia ser alcançado com o tratamento da perda auditiva, o controle da hipertensão e a diminuição da obesidade. “Aumentar a escolaridade não basta”, afirma Nitrini. “É preciso estimular a prática de atividade física e a adoção de alimentação saudável. Muitos desses cuidados devem ser tomados já na gestação e a partir dos primeiros anos de vida da criança, para que o cérebro se desenvolva com uma boa reserva cognitiva para superar as adversidades que vão surgir ao longo da vida”, orienta o neurologista, criador do Grupo de Neurologia Cognitiva e do Comportamento (GNCC) da USP.

#### SEM ESPECIALISTAS SUFICIENTES

O neurologista Paulo Henrique Bertolucci é especialista no estudo de demências e há quase duas décadas coordena o Núcleo de Envelhecimento

Cerebral da Unifesp. Ele conhece a dimensão do problema e sabe que, para oferecer um atendimento à população crescente de idosos, o diagnóstico e o tratamento inicial da demência não podem depender apenas de neurologistas, psiquiatras e geriatras. “Já temos quase 2 milhões de pessoas com demência e não há especialista suficiente para atendê-las. Hoje uma pessoa passa por ao menos dois médicos e demora mais de um ano e meio para receber o diagnóstico. É um tempo longo, em que se perde oportunidade de agir”, afirma.

**A**nos atrás ele criou um curso de 10 horas para ensinar médicos do sistema público a identificar e a tratar a doença e ofereceu a algumas administrações regionais da saúde da capital paulista, que não mostraram interesse. “Em uma delas, foram francos e disseram que os médicos não fariam o curso durante a semana porque tinham de trabalhar e, no final de semana, ninguém iria”, lembra. Mas não desistiu e hoje ensina protocolos de rastreio rápido a alunos de residência do programa de saúde da família de uma universidade pública. Em setembro de 2022, Bertolucci e outros especialistas em demência publicaram sete artigos na revista *Dementia & Neuropsychologia* nos quais apresentam as recomendações mais recentes da Academia Brasileira de Neurologia para o diagnóstico, manejo e tratamento das diferentes formas de demência. “É um material voltado para o clínico geral, que em muitos lugares é quem tem o primeiro contato com o paciente. Assim como trata o diabetes, esse profissional terá de aprender a cuidar da demência”, diz.

Não é apenas sobre o sistema de saúde que recaem os custos de lidar com os doentes. Quem mais sente o peso econômico – além do físico e emocional – são as famílias. O cuidado de uma pessoa com demência consome, em média,

## O QUE FAZER

Controlar esses 12 fatores pode reduzir em até 48,2% o risco de demência no Brasil

Abaixo de 45 anos

**7,7%**  
Baixa escolaridade

Entre 45 e 65 anos

**7,6%**  
Hipertensão

**5,6%**  
Obesidade

**6,8%**  
Perda auditiva

**3,1%**  
Trauma craniano

**0,3%**  
Consumo de álcool



US\$ 1,37 mil por mês, mais que o dobro da renda média mensal do brasileiro. Cerca de 40% desse valor, o correspondente a quase US\$ 540, sai do bolso das famílias, como detalhou a enfermeira Ceres Ferretti, do GNCC da USP, em um artigo publicado em 2018 na revista *PLOS ONE*. Chamado de custo indireto, ele corresponde ao tempo que o cuidador (em geral um filho ou parente próximo) dedica atenção ao doente e à renda que deixa de receber por ter de trabalhar menos horas ou abandonar o emprego (ver Pesquisa FAPESP nº 299).

“Quase 40% dos cuidadores desenvolvem um quadro de depressão um ano depois de começar a tomar conta de uma pessoa com demência”, conta Ferretti, que decidiu fazer enfermagem e se especializar em geriatria e demência depois de cuidar por 13 anos da mãe, que teve Alzheimer. “Com o aumento dos casos de demência, se o sistema de saúde não começar a olhar para isso, será um caos”, afirma. Ela própria faz o que

pode para ajudar. Durante a pandemia, criou um grupo de WhatsApp para orientar gratuitamente os cuidadores e passou a fazer lives duas vezes por semana para tirar dúvidas e trazer novas orientações. Hoje ela acompanha cerca de 100 famílias por meio do aplicativo – já passaram de 200 na pandemia. “As pessoas vão e voltam, por isso não tiro ninguém do grupo”, diz.

De acordo com uma análise publicada em 2021 na *Frontiers in Neurology*, as famílias aprovaram e reportaram uma melhora na qualidade de vida com o suporte. O sonho de Ferretti é criar um projeto-piloto para a cidade de São Paulo e depois, se der certo, disseminar para outras regiões do país. “É possível fazer”, afirma. “Praticamente não tem custo. É necessário ter um celular e uma pessoa adequadamente treinada para isso.” ■

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

#### Acima de 65 anos

2,1%  
Tabagismo

4,4%  
Depressão

0,3%  
Isolamento social

4,5%  
Sedentarismo

3,1%  
Diabetes

2,7%  
Poluição do ar

48,2%

é a proporção total do risco que pode ser alterada por mudanças no comportamento e no ambiente

# O TERRITÓRIO DAS MINAS

Hidrometalurgista da UFMG defende que os benefícios da exploração de recursos naturais deveriam ser mais compartilhados com as comunidades locais

Carlos Fioravanti, Kezia Stringhini e Yuri Vasconcelos

RETRATO Daniela Paoliello

**N**ão se deixe enganar pela fala calma e pela cordialidade da engenheira química Virginia Sampaio Teixeira Ciminelli. Ela é boa de briga e vive propondo ideias novas. Há pelo menos 15 anos, ela argumenta que a exploração de recursos naturais deve promover a prosperidade, principalmente da população que vive naquele espaço. Uma mina, por exemplo, faz parte de um espaço cultural e político, enfim, um território. As dificuldades na defesa desse conceito de divisão de recursos não a fazem desistir dessa e de outras iniciativas, como um programa de formação de estudantes de engenharia que reforça as habilidades de trabalhar em ambientes multidisciplinares e multiculturais.

Mineira de Belo Horizonte, mãe de duas filhas – Camila, advogada, e Ana Luíza, cardiologista –, Ciminelli abriu caminhos. Em 1995, foi a primeira professora titular da Escola de Engenharia da UFMG; em 2009, a primeira mulher eleita para a seção de Engenharia da Academia Brasileira de Ciências (ABC); em 2013 foi eleita para a Academia Nacional de Engenharia (ANE) e no ano seguinte para a Academia Nacional de Engenharia dos Estados Unidos; em 2021 foi reconhecida como Engenheira do Ano pela Sociedade Mineira de Engenheiros. “Gosto de ficar no meu canto, envolvida com o trabalho, mas não tenho medo de me posicionar e, quando inevitável, não fujo do confronto”, diz, ao contar as dificuldades e as conquistas nesta entrevista feita por plataforma de vídeo.

---

## ESPECIALIDADE

Hidrometalurgia

## INSTITUIÇÃO

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

## FORMAÇÃO

Graduação em engenharia química e mestrado em engenharia metalúrgica e de minas pela UFMG, doutorado em processamento mineral pela Universidade do Estado da Pensilvânia, Estados Unidos (1987)

## PRODUÇÃO

141 artigos científicos, 6 livros, 6 patentes concedidas



**Sua pesquisa, como você mesma já declarou, tem a água como fio condutor. O que isso quer dizer, exatamente?**

Existem dois marcos, ao longo de minha carreira: o Instituto do Milênio Água: uma visão mineral e o INCT-Acqua [Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia]. Neles, propusemos olhar para a água desde o início da exploração [exploração comercial] do minério, durante a lavra, quando ocorre o rebaixamento da cava da mina. A água que surge nesse momento inicial é aproveitada no próprio ou em outros empreendimentos e, muitas vezes, pela comunidade. A água passa pelo processo industrial e deve retornar à natureza com qualidade. Com esse fio condutor, procuramos investigar o que acontece com a água e como poderia ser mais bem utilizada. Os processos industriais, de maneira geral, já trabalham com índices elevados de recirculação de água e devem atender aos limites de qualidade estabelecidos pela legislação, mas é importante chamar a atenção para a água como um ambiente que abriga organismos aquáticos, cuja riqueza e distribuição garantem uma série de serviços ecossistêmicos. A água deve ser vista também sob esses outros ângulos, como um meio que abriga biodiversidade e como elemento cultural e de integração social.

**Podéria explicar essa relação entre recurso mineral e território?**

O recurso mineral deve ser visto como uma riqueza a promover a prosperidade sustentável do território, transcendendo a vida útil do empreendimento. Há cerca de 15 anos meu marido, Renato Ciminelli, também engenheiro químico, e eu trabalhamos com esse conceito, que já existe em outros países. No Brasil é muito difícil fazer as articulações visando transformações mais perenes. Vimos isso na prática. Há alguns anos, selecionamos os municípios de Conselheiro Lafaiete, Congonhas e Ouro Branco, no interior de Minas, que têm grandes mineradoras de ferro, para um projeto-piloto. O objetivo era empoderar as comunidades para a diversificação econômica. Criamos um centro de referência para a agricultura em territórios minerários e fizemos atividades de educação ambiental para as crianças da região, mas o trabalho foi interrompido com as mudanças de governo.

**Como promover a visão territorial da mineração?**

Precisamos gerar dados, utilizar todas as tecnologias possíveis e envolver as empresas, o poder público, instituições de pesquisa e principalmente a comunidade local. A mudança é lenta, mas os ODS [Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, propostos em 2015 pela Organização das Nações Unidas, ONU] e a ESG [sigla para Ambiental, Social e Governança] induzem a mudança de mentalidade. Os grandes empreendimentos, não apenas da área mineral, mas também da construção civil, da agricultura, do setor elétrico e de outros setores, têm de reavaliar as formas de compartilhar os benefícios de uso dos recursos naturais. É comum que grandes empreendimentos atraiam milhares de trabalhadores e formem núcleos populacionais que expõem um contraste inadmissível entre a riqueza das obras e a miséria das periferias, que crescem rapidamente.

**Como sua área, a hidrometalurgia, pode ajudar a viabilizar essas propostas?**

Aprimorando processos e lançando um olhar mais abrangente para a mineração. Isso é fundamental porque a mineração em si não é uma atividade sustentável.



O desempenho ambiental se tornou determinante na competitividade do produto no mercado. É um caminho irreversível

O recurso mineral é finito e se esgota, uma vez retirado da natureza. À medida que os minérios provêm de fontes cada vez mais complexas e se torna necessário aproveitar os rejeitos e resíduos para reduzir os impactos ambientais, a hidrometalurgia passa a ser uma rota bem interessante, sem deixar de lado a pirometalurgia, que envolve processos em altas temperaturas, e a eletrometalurgia, baseada na aplicação direta de corrente elétrica. Com frequência as rotas são complementares, como na extração do zinco e do lítio. A primeira etapa é a rota pirometalúrgica e depois vem a hidrometalúrgica. A última é a eletrometalúrgica.

**Como funciona a rota hidrometalúrgica?**

Ela engloba processos realizados em meio aquoso com vistas à obtenção de produtos metálicos, por exemplo, de alumínio, cobre, ouro, terras-raras, zinco, lítio, níquel e cobalto, e insumos para a fabricação de fertilizantes, como o ácido fosfórico. Os produtos da hidrometalurgia têm aplicações diversificadas em materiais usados no nosso cotidiano e no meio industrial. O óxido de alumínio, ou alumina, é utilizado na produção de alumínio metálico, mas também para materiais refratários, cerâmicas, abrasivos, medicamentos e cosméticos. Duas etapas caracterizam os processos hidrometalúrgicos: uma de dissolução seletiva, na qual o elemento de interesse é separado dos demais presentes nos minérios ou em outras fontes, como sucatas, rejeitos, lixo eletrônico. Na segunda etapa, o metal dissolvido é recuperado do meio aquoso na forma metálica ou de um produto metálico. A hidrometalurgia começou a se destacar com os processos de produção de óxido de alumínio e de ouro implementados industrialmente ao final do século XIX.

**O que faz da hidrometalurgia uma opção atrativa?**

Primeiro, sua capacidade de extrair seletivamente quantidades ínfimas de metais de diversas fontes, mesmo quando muito heterogêneas e complexas. Esses são adjetivos que caracterizam os minérios disponíveis atualmente, em geral cada vez mais pobres e complexos. De 1 tonelada de minério normalmente se consegue extrair 0,4 grama de ouro ou 10 a 20 quilos de cobre. Os compo-



Mina da CBMM, em Araxá: projeto de reciclagem do nióbio de ânodos, polo negativo de uma bateria

nentes eletrônicos, como as placas de circuito impresso, são fontes de ouro e cobre, mas, também nesse caso, o metal de interesse é uma parte menor em uma matriz muitas vezes complexa e heterogênea. A extração deve ser feita com precisão, de forma seletiva. A demanda de materiais de base mineral de alto desempenho, por vezes feitos sob medida para aplicações tecnológicas, exige um maior controle de características morfológicas, de pureza e tamanho, em faixas nanométricas, e de homogeneidade do produto. Processos em meio aquoso, típicos da hidrometalurgia, atendem a essas demandas.

### ***É possível extrair ouro com água e não com mercúrio?***

Sim, utilizando um processo hidrometalúrgico. O garimpo ilegal é um fenômeno ligado à desigualdade e à pobreza, a interesses econômicos, à ausência de poder público e, muitas vezes, a contravenções. A técnica predominante na mineração artesanal, com mercúrio, envolve a formação de uma liga, ou amálgama, mercúrio-ouro, para separar o ouro dos outros minerais, e, a seguir, a eliminação do mercúrio pela queima. O problema é que o mercúrio, mesmo em quantidades ínfimas, pouco superiores às de ocorrência natural, leva a impactos ambientais, à biota e à saúde humana, de enormes proporções. Na prática, como não há tecnologia de uso amplo adotada para a recuperação do mercúrio usado nos garimpos, ele é liberado para o meio ambiente. O aumento do garimpo ilegal, particularmente na região amazônica, tanto no Brasil como em países vizinhos, deve

ser enfrentado com a maior firmeza. Existem tecnologias como a abordagem hidrometalúrgica via lixiviação [processo de extração de uma substância de um meio sólido por sua contínua dissolução] em meio aquoso, que é feita com maior eficiência e menor impacto ambiental.

### ***A hidrometalurgia é ambientalmente mais sustentável que as outras técnicas?***

Não. Todas as rotas, se forem bem planejadas e executadas, podem alcançar um elevado desempenho ambiental, mas sempre haverá impacto. A escolha por uma ou outra rota depende da relação entre custos e benefícios. A mineradora AngloGold Ashanti emprega um processo pirometalúrgico em Nova Lima [MG] e um hidrometalúrgico em Santa Bárbara [MG] com o mesmo objetivo, extrair ouro dos chamados minérios refratários. Nos dois casos, ela busca o melhor desempenho econômico e ambiental, pensando não só nos produtos principais, mas também nos rejeitos. A mina de Morro Agudo, da Nexa Resources, é rejeito zero. O produto principal é o concentrado de zinco, mas o processo gerava resíduos, inclusive com metais tóxicos. Otimizou-se o processo para recuperar o chumbo, que hoje é exportado. O que sobra, o rejeito contendo predominantemente dolomita, é utilizado como corretivo de acidez em solos para a agricultura. Nem sempre isso é possível, mas esse é o horizonte: maximizar o uso dos recursos naturais, otimizar o uso de energia e minimizar o impacto ambiental.

### ***O que você tem feito com empresas?***

Temos projetos de longo prazo em temas ambientais com empresas como a Kinross Brasil Mineração e AngloGold Ashanti, em eletrorecuperação de zinco com a Nexa Resources e um consórcio de empresas do exterior, gerenciado pela Amira International. Iniciamos um projeto com a CBMM [Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração] para reciclagem do nióbio de ânodos [polo negativo de uma bateria]. O desempenho ambiental, por exemplo, na reciclagem e na descarbonização, passa a ser cobrado em toda a cadeia produtiva e, dessa forma, dos fornecedores e clientes. Ou seja, o desempenho ambiental se tornou determinante na competitividade do produto no mercado. Esse é, a meu ver, um caminho irreversível. Vários projetos de pesquisa com alunos de empresa levaram a melhorias em processos industriais. É o caso de um projeto de longa duração, gerenciado pela Amira Internacional com um consórcio de empresas do Brasil e do exterior em eletrometalurgia. Por causa dessa experiência e de excelentes resultados científicos para a empresa, a Nexa Resources, acabamos de assinar um contrato com a Befesa Zinc Metal, que produz zinco apenas de fontes recicláveis, visando melhorias na usina da empresa nos Estados Unidos.

### ***Como é o diálogo com a iniciativa privada?***

Depende muito do interlocutor. Uma boa relação começa com o respeito de ambas as partes. A empresa deve me respeitar como pesquisadora e eu compreender e respeitar os interesses da empresa, que deve também estar disposta a trabalhar conosco em problemas científicos relevantes e compartilhar informações. Infelizmente, isso nem sempre ocorre, por receio de compartilhar o que são considerados segredos tecnológicos, entre outras razões. Mas essa situação tem mudado e hoje muitas empresas querem os resultados dos trabalhos em parceria divulgados em publicações científicas de alto impacto, como forma de elevar sua reputação junto aos acionistas e à sociedade em geral. Vou dar um exemplo. Eu nunca havia trabalhado com arsênio quando a então Rio Paracatu Mineração, hoje Kinross Brasil Mineração, me convidou, no final da década de 1990. A empresa produz ouro, associado a minerais contendo arsênio, um elemento

químico muito tóxico. A empresa queria identificar uma forma segura de fazer a disposição final de um concentrado de sulfetos com arsênio gerado no processo de extração do ouro. A ideia era utilizar solos da região que pudessem servir como uma barreira química à mobilização do elemento para o meio ambiente. Começamos a trabalhar e identificamos solos ricos em ferro e alumínio, que são muito eficientes para reter o arsênio. Esse problema foi também o tema de trabalho de uma aluna de doutorado, que identificou no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron em Campinas a forma como o arsênio se ligava a óxidos de alumínio. Foi um dos estudos pioneiros que associou modelagem molecular experimental e teórica, reconhecido no exterior, e serviu também para começarmos uma parceria com o grupo de Hélio Anderson Duarte, da química teórica [da UFMG], que perdura até hoje.

#### **Como resolveram o problema do arsênio?**

Examinamos recentemente amostras do solo por microscopia de alta resolução e vimos que havia, de fato, concentrações elevadíssimas de arsênio nos solos, mas estava preso em nanocristais de oxidrilos de ferro, com baixa biodisponibilidade. Ou seja: mesmo se alguém for exposto ou inadvertidamente ingerir o material, apenas pequenas quantidades de arsênio serão liberadas no organismo, em níveis que não representam riscos significativos à saúde. Para a empresa que atua na região, essa informação é importantíssima, porque evitou que a extração de ouro fosse interrompida. A contaminação por arsênio poderia também prejudicar o município, dependente da agricultura. As informações foram levadas aos moradores de Paracatu, em Minas Gerais, que temiam o risco de contaminação por causa da exposição ao arsênio, e ao poder público. Como é comum em pesquisas de médio a longo prazo com o setor privado, um trabalho que começou para atender uma questão específica da empresa avançou como pesquisa e o conhecimento retornou às partes interessadas. As diretorias nacional e internacional da Kinross Gold, sediada no Canadá, incentivam publicações em revistas de alto impacto científico. É uma forma de divulgar as boas práticas para os interessados e fortalecer a imagem da companhia.

#### **Como é fazer acordos com empresas estando em uma universidade pública?**

Quando iniciei, em 1988, havia uma resistência muito grande na própria universidade, mas isso mudou. Agora o próprio governo lança editais promovendo essa colaboração e exige que o pesquisador mostre como sua pesquisa impactou outras esferas da sociedade. Também está claro que as empresas trazem problemas desafiadores, que melhoram nosso trabalho e nos permitem avançar, e recursos para o grupo de pesquisa. Minhas maiores contribuições científicas vieram de questões originalmente trazidas por empresas. Meu grupo sempre foi multidisciplinar, com alunos que vieram da farmácia, da biologia, da química, da engenharia mecânica, da química e metalúrgica. Em 1987, quando voltei do doutorado, nos Estados Unidos, eu disse, com a devida ingenuidade: “Quero fazer igual”. A despeito das diferenças, o capital humano é da mesma qualidade. Sempre investi na experiência internacional dos meus alunos, muito antes do Ciência sem Fronteiras [programa do governo federal de intercâmbio de universitários brasileiros no exterior que vigorou de 2011 a 2017]. Sempre trouxe muitos professores do exterior e tive muitas parcerias frutí-

feras com empresas, que me permitiram avançar no conhecimento científico e na formação dos alunos.

#### **Que trabalhos multidisciplinares já fez?**

Ao voltar dos Estados Unidos, investi em bio-hidrometalurgia, que se vale de microrganismos para catalisar reações químicas de produção de metais. Trabalhei com materiais à base de algas e resíduos de avicultura como biossorventes para o tratamento de efluentes. A primeira planta-piloto do país empregando bio-hidrometalurgia foi construída na antiga mina de Morro Velho, em Nova Lima, e rendeu uma dissertação de mestrado de um aluno que hoje é um empreendedor de sucesso. Participei do projeto de implantação da primeira unidade industrial no Brasil utilizando um sistema chamado *wetland* para o tratamento de drenagem ácida de mina. São lagos artificiais, com plantas e microrganismos que tratam os efluentes ácidos de uma mina. O empreendimento, também nessa antiga mina, operou até há pouco tempo. A atuação mais abrangente veio a partir da colaboração com colegas da área de ecologia e biologia, liderados por Francisco Barbosa, da UFMG, e José Galizia Tundisi, da UFSCar [Universidade Federal de São Carlos], no INCT-Acqua.

#### **Suas propostas de mudanças são bem aceitas pelas companhias mineradoras e metalúrgicas?**

Várias mudanças fazem parte de movimentos mais amplos em curso em todo o mundo. A preocupação ambiental e a transição energética são grandes propulsores de inovação em todos os setores industriais. Os impactos do setor mineral não serão resolvidos de forma eficiente se focarmos apenas em uma cadeia produtiva. O reaproveitamento de rejeitos, por exemplo, pelo grande volume e características, requer a interação com outros setores, como a indústria de materiais, agricultura e construção civil. Cada vez mais empresas veem que o uso de tecnologias ambientalmente mais amigáveis e o uso mais eficiente de água e de outros recursos naturais trazem retorno financeiro. Foi assim, por exemplo, nos períodos de escassez hídrica. Ou seja, o investimento em processos sustentáveis se paga e gera ganhos de governança ambiental e de competitividade. Como cidadã, gostaria de ver a implantação de



**Sempre me posiciono, mas o reconhecimento se deve também a pessoas que enxergam você na multidão e veem valor em seu trabalho**





Ciminelli com Kwadwo Osseo-Asare, seu orientador de doutorado, durante a posse dela na Academia Nacional de Engenharia dos Estados Unidos, em 1994

projetos nacionais de desenvolvimento ambiciosos, que aproveitassem mais a nossa ciência, nossos engenheiros e pesquisadores, e agregassem maior valor aos nossos recursos minerais, na produção de aço, baterias ou dispositivos eletrônicos, por exemplo. Temos também de reavaliar algumas premissas. A mineração tem o que chamamos de rigidez locacional, pois não é possível mudar uma mina para outro lugar. Mas nem por isso uma decisão sobre o uso dessa riqueza pode negligenciar outras riquezas naturais e valores culturais da região. É realmente necessário extrair metais na serra do Curral, um símbolo de Belo Horizonte, ou nas serras do Complexo Santuário do Caraça, um patrimônio natural e cultural? Ou em terras indígenas? Não só a mineração, mas todos os grandes empreendimentos de engenharia, urbanos inclusive, pelas suas grandes repercussões de longo prazo e impactos, devem ser avaliados considerando esses limites e valores.

#### **Do que mais se orgulha?**

Certamente ver a trajetória e realizações de ex-alunos. Consegui formar engenheiros e pesquisadores de classe mundial, que estão em empresas do país e do exterior, em centros de pesquisa, em seus próprios negócios. Até agora foram 61 orientações de mestrado e doutorado e 20 supervisões de trabalhos de pós-doutorado, aqui representados pela Cláudia Lima Caldeira e Daniel Majuste, colegas de departamento. Cláudia é parceira de toda minha vida de pesquisadora nesses projetos de que já falei. Daniel consolidou a eletrometalurgia e

ampliou a atuação do grupo com a mineração urbana, para reaproveitar os metais de resíduos dos aparelhos eletrônicos. Há muitas abordagens possíveis. Em visitas à Europa, vi que era frequente moer e processar todo o material, mas pensamos diferente. Procuramos segregar os constituintes ainda na forma sólida para minimizar as etapas químicas posteriores. Queremos reaproveitar também o plástico e o vidro.

#### **Um de seus projetos recentes trata da formação de engenheiros.**

Sim. A Escola de Engenharia da UFMG integra desde 2019 a rede internacional GCSP, Grand Challenges Scholar Program, criada pela Academia Nacional de Engenharia dos Estados Unidos. A busca de soluções para os desafios do século XXI requer engenheiros que tenham sólida base de conhecimento e espírito empreendedor, mas também capacidade de trabalhar em equipes multidisciplinares, ambientes multiculturais e, sobretudo, clareza da responsabilidade social da engenharia. O programa já está na segunda turma de 30 alunos e a experiência tem sido muito enriquecedora, pois estabelece um *locus* de convivência de professores de diferentes áreas da engenharia em torno de objetivos comuns de formação de profissionais. Além disso, atrai jovens com experiências e competências diversificadas, que muitas vezes ficam escondidas e inexploradas ao longo dos cursos. O programa da UFMG propôs algo novo, que é uma atividade de imersão de alunos e mentores em um município ou empresa para entender seus problemas e propor soluções. É fas-

cinante ver como em um curto período os alunos descobrem a multidisciplinaridade requerida para a solução dos problemas reais e percebem sua própria capacidade de analisar e propor soluções para questões novas. Já assinamos um convênio com a Vale que irá propiciar essas experiências aos alunos no seu *hub* de inovação. Pretendemos ampliar essas parcerias e apoios.

#### **Como avalia a situação das mulheres em sua área?**

Tenho observado um crescimento significativo nos últimos anos, não só de mulheres, mas também de outras minorias, no acesso à universidade, por meio dos programas de inclusão. Muitos desses alunos se revelam estudantes excepcionais e profissionais que se destacam depois de deixarem a universidade. No meu grupo de pesquisa, sempre predominaram as meninas, mas engenheiras ainda estão em desvantagem em termos de reconhecimento, se observarmos, por exemplo, representatividade nas academias de ciência e de engenharia ou nas categorias mais elevadas de pesquisadores do CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico]. Ainda há muito o que avançar.

#### **Você enfrentou resistência até conquistar seu espaço próprio?**

Tive e tenho que enfrentar resistências. Tanto a estrutural, que cria barreiras para pessoas, projetos ou ideias, como aquela que recrudescer em um ambiente de competição, e até mesmo a que tenta atingir pessoas próximas. Mas por característica pessoal posso dizer que cresço nos desafios. Sempre me posiciono e defendo minhas ideias e princípios, com independência, e, quando inevitável, não fujo do confronto. O reconhecimento se deve também a pessoas que enxergam você na multidão e veem valor em seu trabalho.

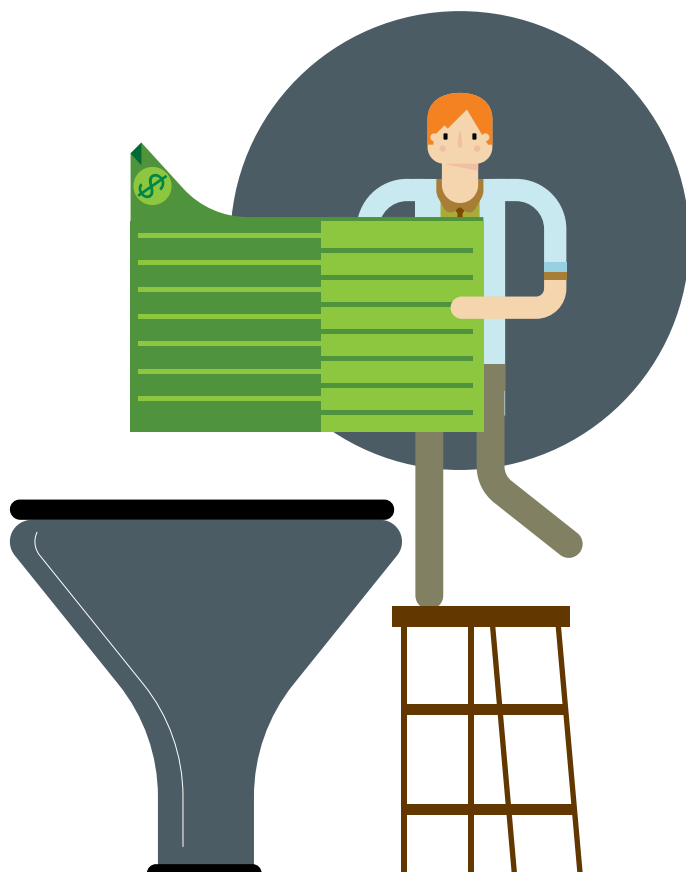
#### **Quem foram?**

Várias pessoas me inspiraram, ensinaram e me apoiaram em momentos especiais, mas destaco duas. A primeira é o Evandro Mirra [1943-2018], que foi presidente do CNPq, um homem de cultura e brilho ímpares. A outra é o meu orientador de doutorado, Kwadwo Osseo-Asare, que me ensinou o que é fazer ciência. Uma mente brilhante, instigante, exigente e com grande senso de humor. ■

# OBSTÁCULOS NO CAMINHO

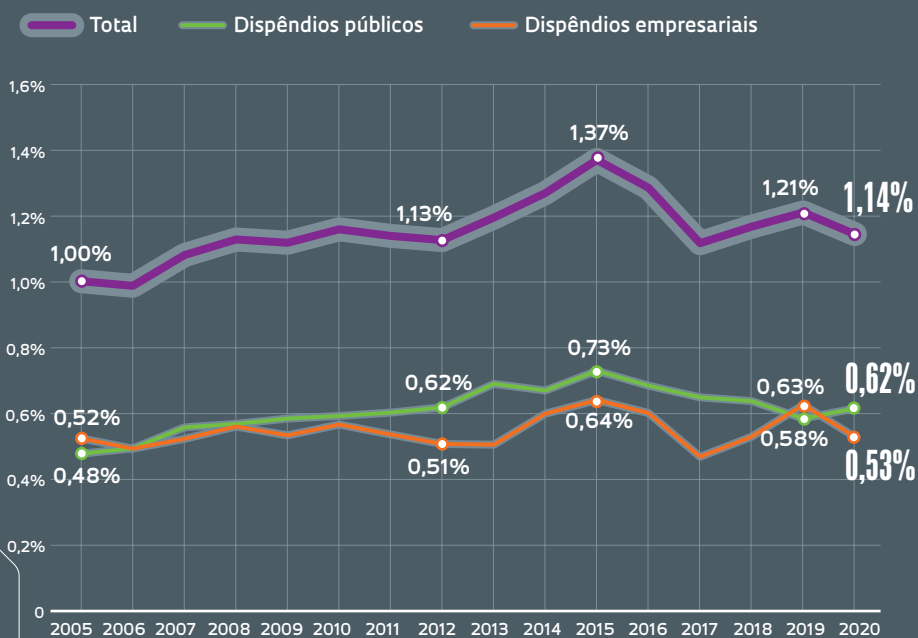
Indicadores do MCTI mostram o desempenho do sistema de ciência e tecnologia sob impacto da pandemia

Fabrcio Marques

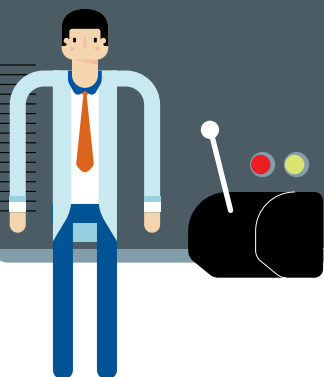


## A GANGORRA DOS INVESTIMENTOS EM P&D

A evolução do percentual dos dispêndios do Brasil em Pesquisa e Desenvolvimento em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) – no total e separados pelos setores público e empresarial



FONTE: COORDENAÇÃO GERAL DE INDICADORES DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA/MCTI



A pandemia teve efeito inibidor nas atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no país e reduziu seu financiamento, que já vinha de uma fase de retração. De acordo com a mais recente edição dos Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação, lançada em maio pelo governo federal com dados atualizados para 2020 ou 2021, os investimentos em P&D caíram de 1,21% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2019 para 1,14% em 2020 – em valores atualizados, a queda foi de R\$ 95,3 bilhões para R\$ 87,1 bilhões. Os dados indicam que a perda de fôlego se concentrou nos dispêndios feitos por empresas, reduzidos de R\$ 49,3 bilhões para R\$ 40,3 bilhões de um ano para o outro – já no caso dos gastos públicos, foi registrado um ligeiro aumento de R\$ 46 bilhões para R\$ 46,9 bilhões entre 2019 e 2020. “Houve desaceleração das atividades do setor empresarial na pandemia e essa queda deve estar relacionada ao impacto da Covid-19”, afirma o sociólogo Marcelo Paiva, analista do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (OCTI/CGEE).

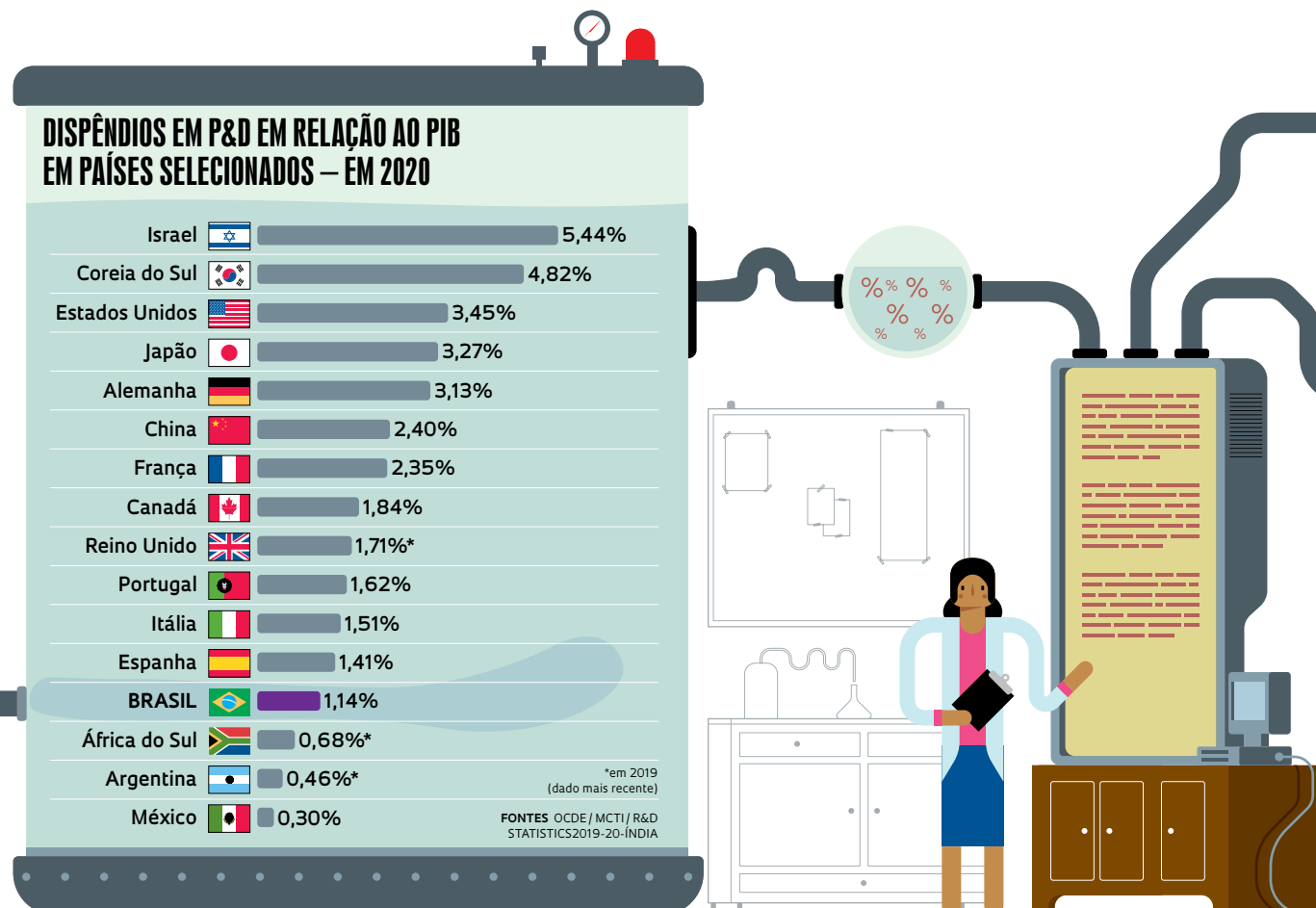
A queda acentuada levanta dúvidas para especialistas familiarizados com estas análises. “É difícil entender como pode variar tanto. De 0,53% do PIB em 2018, os dispêndios empresariais em P&D subiram para 0,58% em 2019 e caíram para 0,53% em 2020 de novo. Isso não costuma acontecer de um ano para outro”, diz Renato Pedrosa, assessor da FAPESP na área de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação e pesquisador do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP). Ele afirma que a oscilação pode ser resultado da falta de dados atualizados da Pesquisa de Inovação, a Pintec, realizada pela última vez em 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os gastos em P&D são uma medida do esforço de um país para estimular o desenvolvimento. Envolve um conjunto de atividades, feitas por empresas, universidades e outras instituições científicas, que inclui os resultados de pesquisa básica e aplicada, o lançamento de novos produtos e a formação de pesquisadores e profissionais qualificados. Os dispêndios do governo federal em P&D aumentaram, em valores correntes (sem descontar a inflação), de R\$ 29 bilhões em 2019 para

R\$ 32,7 bilhões em 2020, com destaque para os investimentos dos ministérios da Saúde (R\$ 3 bilhões em 2020 ante R\$ 1,9 bilhão em 2019) e da Ciência, Tecnologia e Inovação (alta de R\$ 5,3 bilhões para R\$ 8,1 bilhões), que concentraram despesas para investigar e combater a Covid-19. Mas houve queda nos gastos com P&D em pastas como Educação (de R\$ 17,9 bilhões para R\$ 17,7 bilhões) e Agricultura (de R\$ 3,8 bilhões para R\$ 3,4 bilhões).

Os investimentos feitos pelos estados ficaram estáveis. Alcançaram R\$ 14,1 bilhões em 2020 em valores correntes, praticamente os mesmos de 2019 –aquém dos R\$ 17 bilhões de 2018. Alguns estados conseguiram ampliar investimentos, caso do Paraná (de R\$ 960 milhões para R\$ 1,2 bilhão de um ano para o outro). Outros perderam fôlego, como Minas Gerais (queda de R\$ 293 milhões para R\$ 248 milhões). São Paulo foi de R\$ 9,1 bilhões para R\$ 9,2 bilhões.

A produção científica do Brasil avançou, em termos absolutos, de 82,7 mil artigos publicados em 2019 para 89,2 mil em 2020 e 94,5 mil em 2021, segundo dados da base Scopus, mantendo-se em 13º lugar no ranking de países, com 2,7% da produção do mundo. “De forma



comparada, o país apresenta uma posição intermediária no grupo do Brics [Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul], tendo um crescimento bem abaixo de China e Índia, mas acima de Rússia e África do Sul”, afirma Paiva, que avaliou em um boletim recente do OCTI/CGEE a produção científica brasileira em outra base de dados, a Web of Science.

“Nossa produção cresceu menos do que a de países que optaram por financiar fortemente a ciência. Se não voltarmos a investir, a tendência é que fiquemos cada vez mais para trás”, afirma Mariana Moura, diretora do Departamento de Gestão Estratégica e Indicadores do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que é responsável por produzir e divulgar anualmente os Indicadores Nacionais. “Só a pandemia não explica a perda de fôlego do sistema – a redução de investimentos nos últimos anos também é preocupante”, afirma, referindo-se aos cortes orçamentários e à contenção no financiamento à inovação que vinham ocorrendo desde meados da década passada.

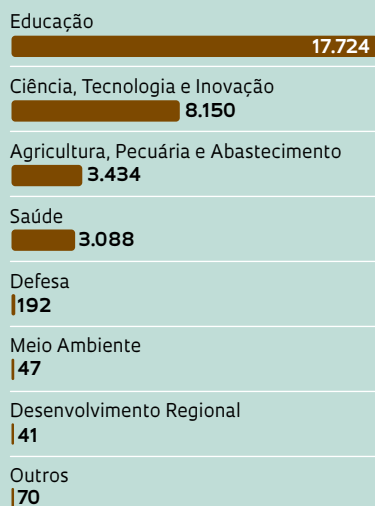
O impacto mais evidente da pandemia aparece nas estatísticas sobre a pós-graduação brasileira, com queda no número de doutores titulados (de 24,4 mil em

2019 para pouco mais de 20 mil em 2020 e 2021) e também de mestres. Renato Pedrosa, observa que a queda nos titulados, até onde as estatísticas permitem enxergar, não implicou evasão de estudantes de pós-graduação (ver Dados na página 41). “O número de mestres e doutores formados caiu, mas o de alunos matriculados em cursos de mestrado e doutorado aumentou em proporção equivalente, em um sinal de que pode ter havido apenas um adiamento das defesas de dissertações e teses por conta da pandemia”, afirma.

Vários indicadores, mesmo apresentando oscilações, sugerem que o sistema de ciência e tecnologia do país tem resiliência. Em 2020, foram registrados 27,1 mil pedidos de patentes no país, uma queda discreta em relação aos quatro anos anteriores, mas bem abaixo do patamar anterior à crise econômica da década passada (em 2015 foram 33 mil pedidos). Mesmo a redução nos investimentos empresariais em P&D repetiu a performance de anos anteriores na série histórica – no Brasil, ao contrário

### QUANTO O GOVERNO FEDERAL APLICOU EM P&D...

Dispêndios em pesquisa e desenvolvimento, por ministério, em 2020 (em R\$ milhões)



FONTE: SCIMAGO JOURNAL & COUNTRY RANK

### Investimento total

32.746  
Governo federal

14.122  
Estados

### ...E QUAL FOI O INVESTIMENTO DOS ESTADOS

Dispêndios em pesquisa e desenvolvimento em 2020 (em R\$ milhões)

São Paulo	9.232
Paraná	1.258
Rio de Janeiro	1.185
Bahia	409
Santa Catarina	373
Minas Gerais	248
Goiás	168
Ceará	159
Pernambuco	133
Distrito Federal	130
Paraíba	126
Amazonas	120
Rio G. do Sul	85
Maranhão	83
Mato G.do Sul	82
Rio G. do Norte	82
Mato Grosso	68
Pará	66
Espírito Santo	54
Piauí	19
Sergipe	16
Roraima	11
Alagoas	9
Amapá	4
Tocantins	1
Acre	1
Rondônia	0

FONTE: COORDENAÇÃO GERAL DE INDICADORES DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA/MCTI

dos países desenvolvidos, os dispêndios públicos costumam superar os privados. “A verdade é que infelizmente as empresas brasileiras sempre investiram pouco em pesquisa e desenvolvimento e essa realidade permanece inalterada”, diz Soraya Smaili, ex-reitora da Universidade Federal de São Paulo e coordenadora do Instituto Sou Ciência, um centro de estudos sobre ciência e ensino superior.

A análise de séries históricas permite enxergar algumas transformações. Smaili chama a atenção para uma mudança no perfil dos recursos humanos formados pelos programas de pós-graduação: o aumento no número de doutores se deu de forma desigual entre diferentes áreas do conhecimento. Nas engenharias, o contingente de doutores titulados mais que dobrou entre 2000 e 2021 – de cerca de 800 para 2 mil por ano. A evolução, contudo, foi inferior à de áreas como as ciências da saúde ou das ciências humanas. “O total de engenheiros é um indicador relevante para o desenvolvimento de qualquer país e as dificuldades do Brasil nesse campo merecem mais reflexão”, analisa Smaili.

Os Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação fornecem um diagnóstico abrangente do desempenho

das instituições públicas e empresas e dos profissionais que têm atividades de pesquisa no país. Uma dificuldade marcante na elaboração do último levantamento foi a falta de alguns dados primários, que deixaram de ser produzidos ou coletados, e são fundamentais para atualizar as estatísticas.

**O** exemplo mais grave está relacionado à Pintec, que o IBGE lançava a cada três anos e servia de referência para mostrar o esforço das empresas brasileiras inovadoras. A última Pintec foi divulgada em 2020 com dados do período de 2015 a 2017 – não houve coleta de dados nas empresas desde então. “A Pintec é fundamental para entendermos a dinâmica do investimento empresarial em P&D e a sua descontinuidade cria um desafio para os nossos técnicos”, explica Mariana Moura, do MCTI.

Ela conta que, sem os dados atualizados, a solução é fazer extrapolações com base em referências mais antigas. “A sugestão do IBGE foi levantar informações sobre empresas que usaram mecanismos de incentivo à inovação, como a Lei de Infor-

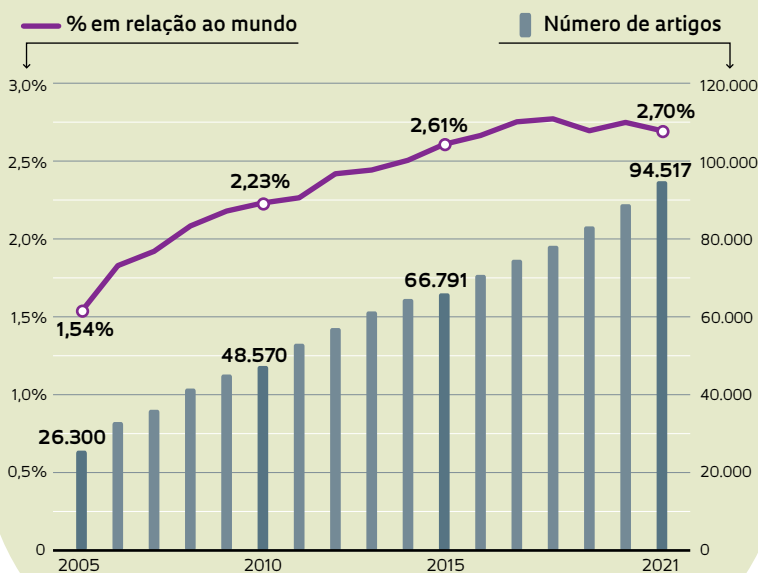
mática e a Lei do Bem, e usá-las para recalculando os investimentos empresariais em P&D a partir dos dados da última Pintec disponível. O problema é que, à medida que o tempo passa, esse ponto-base vai se tornando menos representativo”, explica.

O IBGE está testando uma metodologia nova para produzir duas vezes por ano um novo levantamento sobre inovação nas empresas, a Pintec semestral, mas ela tem amostragem menor e menos parâmetros avaliados. “A Pintec semestral não substitui o levantamento abrangente da Pintec trienal, que é necessário para gerarmos dados comparáveis internacionalmente”, afirma a diretora do MCTI.

A falta de informações compromete outros indicadores, como o de pesquisadores brasileiros em atividade. Um banco de dados que era atualizado a cada dois ou três anos, o Diretório de Grupos de Pesquisa, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), parou de coletar informações em 2014. “Queremos estreitar a colaboração com os responsáveis por levantamentos de dados de outros órgãos, como CNPq, Finep [Financiadora de Estudos e Projetos] e CGEE, para produzir métricas precisas”, diz Mariana Moura. ■

## A EVOLUÇÃO DOS PAPERS BRASILEIROS

Artigos de autores nacionais presentes na base de dados Scopus e seu percentual em relação ao mundo – 2000 a 2021



FONTE SCIMAGO JOURNAL & COUNTRY RANK

## O RANKING DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Artigos publicados em revistas científicas indexadas na base Scopus em 2021 em países selecionados (em milhares)

China	841,1
Estados Unidos	649,1
Índia	219,6
Reino Unido	213,4
Alemanha	189,1
Itália	137,9
Japão	135,1
Rússia	119,2
Canadá	118,5
França	116,7
Espanha	113,4
Coreia do Sul	97,9
<b>BRASIL</b>	<b>94,5</b>
Portugal	32,5
México	31,5
África do Sul	30,4
Israel	25,0
Argentina	16,0

FONTE SCIMAGO JOURNAL & COUNTRY RANK



Transplante de fígado em hospital em Rio Branco, no Acre: órgão foi levado de Campo Grande, Mato Grosso do Sul

POLÍTICAS PÚBLICAS

# AS RAZÕES DE TANTAS RECUSAS

Levantamento analisa a oferta de órgãos para transplantes no Brasil e os motivos pelos quais a maioria não é aproveitada

Rodrigo de Oliveira Andrade

A maioria dos órgãos oferecidos para transplante no Brasil entre 2014 e 2021 não foi aproveitada, de acordo com levantamento feito por técnicos do Ministério da Saúde (MS) e pesquisadores da Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde (Fepecs), em Brasília, com base em dados da Central Nacional de Transplantes (CNT) sobre a oferta de órgãos sólidos – coração, pulmão, fígado, rim e pâncreas – aos estados e as razões das recusas. Das 22.824 ofertas feitas pela CNT no período, 14.341 (63%) foram recusadas pelas equipes que fazem essas cirurgias. Os resultados foram publicados em abril em um artigo em formato *preprint*, ainda não revisado por pesquisadores independentes.

Mais da metade das recusas (59%) se deu em decorrência de condições clínicas dos doadores, seja porque tinham idade avançada, comorbidades ou algum tipo de infecção, entre outros

problemas de saúde. Em 9% dos casos, o órgão tinha lesões ou alterações morfológicas que o impediam de ser usado. As recusas associadas a problemas logísticos responderam por apenas 6%, contrariando o senso comum, que costuma apontá-los como um dos principais entraves para a realização de transplantes que demandam o transporte de órgãos entre diferentes localidades.

Parte significativa das recusas (21%) se deu por motivos não especificados, “os quais serão analisados em mais detalhes”, diz a enfermeira Patrícia Freire dos Santos, técnica do Ministério da Saúde e autora principal do levantamento, que não avaliou a oferta de órgãos feita pelas centrais estaduais de transplantes e seus desfechos. Dados preliminares sugerem que eles envolvem problemas decorrentes de desigualdades na distribuição de serviços especializados nesse tipo de procedimento no país. “Alguns estados simplesmente não dispõem de centros de transplantes”, destaca Freire, que é ex-coordenadora da CTN.

Ela cita o exemplo do Amazonas, que não faz transplante de coração e, portanto, não possui lista de espera própria para esse órgão. “Os pacientes amazonenses diagnosticados com insuficiência cardíaca terminal são inscritos em listas de espera de estados que fazem esse procedimento”, ela esclarece.

O transplante de órgãos no Brasil hoje se dá por meio de uma lista única de espera, organizada a partir de listas estaduais, macrorregionais e nacional, além de outros mecanismos institucionais. Segundo a Portaria nº 2.600, de outubro de 2009, todo hospital com Unidade de Terapia Intensiva (UTI), referência em urgência e emergência ou que já realize algum tipo de transplante precisa ter uma comissão para identificar potenciais doadores.

Sempre que um novo órgão é identificado, a busca por um receptor compatível é feita primeiro na lista de seu estado de origem – ou seja, um rim de um doador de São Paulo será oferecido primeiro para pacientes do estado. As listas regionais são organizadas pelas Centrais Estaduais de Transplantes, que nem sempre encontram um receptor compatível. Em alguns casos, as próprias centrais recusam o órgão, por considerá-lo inadequado ou por outras questões, como falta de equipe para buscar o órgão ou de sala de cirurgia disponível, por exemplo. Nesse caso, ele é encaminhado à CNT, que o oferecerá a outros estados, segundo lista de espera nacional. “O critério usado pelas equipes locais pode variar”, explica o médico Bernardo Sabat, coordenador da Equipe Pernambucana de Captação de Órgãos Abdominais para Transplante, que não participou do levantamento. “Algumas aceitam determinados órgãos de pessoas com mais idade, por exemplo. Outras são mais rigorosas nesse sentido.”

Todo coração identificado para transplante no Amazonas, por exemplo, vai direto para a lista nacional, sendo logo ofertado para outros estados. “Ocorre que o tempo de isquemia do coração [período em que o órgão pode ficar sem irrigação sanguínea e manter suas atividades fora do corpo humano] é de apenas quatro horas, o que o impede de ser transportado para regiões distantes”, afirma Freire. É bem verdade que ele poderia ser oferecido a estados próximos, como Acre, Rondônia e Roraima, mas esses também não fazem o transplante do órgão. Por sua vez, as equipes de estados que realizam esse tipo de procedimento, concentradas majoritariamente no Sul e Sudeste, optam por recusar o órgão porque sabem que ele não chegará em boas condições. “Isso faz com que corações do Amazonas sejam muito pouco aproveitados no país.”

O problema se estende para outros órgãos, como pulmão, cujo transplante atualmente só é feito nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Ceará. Com um tempo de isquemia de quatro a seis horas, o órgão é frequentemente recusado quando sua origem é de regiões mais distantes. Não por acaso, coração e pulmão estão entre os órgãos sólidos com maior taxa de recusa.

Os estados podem usar aeronaves da Força Aérea Brasileira (FAB), de companhias nacionais e das forças de segurança estaduais para o transporte de órgãos. “Ainda que conseguíssemos diminuir o tempo de deslocamento, o ideal seria que eles fossem usados em seus próprios estados de origem”, comenta Freire. Para que isso aconteça, seria preciso fortalecer a capacidade dos estados de realizarem transplantes, o que resultaria em um maior aproveitamento dos órgãos ofertados e uma redução da fila de espera no país.

Mesmo os órgãos inicialmente aceitos podem não ser usados. No *preprint* publicado em abril, Freire e sua equipe informaram que dos 8.483 (37%) órgãos admitidos para transplante, 6.433 (76%) realmente foram implantados. Os outros 2.050 (24%), apesar do aceite inicial, acabaram não utilizados. “É possível que as equipes identifiquem anormalidades no órgão do doador falecido durante a cirurgia para sua retirada”, esclarece Bernardo Sabat. “Nesse caso, eles são descartados.” Segundo Freire, há situações também em que o órgão fica comprometido devido a más condições de conservação.

Os órgãos descartados são encaminhados para exame anatomopatológico, onde são processados e analisados. Os resultados são apresentados em um laudo. “Esse documento garante que o órgão descartado não foi transplantado em alguém fora da fila de espera”, explica Sabat. “Também é uma forma de evitar que seja desviado e comercializado.”

Apesar dos entraves, o levantamento coordenado por Freire indica que a oferta de órgãos sólidos para distribuição entre os estados vem crescendo. Foram 3.375 em 2021, um aumento de aproximadamente 56% em relação a 2014. Esses valores, no entanto, estão longe de dar conta da demanda. Segundo dados do Ministério da Saúde, em fins de 2022, a lista de espera nacional por órgãos sólidos tinha 34.830 pessoas inscritas. No mesmo ano, apenas 7.473 transplantes foram realizados, evidenciando a desproporção entre demanda e oferta.

Levando em conta as listas estaduais, o número de pessoas na lista de espera sobe para 52.989, o maior contingente desde 1998, segundo dados mais recentes da Associação Brasileira de Transplante de Órgãos (ABTO). “Os programas tiveram que deslocar profissionais da saúde para o cuidado dos pacientes com Covid-19, resultando em uma queda no número de transplantes no país”, destaca o médico Gustavo Fernandes Ferreira, presidente da ABTO. O Brasil realizou 6.302 transplantes de órgãos em 2019, segundo dados do último Registro Brasileiro de Transplantes, publicado pela ABTO e que contabiliza os órgãos ofertados pelas centrais estaduais. Em 2020, com o início da pandemia, esse número caiu para 4.826 e, em 2021, para 4.777. Esse contingente voltou a subir em 2022. “Estamos tendo de reestruturar toda a capacidade de doação e transplante de órgãos do país”, ele comenta.

Também o número de famílias que não autorizam a doação de órgãos e tecidos de parentes com diagnóstico de morte encefálica, em queda desde 2015, voltou a crescer a partir de 2021, atingindo 46% em 2022, maior percentual nos últimos oito anos.

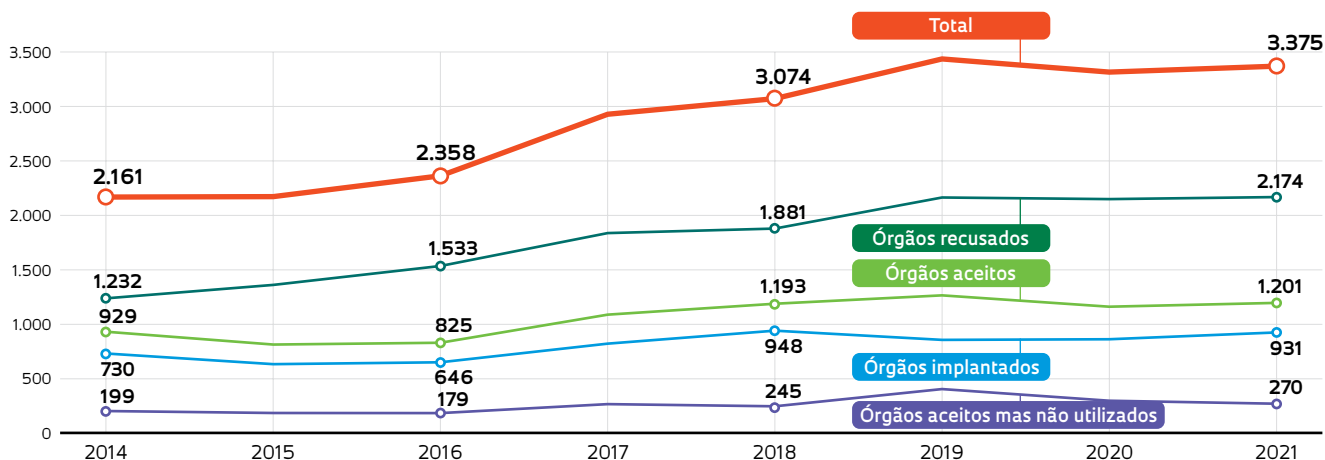
De modo geral, o Brasil é referência em doação e transplante de órgãos, garantido de forma integral e gratuita pelo Sistema Único de Saúde (SUS), responsável por financiar e fazer mais de 88% dos transplantes no país. Cerca de 12 mil cirurgias desse tipo foram feitas pelo SUS de janeiro a novembro de 2021. Em 2020, foram cerca de 13 mil procedimentos. Em números absolutos, o Brasil é o 2º maior transplantador do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos.

Ainda há muito espaço para avançar. O acesso da população está longe de ser equitativo e faltam mecanismos eficientes capazes de diminuir as dificuldades de acesso a esse tratamento, que incidem principalmente sobre a população que vive em regiões distantes dos centros transplantadores. Também as estratégias de capacitação têm se mostrado insuficientes para sanar as carências existentes, tais como os baixos índices de notificação de morte encefálica. “É preciso maior conscientização da classe médica em ir atrás do diagnóstico de morte cerebral”, destaca o médico Paulo Manuel Pêgo-Fernandes, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP).

No Brasil, a doação de órgãos só pode ser feita por indivíduos com diagnóstico de morte encefálica atestada por especialista e confirmada seis horas depois com exame clínico e por imagem. “Ocorre dessa forma para blindar o sistema e não haver questionamentos em relação à sua confiabilidade e à irreversibilidade do diagnóstico de morte”, ele explica. “É um sistema conservador, que acaba pecando pelo excesso, restringindo as possibilidades de transplante, uma vez que muitos médicos se esquecem ou deixam de fazer esse tipo de diagnóstico porque estão trabalhando em hospitais sobrecarregados.” ■

## Baixo aproveitamento

Evolução do número total de órgãos ofertados pela CNT aos estados e seus desfechos\*



\*Não inclui órgãos ofertados pelas Centrais Estaduais de Transplantes

FONTE: MINISTÉRIO DA SAÚDE



# COMBATE À SOMBRA

Estudo estima a influência de pesquisadores experientes na produção de colegas com quem colaboram

Fabrício Marques

**C**omo medir adequadamente a contribuição individual de um pesquisador se os trabalhos científicos que compõem seu currículo resultam de colaborações e levam a assinatura também de outros colegas? Em busca de respostas para essa indagação, que aparece com frequência em processos de avaliação, pesquisadores do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP) e da Universidade de Indiana, em Bloomington, nos Estados Unidos, debruçaram-se sobre 243 milhões de artigos científicos de 2,6

milhões de coautores armazenados na base de dados Microsoft Academic Graph. Para ajustar o alvo, desconsideraram *papers* com mais de 10 coautores, a fim de não contaminar a análise com a atuação de grandes consórcios de pesquisa, e selecionaram autores apenas entre os que tinham publicado ao menos 10 artigos e recebido ao menos 200 citações, excluindo aqueles que estavam muito no início de carreira.

Os resultados mostraram o quanto as colaborações de pesquisa têm dinâmicas peculiares em diferentes campos do conhecimento e revelaram dados curiosos sobre a influência de lideranças acadêmicas bastante produtivas entre os colegas com quem publicam artigos científicos. Um ponto de referência foi a figura dos “colaboradores prolíficos”, autores cuja presença na lista de assinaturas de artigos é frequente e cuja produção recebe um volume maior de citações. Para avaliar a influência desses líderes, o estudo analisou o que acontecia com as métricas de produtividade dos demais autores, medidas por citações e por indicadores que conciliam quantidade de artigos e sua repercussão, como o índice-h, em dois cenários distintos: com e sem os artigos feitos em cooperação com os colaboradores prolíficos. “Houve casos extremos em que um autor da área médica contava 4 mil citações em artigos dos quais era coautor, mas, quando se excluíam os *papers* feitos com os colaboradores prolíficos, só sobravam 25% das citações originais, em um sinal claro de dependência”, afirma Diego Raphael Amancio, do ICMC-USP e autor principal do estudo, publicado na revista científica *Scientometrics*.

Em disciplinas de humanidades, observou-se que a dependência é pequena e a influência dessa elite é mais restrita, mesmo porque não há ali uma tradição forte de publicar em parceria. Já em engenharias, ciência da computação, física, medicina, biologia e química, o peso era sensivelmente maior, com os colaboradores prolíficos respondendo por cerca da metade das publicações e citações de sua especialidade. Em química, o índice que media a influência no total de citações chegou a 50% do total. Em ciência de materiais, foi 66%. Para Amancio, os resultados podem ser úteis para compreender o funcionamento das colaborações e identificar características que definem pesquisadores capazes de produzir ciência de forma autônoma.

Na avaliação do cientista da computação Jesús Mena Chalco, pesquisador da Universidade Federal do ABC, que não participou do estudo, o trabalho liderado por Amancio explora duas questões já evidenciadas na literatura, mas que ainda não haviam sido quantificadas na sua totalidade: a relação entre a intensidade da colaboração e a área de atuação do pesquisador e o tamanho da influência de alguém mais experiente em um ambiente de pesquisa. “No meu entender, esta última questão, que trata do impacto de um pesquisador mais colaborativo na produção científica de seus coautores, é a mais importante”, afirma. Segundo Chalco, essa evidência poderia auxiliar na discussão sobre políticas científicas para engajamento de pesquisadores seniores em projetos desafiadores. “O Brasil poderia se beneficiar de uma política rotineira e sistemática de aproximar os ‘mais velhos’ dos ‘mais jovens’.” ■



# ENTRE O DESMONTE E A RESILIÊNCIA

Economista do Ipea fala sobre livro  
que analisou efeitos da reconfiguração  
de diferentes políticas públicas no  
Brasil desde 2016

Fabrcio Marques

**P**olíticas destinadas a públicos e segmentos diversos foram reformuladas no Brasil de 2016 para cá, em resposta a mudanças políticas ou em nome da redução de gastos governamentais. Um livro recém-lançado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) indica que alguns setores, como saúde e cultura, resistiram melhor à pressão para enxugar ou reavaliar suas políticas públicas do que outras áreas, como meio ambiente e direitos indígenas, que viveram um processo definido pela literatura acadêmica como *policy dismantling* (desmonte de políticas). A obra também relaciona o que ocorreu no Brasil com o observado em países como Estados Unidos, Polônia ou Hungria, nos quais a reformulação de políticas públicas foi promovida por lideranças po-

pulistas de direita, algumas delas com viés hostil aos sistemas de freios e contrapesos que caracterizam a separação de poderes em uma democracia liberal.

Intitulado *Desmonte e reconfiguração de políticas públicas (2016-2022)*, o livro tem 570 páginas divididas em 18 capítulos e foi escrito por mais de 40 autores, entre técnicos do Ipea e pesquisadores associados ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, sediado na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Na entrevista a seguir, o economista Alexandre de Ávila Gomide, pesquisador do Ipea e atualmente diretor de Altos Estudos da Escola Nacional de Administração Pública (Enap), expõe as principais conclusões da obra, da qual é um dos organizadores.

Gomide:  
momento rico para  
pesquisadores  
brasileiros estudarem  
mudanças em  
políticas públicas





***A propósito do título do livro, o que tivemos no Brasil desde 2016 esteve mais para desmonte ou para reconfiguração de políticas públicas?***

Depende do setor. Na área econômica, esteve mais para reconfiguração. Houve mudanças na política do BNDES [Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social] que, como mostra um dos capítulos do livro, reduziram bastante os instrumentos orientados ao apoio financeiro a projetos de infraestrutura. Outro exemplo: posso não concordar em passar a responsabilidade dos investimentos em saneamento para o setor privado, mas essa política foi modificada dentro das regras do jogo democrático e da alternância de poder. Se um governo é mais liberal ou mais desenvolvimentista, ele

vai reconfigurar políticas de acordo com seu programa. Mas também houve uma série de políticas públicas que foi alvo de desmantelamento.

***Em que casos isso foi mais agudo?***

O livro não mensura que área foi pior do que outra. Mas um exemplo de desmantelamento foram as políticas ambientais. Essa área foi muito atacada por meio da extinção ou enfraquecimento de instrumentos e programas criados para a defesa ambiental e da perda de capacidades administrativas de órgãos federais. O que barrou um pouco o tamanho do desmanche foi a reação de uma parte do setor do *agrobusiness* que é bastante internacionalizada. Esse segmento percebeu que, se o ataque fosse aprofundado, teria di-

ficuldades de vender seus produtos no exterior. As políticas para os indígenas também sofreram bastante. Tinha gente na Funai [Fundação Nacional dos Povos Indígenas] interessada em promover evangelização dos indígenas.

***O livro situa o que ocorreu no Brasil dentro de uma onda que classifica de “populismo iliberal”, que atingiu países como Estados Unidos, Índia, Polônia e Hungria. O que houve de comum no Brasil com esses casos?***

O desmonte de políticas públicas é um tema bem estudado na literatura. Nos anos 1980, o presidente dos Estados Unidos Ronald Reagan [1911-2004] e a premiê do Reino Unido Margaret Thatcher [1925-2013] foram eleitos defendendo a

redução de políticas de bem-estar social, mas fizeram isso dentro do jogo democrático, tanto que não conseguiram desmontar tanto quanto propuseram. Mais recentemente, depois de 2008, vários países viveram crises fiscais e reduziram o alcance de políticas de bem-estar social. Já essa onda de agora tem um perfil diferente. Um ponto comum entre o Brasil e outros países é a adoção de uma estratégia chamada *hardball*, jogo duro com as instituições. Houve situações que testaram o limite da legalidade, com o governo propondo modificações em políticas que o Supremo Tribunal Federal iria derrubar ou o Congresso iria vetar. Em outros casos, partiu-se para o assédio institucional. Pegue o exemplo da Fundação Palmares. Não há nada na lei dizendo que é preciso colocar como presidente da Fundação Palmares alguém que seja favorável à sua missão, que é lutar contra o racismo. Esse é o pressuposto lógico para a escolha. Mas, como a lei também não proíbe, colocou-se lá uma pessoa hostil a esse propósito. O mesmo aconteceu com o Ibama [Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis]. Nos Estados Unidos, Donald Trump dizia que o *deep state* não o deixava governar – *deep state* é um termo pejorativo para a administração pública. Ele se referia a servidores públicos que foram formados para obedecer ao devido processo legal e resistiam ao *hardball*. No nosso caso e no de países como Hungria e Polônia, o desmonte de políticas públicas foi feito em um ambiente de estresse institucional e de ameaça de retrocesso democrático.

### ***Houve algo de peculiar na experiência brasileira?***

Sim, e também teve a ver com o serviço público. Os servidores públicos são elementos de estabilidade nas democracias. Em tese, são pessoas que detêm um conhecimento e são selecionadas pelo mérito. Eles sabem que existe uma ordem jurídica que têm de obedecer. Aqui, criou-se tensão ao colocar militares para comandar essas pessoas. Militares têm outra cultura, não foram formados para esse tipo de tarefa. Essa foi uma característica marcante da experiência brasileira. Logo que o presidente Jair Bolsonaro assumiu o governo, ele fez uma viagem aos Estados Unidos e disse uma frase definidora: afirmou que era



## **Políticas antigas, que estão ancoradas em organizações consolidadas e envolvem uma ampla coalizão de beneficiários, são mais difíceis de desmontar**

preciso destruir muita coisa para poder construir de novo. Fazia parte de seu programa a ideia de retroagir, porque ele e seus seguidores atribuem muitas das nossas mazelas à democracia. Outra particularidade brasileira é que aqui houve um casamento dessa postura reacionária com um ideário econômico de cunho neoliberal. É diferente do que ocorreu em vários países, como nos Estados Unidos, onde Trump tinha um discurso bastante nacionalista.

### ***O que faz uma política pública ser mais ou menos resiliente a desmontes e reconfigurações? Poderia dar exemplos no contexto recente do Brasil?***

A literatura mostra que, ao longo do tempo, as políticas públicas ganham apoiadores, que são os seus beneficiários diretos e indiretos. Os atores econômicos e sociais vão aprendendo a jogar o jogo e se organizam para operar aquela política. Em geral, políticas antigas, que estão ancoradas em organizações consolidadas e envolvem uma ampla coalizão de beneficiários, são mais difíceis de desmontar do que políticas novas, vinculadas a um ministério que não tem uma burocracia forte incumbida de operá-las. Vamos pegar o exemplo da Lei Rouanet. Ela existe há muito tempo, todo o setor artístico a conhece, os bancos criaram fundações culturais

para utilizá-la, o governo montou uma estrutura para operá-la. Ela foi muito atacada, mas sobreviveu. Muito por conta da reação dos atores que a operam, o ataque teve efeitos mais retóricos do que efetivos, ainda que tenha havido prejuízos. É bem diferente de exemplos como acabar com o programa Bolsa Verde, do Ministério do Meio Ambiente, que concedia benefícios para famílias pobres que ajudassem a preservar o meio ambiente, ou com uma política de igualdade racial ou em favor da igualdade de gênero, que têm bases bem mais frágeis. Um outro fator importante é o nível de institucionalidade da política. Os governos passados tentaram reduzir e até extinguir o Benefício de Prestação Continuada, o BPC, que concede um salário mínimo para idosos ou pessoas com deficiência que não podem se manter. É uma política que tem um grande custo fiscal. Mas existe desde 1993 e o Congresso resistiu a desmontá-la. Já com o Bolsa Família, houve mais espaço de discricionariedade. Manteve-se o benefício porque viram que era eleitoralmente importante, mas houve uma reformulação em sua lógica de operação.

### ***Quem resistiu mais à reconfiguração e ao desmonte de políticas públicas? Você mencionou a burocracia, o Judiciário...***

O papel da burocracia foi muito importante. A diplomacia do Itamaraty, por exemplo, tirou o Brasil de muita enrascada. Mas o papel mais decisivo foi do Congresso. Quando a preferência do Executivo não estava alinhada com a do parlamentar mediano, acontecia o que chamamos de pontos de veto. Embora o Congresso fosse conservador, seu ponto mediano estava menos à direita do que o Executivo e isso colocou algumas barreiras. O governo teve de implementar muitas políticas por decreto, como no caso dos armamentos e da política ambiental, e várias foram integral ou parcialmente derrubadas pelo Congresso ou pelo Judiciário. A resistência veio das nossas instituições democrático-liberais, baseadas em pesos e contrapesos. A opinião pública também ajudou quando teve força de mobilização. Mas quem não teve essa capacidade ficou na mão.

### ***Pode dar um exemplo de quem ficou na mão?***

Veja a questão dos Yanomami e dos ga-



Sistema Único de Saúde e Yanomami: capacidade de resistência e poder de mobilização distintos



rimpos da Amazônia, que virou terra de ninguém. O poder de mobilização dos indígenas era pequeno. Não tinha ninguém lá e só descobrimos bem mais tarde o que estava acontecendo. É o contrário do que ocorreu no caso das vacinas contra a Covid-19. A sociedade civil se mobilizou e o governo teve de ir atrás de vacinas. O Sistema Único de Saúde, o SUS, teve resiliência no período em boa medida porque a sociedade civil se mobilizou em favor dele durante a pandemia.

### ***Qual é a perspectiva de reconstruir políticas públicas?***

Aqui no Brasil vejo dificuldades. O Congresso hoje está medianamente mais conservador do que o Executivo e faltam pontos de interseção entre diferentes correntes. Em uma democracia normal, existem pontos de interseção para se formar consensos. Nos Estados Unidos isso acontece muito. Por mais que se tenha uma política identificada com o Partido Democrata, havia sempre alguns parlamentares do Partido Republicano que a identificavam como de interesse de sua base e se dispunham a apoiá-la. Com isso, formavam-se minicoalíções

“  
**Nos Estados Unidos, Donald Trump dizia que o *deep state* não o deixava governar – *deep state* é um termo pejorativo para a administração pública**

que iam sustentando a política. Mas, quando você polariza, as interseções diminuem e vira um Fla-Flu. Há 20 anos, quando os principais partidos eram o PT e o PSDB, havia mais áreas de interseção. Agora a situação é bem diferente. O governo vai enfrentar um desafio enorme. A questão não é reconstruir, mas recriar.

Muita coisa servia no passado, mas não vai servir mais. A sociedade mudou. Veja a questão da participação social. Todo governo social-democrata acredita em buscar consensos, em chamar a sociedade para conversar, em colocar empresários e trabalhadores em um mesmo conselho e encontrar um denominador comum. Isso não tem mais a mesma eficácia. A sociedade civil se organizou de outra forma. A direita reacionária se reorganizou. O populismo iliberal ajudou a organizar essa parcela da sociedade e tem recursos tecnológicos. Eles dominam bem as redes sociais. É bem mais difícil criar consensos para poder pressionar o Congresso e aprovar uma legislação. A situação está difícil não só no Brasil. Quem acompanha a política dos Estados Unidos vê que a sociedade lá está totalmente radicalizada. E em outros países, como Índia, Turquia e Hungria, os líderes populistas iliberais foram reeleitos.

***O fato de, no Brasil, o governo não ter alcançado a reeleição teve a ver com a reconfiguração de políticas públicas ou é um exagero falar isso?***

Diria que teve a ver, sim. Muita gente viu que as políticas públicas pioraram e a pandemia tornou essa visão mais aguda, além, claro, de ter jogado o Brasil em uma crise econômica. Se o governo tivesse sido mais atento a algumas políticas, talvez o desfecho da eleição fosse outro. Geralmente, os estudos internacionais mostram que os políticos que desmantelam políticas tentam não aparecer como desmanteladores, porque é algo impopular. No Brasil, em várias situações, o governo quis aparecer como desmantelador mesmo, para mobilizar sua base.

***Outros países estão conseguindo reconstruir políticas?***

Vamos estudar isso agora, em um projeto que vai analisar políticas públicas em países como Índia, Estados Unidos, Polônia e Hungria. Os Estados Unidos talvez sejam o melhor lugar para olhar, porque o Trump já se foi há dois anos. Essa pode ser uma agenda de estudos interessante para os pesquisadores do Brasil. É um momento rico em termos acadêmicos, de entender melhor o que foi desmontado e como está sendo recriado. É uma agenda para a qual o Brasil pode contribuir muito. ■

# BOAS PRÁTICAS



## Muita atenção aos sinais

Conferência discute novas estratégias para identificar e combater artigos fraudulentos comercializados por fábricas de *papers*

Uma conferência on-line de especialistas em integridade acadêmica discutiu em 24 de maio os desafios dos editores de revistas científicas para lidar com artigos gerados pelas “fábricas de *papers*”, serviços ilegais que produzem estudos em geral com dados ou imagens forjadas, comercializam a autoria dos trabalhos com pesquisadores interessados e até ajudam a submetê-los para publicação em nome dos clientes. Organizado pelo Comitê de Ética em Publicações (Cope), fórum de editores com sede no Reino Unido, e pela associação de empresas de comunicação científica STM, baseada em Haia, nos Países Baixos, o encontro virtual United2Act reuniu um grupo de pesquisadores, gestores de periódicos e representantes de agências de fomento à ciência. “É a primeira vez que especialistas criam em conjunto ações para combater o problema, que agora queremos levar adiante”, disse à revista *Nature* a matemática Deborah Kahn, que integra o conselho curador do Cope.

O grupo planeja publicar em breve um plano de ação. Entre as ideias que estão sendo consideradas, propôs-se que as revistas científicas passem a exigir de autores, no momento em que eles submetem trabalhos para publicação, o fornecimento de dados primários de suas pesquisas com marcas-d'água digitais. Esse recurso pode agregar aos dados referências sobre a sua origem, na forma de códigos de identificação exclusivos, e permitir aos editores e revisores avaliar se as informações que embasam o estudo têm procedência genuína. Hoje, de acordo com os participantes do encontro, não há um conjunto uniforme de requisitos para o envio dos dados primários, o que pode atrapalhar a verificação de sua veracidade. Um obstáculo para a mudança apontado no encontro é que ela exigirá investimentos em gerenciamento de dados nas revistas científicas.

Outra estratégia em avaliação é o compartilhamento de dados entre editoras científicas quando há evidências de ação de uma fábrica de *papers* – é comum que investidas com características suspeitas atinjam diferentes publicações e envolvam um volume extenso de artigos fraudulentos, sem que os editores compreendam que o problema é maior ou mais grave do que parece. O desafio é partilhar informações sem violar regras de proteção de dados em publicações, já que o tratamento sigiloso das submissões de artigos é um princípio da comunicação científica. O Cope dispõe de um fórum confidencial em que editores filiados ao comitê podem consultar outras revistas ou empresas que enfrentaram um determinado problema de má conduta quando suspeitam que também estão sendo vítimas do mesmo tipo de fraude.

Não é simples identificar artigos produzidos por uma fábrica de *papers*. Conforme um estudo feito pelo Cope que subsidiou as discussões na conferência, é comum que eles sejam escritos de modo a escapar do escrutínio de softwares de plágio e respeitem as regras de publicação das revistas a que são submetidos, para não levantar suspeitas e serem aceitos sem sobresaltos. Mas existem características que podem ajudar os editores de periódicos a rastreá-los: eles são mais frequentes nas áreas de biologia celular e molecular; apresentam imagens de testes

*western blot* muito limpos, o que pode ser indício de manipulação; informam e-mails particulares dos autores, em vez dos endereços institucionais; promovem mudanças na lista de autores enquanto o artigo é avaliado; omitem registros de aprovação de uso de animais por um comitê de ética, entre outros.

Um estudo publicado em novembro na revista *The British Medical Journal (BMJ)* constatou que, de 33,7 mil estudos que sofreram retratação no período de 2004 a 2021, 1.182 saíram de fábricas de *papers* – nesse subconjunto, 96,8% eram de autores de instituições da China e 76,9% tinham um hospital como filiação principal. Há a percepção de que as fábricas de *papers* estão cada vez mais ativas, mas também que as condições para enfrentar o problema vêm melhorando. Uma das participantes da conferência, Sabina Alam, que é diretora de ética e integridade editorial da editora Taylor & Francis, disse à *Nature* que o número de casos potenciais de má conduta investigados por sua equipe foi multiplicado por 10 entre 2019 e 2022 – desse total, cerca da metade envolve artigos produzidos por fábricas de *papers*. Em 2023 o problema ganhou ainda mais escala: até maio, já havia mais denúncias do que em todo o ano de 2022.

Segundo ela, a capacidade de detectar artigos fraudulentos da editora foi ampliada com o uso de softwares disponíveis desde o ano passado na plataforma STM Integrity Hub, que auxilia editores no escrutínio de manuscritos submetidos para publicação. Trata-se de um ambiente baseado em nuvem em que editores de 15 empresas de comunicação científica têm acesso a softwares que ajudam a identificar casos de má conduta. Também podem compartilhar experiências, sem infringir a privacidade de dados e leis de defesa da concorrência, e desenvolver em conjunto novas ferramentas.

Um exemplo é a colaboração de 24 editoras e empresas de análise de dados científicos, anunciada no final de 2022 e patrocinada pela STM, que está desenvolvendo sistemas automatizados capazes de escrutinar mais de 70 possíveis sinais de manipulação comuns em artigos produzidos por fábricas de *papers*, como imagens adulteradas, vícios de linguagem e endereços de e-mail suspeitos. Um fruto dessa colaboração foi lançado em abril: um aplicativo da web em que manuscritos de periódicos podem ser carregados e avaliados em busca de sinais de fraude. Se algum indício é detectado, o sistema gera uma mensagem de alerta aos editores, para que investiguem o caso em profundidade.

Um pano de fundo das discussões da conferência foi uma ameaça mais recente: o surgimento de ferramentas de inteligência artificial com potencial para tornar as fraudes mais sofisticadas e difíceis de detectar. Ainda não há evidências de que ferramentas de inteligência artificial que confeccionam textos, como o ChatGPT, ou produzem imagens realistas, como o MidJourney, estejam comprometendo a literatura científica, mas, para a socióloga russa Anna Abalkina, pesquisadora da Universidade Livre de Berlim, isso pode ser apenas uma questão de tempo. Como o processo de revisão por pares em revistas acadêmicas dura em média alguns meses, os problemas podem demorar um pouco para aparecer. ■ **Fabício Marques**

## Artigos de alunos são usados para multiplicar citações de trabalhos de docentes

**P**ela segunda vez consecutiva, a Faculdade de Odontologia do Instituto Saveetha de Ciências Médicas e Técnicas, em Chennai, na Índia, lidera a lista das instituições mais citadas do mundo em sua disciplina, produzida pela consultoria Quacquarelli Symonds (QS), do Reino Unido. Graças a esse desempenho, também aparece no ranking mundial de universidades da QS como a 13ª melhor escola de odontologia do mundo – logo à frente da Universidade de São Paulo (USP), que está em 14º lugar. Uma investigação feita pelo site Retraction Watch, que divulga notícias sobre integridade científica, indica que esse desempenho é impulsionado por um esquema que pode configurar má conduta.

Todos os anos, os cerca de 500 alunos da instituição participam de um exercício: em um exame que dura quatro horas, devem escrever um ensaio de 1.500 palavras relatando a atividade de pes-

quisa que realizaram no ano anterior. Os textos são revisados pelos estudantes e professores, que então incluem referências bibliográficas. Em seguida, são submetidos a revistas científicas – e muitos são aceitos para publicação. Esses artigos contribuem para o desempenho notável da produção científica da instituição, que publicou cerca de 1,4 mil artigos no ano passado.

De acordo com o Retraction Watch, a inclusão das referências bibliográficas privilegia trabalhos da própria instituição. Uma das estratégias consiste em usar os artigos dos alunos para fazer propaganda dos docentes. Nos textos, o trabalho de grupos de pesquisa da instituição é elogiado por meio de alguma frase genérica, como “rica experiência”, “extenso conhecimento” ou “numerosos estudos originais”, que vem acompanhada de exemplos na forma de dezenas de referências a artigos de professores – algumas citações nem sequer estão relacio-

nadas diretamente ao tema do trabalho. Um estudo publicado em 2019 por dois pesquisadores da instituição no *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research* descreve um método para classificar as formas de rostos humanos e já recebeu 169 citações de acordo com a contagem do Google Scholar. Quase todas as menções vieram de artigos escritos por autores de Saveetha, com apenas quatro exceções.

A direção da instituição nega a intenção de manipular indicadores de desempenho, mas pessoas de fora da universidade veem má-fé na estratégia. O ortodontista Theodore Eliades, professor da Universidade de Zurique e editor chefe do *The Korean Journal of Orthodontics*, disse à revista *Science* e ao Retraction Watch que as referências são inseridas nos textos de forma meticulosa, para iludir o leitor e impedir que sejam identificadas como autocitação, que é uma prática combatida na comunicação científica.

## Recompensa para quem publicar em revistas de renome

**O** governo da Tanzânia, país do leste da África, instituiu um Prêmio de Excelência à Pesquisa que oferece 50 milhões de xelins tanzanianos, o equivalente a pouco mais de R\$ 100 mil, a cientistas do país que consigam publicar um artigo em alguma revista de prestígio internacional. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Educação do país disponibilizou 1 bilhão de xelins para o programa, o que permite premiar até 20 autores. É possível inscrever nesse prêmio artigos originais ou de revisão das áreas de ciências naturais, matemática ou medicina, publicados entre 2022 e 2023 em periódicos que estejam entre os 10% mais citados de suas disciplinas.

Maulilio Kipanyula, diretor de ciência, tecnologia e inovação do ministério, disse à revista *Nature* que a estratégia foi inspirada em países como África do Sul, Irlanda, Austrália e Paquistão, que remuneraram pesquisadores para ampliar a produção do país em revistas de renome. A estratégia, contudo, é considerada controversa. A China já manteve um esquema semelhante, mas abandonou-o após décadas de uso, diante das evidências de que o estímulo financeiro estava ligado ao aumento nos casos de má conduta praticados por pesquisadores, que tentavam a qualquer custo ampliar suas chances de publicação.

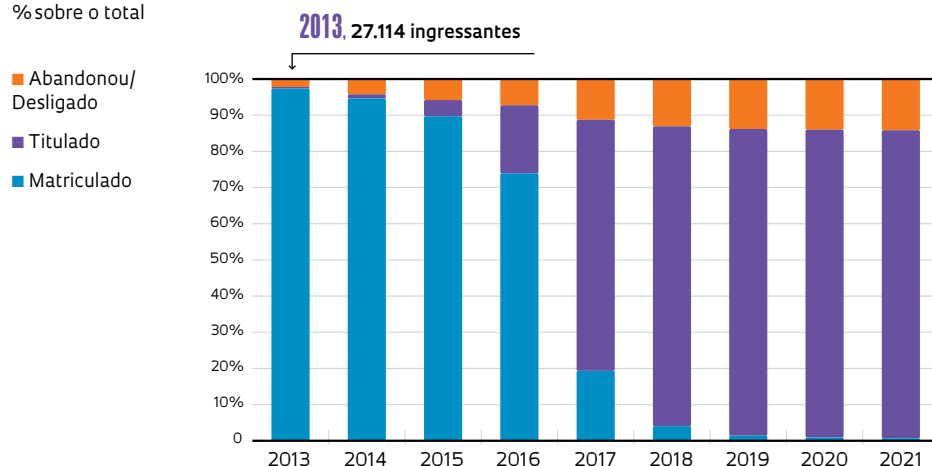
A economista norte-americana Paula Stephan, da Universidade do Estado da Geórgia, em Atlanta, que estuda como incentivos monetários afetam o desempenho de publicações, afirmou à *Nature* que o programa tanzaniano tem um mérito: se limita a áreas que foram definidas como relevantes pelo governo do país.



- ▶ Estudo anterior (ver Pesquisa FAPESP nº 313) mostrou a expressiva redução do número de titulados em programas de doutorado no Brasil a partir de 2020, como efeito da pandemia de Covid-19. O que se pretende avaliar agora é se essa retração teria sido acompanhada pelo aumento da evasão de alunos desses programas
- ▶ A forma mais precisa de estimar a evasão é pelo acompanhamento, ao longo do tempo, dos ingressantes em determinado ano
- ▶ O gráfico abaixo mostra o que ocorreu com a turma de ingressantes no doutorado em 2013. Composta originalmente por 27.114 estudantes, sua situação já teria se estabilizado em 2021, após oito anos do início do curso, permitindo estimar as taxas finais de conclusão e de evasão

### SITUAÇÃO DOS INGRESSANTES EM 2013, DE 2013 A 2021

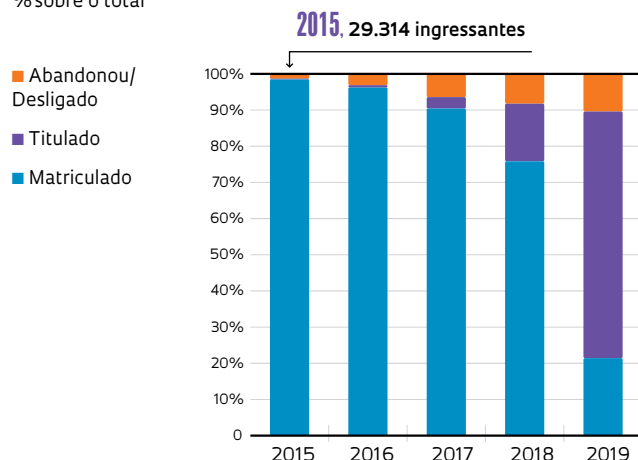
% sobre o total



- ▶ A taxa de conclusão (titulados/ingressantes) da turma de 2013, em 2021, era de 85%, com 14% de evasão e 1% de matriculados remanescentes. Progressões semelhantes são observadas para as turmas que ingressaram em 2014 e 2015
- ▶ Para avaliar os efeitos da pandemia sobre essas taxas, comparou-se a evolução das turmas ingressantes em 2015 e 2017 (abaixo), até o 5º ano de matrícula, quando, conforme o gráfico da turma de 2013, cerca de 70% dos estudantes deveriam ter sido titulados

### SITUAÇÃO DOS INGRESSANTES EM 2015, DE 2015 A 2019

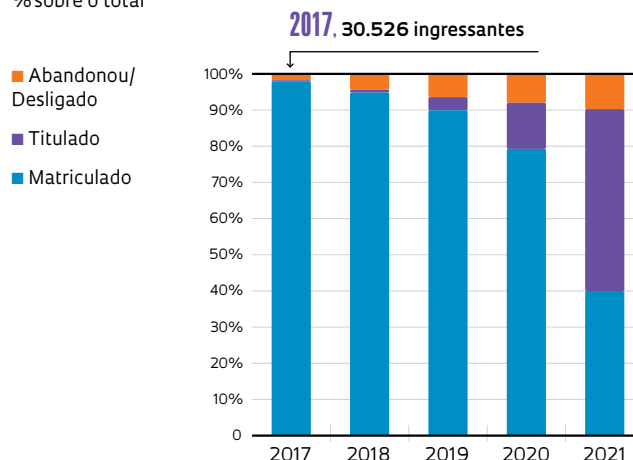
% sobre o total



- ▶ Como esperado, observa-se que cerca de 70% dos estudantes da turma de 2015 haviam se titulado até o 5º ano de matrícula, enquanto apenas 50% daqueles da turma de 2017 estariam nessa situação. Nesse último caso, o 4º e o 5º anos de matrícula ocorreram já durante a pandemia
- ▶ No entanto, essa retração não foi acompanhada pelo aumento da parcela dos evadidos (os que abandonaram ou foram desligados do programa), que se manteve praticamente igual em ambas as turmas, no 5º ano, em cerca de 10%

### SITUAÇÃO DOS INGRESSANTES EM 2017, DE 2017 A 2021

% sobre o total



- ▶ Por outro lado, a fração de quem se manteve matriculado aumentou muito, praticamente dobrando entre as duas turmas (de 20% para 40%), no 5º ano de matrícula, compensando a queda na titulação
- ▶ Em conclusão, a pandemia começou a impactar negativamente o número de titulados de turmas recentes, mas não há evidências de aumento expressivo das evasões, que vêm sendo contidas pela manutenção de estudantes na situação de matriculados

Apesar de não estar em extinção, a população do cairara-de-frente-branca (*Cebus albifrons*) está em queda



# SAÚDE NO GENOMA PRIMATA

Projeto internacional sequencia o DNA de mais de 200 espécies em busca de ferramentas preditivas

Maria Guimarães



2

O parauçu-de-cabeça-amarela (*Pithecia chrysocephala*), da margem norte do rio Negro, não suscita preocupação



3

Classificados como vulneráveis na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN: o uacari-branco (*Cacajao calvus*, acima) e o macaco-aranha-da-cara-preta (*Ateles chamek*, abaixo)



4

O lêmur-de-cauda-anelada (*Lemur catta*), de Madagascar, corre risco de extinção

FOTOS 1 REBECCA STILL, 2, 3 E 5 MARCELO SANTANA, 4 RIMEDINA

5



Com detalhes do genoma de mais de 800 primatas, representando 233 espécies, pesquisadores de 24 países chegaram a novas conclusões a respeito desse grupo animal que inclui você e eu. Os resultados envolvem evolução, modo de vida e saúde, e estão em oito artigos publicados em uma edição especial da revista *Science*. O objetivo central, usar o conhecimento evolutivo como ferramenta médica, mostrou-se promissor apesar de incipiente. Enquanto isso, aumenta o que se sabe sobre a evolução e a biologia dos macacos.

“Minha maior surpresa foi ver que a diversidade genética não tem relação com o grau de ameaça de extinção da espécie”, relata o primatólogo brasileiro Jean Boubli, da Universidade de Salford, no Reino Unido. Ele é coautor do artigo que abre o especial e coordenou a obtenção de amostras que já integravam acervos de várias instituições brasileiras: as universidades federais de Viçosa (UFV), do Amazonas (Ufam), de Rondônia (Unir) e de Mato Grosso (UFMT), o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), o Instituto Mamirauá e a RedeFauna. “Por volta de 30% das amostras usadas no estudo vieram do nosso grupo”, afirma. Mas só uma fração do total de amostras reunidas entrou no artigo da *Science*. De lá para cá outras centenas de amostras já foram sequenciadas, tornando o banco de dados cada vez mais robusto para análises futuras.

Para o pesquisador, a representatividade do estudo seria impossível sem a participação dos brasileiros e das amostras coletadas ao longo de décadas de trabalho de campo e armazenadas em museus de zoologia.

O sequenciamento foi conduzido pela empresa norte-americana Illumina, na Califórnia, especialista nesse tipo de atividade. O objetivo inicial era comparar seres humanos com seus parentes mais próximos para encontrar pistas sobre doenças. “O ponto central foi perceber que os dados sobre diversidade dos primatas eram a chave para desvendar o genoma humano”, contou a *Pesquisa FAPESP*, por e-mail, o geneticista médico norte-americano Kyle Farh, vice-presidente de inteligência artificial da Illumina, um dos líderes do projeto. “Sem espécies similares para nos informar, é muito difícil interpretar o genoma humano.” Esse olhar evolutivo é importante porque comparar genes correspondentes em espécies distintas permite descobrir, por exemplo, quais mutações têm efeitos mais drásticos na saúde e quais partes estão mais sujeitas à seleção natural. “Se um gene parece estar associado a uma doença humana, mas funciona em outros primatas, provavelmente não é o responsável”, explica Boubli.

Mas entender os outros primatas também se tornou um objetivo que rendeu frutos. “Chegamos à melhor árvore filogenética de primatas que existe”, afirma Boubli, que detalha que o feito – uma genealogia que permite entender o parentesco entre as diferentes espécies e a cronologia de seu surgimento a partir de ancestrais comuns – se deve em grande parte ao trabalho



O saguí-imperador, ou saguí-de-bigode (*Saguinus imperator*, acima), tem baixo risco de extinção; o uacari-da-neblina (*Cacajao hosomi*, abaixo) foi descrito por Boubli em 2008

do evolucionista Robin Beck, também de Salford. “Ele conseguiu incluir muitos fósseis e, com isso, melhorar as estimativas de datação.” O resultado indica, por exemplo, que a separação entre chimpanzés e seres humanos é ligeiramente mais antiga do que estimativas de estudos anteriores: entre 9 e 7 milhões de anos atrás. Houve espécies, como alguns bugios, que não tinham ainda seus genomas sequenciados e agora encontraram seu lugar na genealogia familiar.

Os resultados também permitem entender como a ecologia e o comportamento afetam a diversidade genética da espécie. Ela é menor, por exemplo, em animais cuja organização reprodutiva envolve um único macho ter filhotes com muitas fêmeas. O padrão de atividade (se são diurnos, noturnos, se passam muitas horas contínuas em atividade ou não) e as condições climáticas às quais são adaptados são alguns dos fatores que se mostraram relevantes.

A diversidade também cai do sul para o norte. É provável que a riqueza genética do hemisfério Sul seja inflada pela grande diversidade das várias espécies de lêmures, que vivem apenas na ilha de Madagascar. É um achado paradoxal, porque se entendia que espécies geneticamente diversas seriam saudáveis. De acordo com Boubli, os dados explicam essa variedade por um histórico de populações muito grandes, algo que não espantaria os fãs dos filmes de animação da série Madagascar. Mesmo assim, muitas dessas espécies estão em sério risco de extinção pela ação humana. “O declínio populacional é recente do ponto de vista evolutivo, porque populações humanas só se estabeleceram em certas partes de Madagascar há





3

cerca de mil anos.” É diferente para os primatas do Novo Mundo – um exemplo seria o Brasil –, onde a vida em grupos e populações menores é uma característica biológica natural. Mas o estudo detectou uma queda populacional fora do normal em uma espécie centro-americana de bugio, *Alouatta palliata*, há cerca de 10 mil anos. “Uma hipótese é que tenha sido impactada pelas civilizações pré-colombianas da região, como os maias e os astecas”, sugere o primatólogo.

A estimativa do tamanho populacional ao longo da história de uma espécie pode ajudar a pensar o futuro, segundo Boubli. “Uma espécie que passou por situações climáticas que levaram à redução demográfica, como glaciações ou secas, pode ter mais capacidade de resistir às mudanças climáticas em curso”, estima.

**O**s artigos da edição especial trouxeram aspectos variados. Um identificou as inovações genéticas na linhagem dos símios, incluindo seres humanos, que permitiram sua diversificação e adaptação a diferentes ambientes. A evolução da organização social da família dos colobíneos asiáticos, que incluem os lãngures indianos, foi tema de um trabalho que mostrou o efeito das glaciações sobre a regulação neuro-hormonal da propensão à vida em comunidade. Outro detectou que o macaco-cinza-de-nariz-arrebitado (*Rhinopithecus brelichi*), da China, tem origem híbrida, a partir da mistura de duas outras espécies.

Como os 809 genomas analisados podem ser úteis para a saúde humana? Um dos estudos pu-

A espécie *Saimiri cassiquiarensis* de macaco-de-cheiro foi reconhecida em 2009

blicados na *Science*, com participação dos brasileiros, discute os desafios de ter dados suficientes para treinar modelos de aprendizado de máquina e relata ter obtido avanços na capacidade de previsão de parâmetros clínicos. Outro artigo mostra o benefício de se detectar variantes genéticas raras para prever a propensão a doenças – no âmbito da chamada medicina de precisão – e para o desenvolvimento de alvos farmacológicos. Até agora, o estudo afirma, era mais difícil distinguir as variantes genéticas inócuas daquelas que causam danos, assim como avaliar a magnitude de seus efeitos no organismo. “Os dados dos primatas nos permitiram desenvolver uma rede de aprendizagem profunda [*deep learning*], treinada a partir da seleção natural”, explica Farh. “Sua arquitetura é parecida com o ChatGPT, mas é a primeira iniciativa do tipo a ser treinada dessa maneira, com enorme potencial para a medicina personalizada.” Ele relata o resultado inesperado de perceber que 97% dos genomas humanos analisados, mesmo de pessoas saudáveis, abrigam variantes patogênicas que podem ter muito impacto em condições clínicas.

“Eles usam conservação filogenética para fazer inferências sobre patogenicidade”, explica o evolucionista Diogo Meyer, da Universidade de São Paulo (USP), que não participou do estudo. Isso significa que quando trechos do DNA se mantêm imutáveis ao longo da evolução, a característica à qual estão relacionados é mais intolerante a mudanças. Quando acontece uma mutação, o risco de causar doenças é grande. Para um projeto como esse encabeçado pela Illumina, a biodiversidade é preciosa para alimentar com dados os algoritmos médicos. “Esse uso economicamente valioso da evolução gera uma parceria inusitada entre evolucionistas e geneticistas clínicos”, diz Meyer.

Segundo Farh, o projeto está no começo. “Com tantas espécies ainda não estudadas, estamos correndo contra o relógio para pesquisá-las antes que sejam extintas.” Jean Boubli ressalta que o estudo tem uma importância grande para a conservação. Nas reuniões da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), que define o grau de ameaça das espécies, as estimativas são feitas com base na experiência dos pesquisadores, muitas vezes em situações de escassez de dados. “Agora ganhamos uma nova ferramenta, genômica, para avaliar a saúde das populações.” Ele pretende expandir esse tipo de entendimento fazendo o sequenciamento de outros tipos de vertebrados brasileiros, em parceria com as geneticistas Maria Rita Passos Bueno e Mayana Zatz, ambas da USP, com financiamento da Illumina. ■

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



*Psilocybe zapotecorum*, um dos cogumelos alucinógenos dos quais se extrai a psilocina

# COMO OS PSICODÉLICOS AGEM CONTRA A DEPRESSÃO

LSD e derivado de cogumelo alucinógeno preparam os neurônios para receber composto que estimula a formação de conexões com outras células

Felipe Floresti

**E**studos realizados nos últimos anos com um número ainda modesto de participantes sugerem que os psicodélicos, compostos conhecidos por alterar a percepção da realidade e causarem alucinações, têm um efeito antidepressivo rápido e potente. Um trabalho internacional publicado em 5 de junho na revista *Nature Neuroscience* está ajudando a desvendar como eles atuam para amenizar a depressão. O estudo, do qual participaram três pesquisado-

res brasileiros, indica ainda que o efeito contra a depressão seria independente daquele que causa a distorção da realidade, o que pode, em princípio, levar ao desenvolvimento de medicamentos mais eficazes e livres dos efeitos alucinógenos para tratar um problema que afinge cerca de 300 milhões de pessoas no mundo.

Em experimentos com células e animais de laboratório, o grupo coordenado pelo neurocientista Eero Castrén, da Universidade de Helsinque, na Finlândia, verificou que os psicodélicos preparam os neurônios para responder melhor a

uma proteína que estimula a formação de novas conexões com outras células e do reforço das já existentes, o fator neurotrófico derivado de encéfalo (BDNF). Compostos como o ácido lisérgico (LSD) e a psilocina, extraída de cogumelos do gênero *Psilocibe*, aderem a uma proteína da membrana dos neurônios chamada receptor de quinase B relacionado à tropomiosina (TrkB), que é ativado pelo BDNF. Produzido no próprio cérebro, o BDNF, ao se ligar ao TrkB e ativá-lo, desencadeia uma cascata de comandos químicos que levam as células neuronais a se multiplicar ou a emitir prolongamentos e pontos de contatos com outros neurônios. Esse fenômeno, conhecido como neuroplasticidade, está associado à capacidade do cérebro de aprender e armazenar informações e à melhora dos sintomas depressivos.

Nos experimentos descritos na *Nature Neuroscience*, neurônios de ratos cultivados em laboratório e tratados com LSD ou psilocina desenvolveram mais ramificações e conexões com outras células na presença de BDNF do que aqueles que receberam um composto inerte. Esse efeito de arborização das células se perdeu quando os testes foram feitos com neurônios com uma mutação genética que deformava o trecho do receptor TrkB ao qual os psicodélicos se ligam.

Bioquímicos, farmacologistas e médicos já suspeitavam de que a neuroplasticidade talvez fosse o fator responsável pela ação antidepressiva de muitos medicamentos, inclusive daqueles que aumentam os níveis do neurotransmissor serotonina, como a fluoxetina e similares. Uma das razões para a desconfiança de que o efeito desses compostos não fosse decorrente apenas do aumento da disponibilidade de serotonina ou de outros neurotransmissores é que os níveis deles sobem muito rapidamente após o início do tratamento, mas os sintomas da depressão só começam a diminuir semanas mais tarde. “Já se imaginava que, além do aumento dos níveis de serotonina, existiam outros fatores envolvidos”, conta o farmacologista brasileiro Cassiano Ricardo Diniz, coautor do estudo. Ele participou dos experimentos que mostraram a ação antidepressiva dos psicodélicos via TrkB durante a temporada que passou no laboratório de Castrén, na Finlândia. “Evidências obtidas por outros grupos sugeriam que o efeito antidepressivo de

vários medicamentos se dava via BDNF, mas achávamos que a ação ocorria de forma indireta, pelo aumento dos níveis desse fator neurotrófico, e não porque os antidepressivos se conectavam à molécula que facilita a ação dele.”

O que se viu para o LSD e a psilocina, a forma da psilocibina que chega ao cérebro, já havia sido observado pelo grupo de Castrén em outros tipos de antidepressivo. Experimentos conduzidos pelo farmacologista brasileiro Plínio Casarotto, que integra a equipe finlandesa, e publicados em 2021 na revista *Cell* mostraram que também a fluoxetina, da categoria dos inibidores de recaptção de serotonina, a imipramina, um antidepressivo tricíclico, e a cetamina, um anestésico com ação antidepressiva, promoviam a neuroplasticidade por aderir ao TrkB e facilitar a ação do BDNF. “Os antidepressivos, sozinhos, não acionam esse receptor, mas o colocam em um estado suscetível à ativação pelo BDNF”, conta Casarotto, outro coautor do estudo.

**A** diferença verificada agora é que os psicodélicos apresentam uma tendência maior de interagir com o receptor TrkB do que a fluoxetina, a imipramina e a cetamina. Além disso, o LSD e a psilocina se conectam a um trecho do receptor ligeiramente distinto dos outros antidepressivos e tornam sua estrutura estável por mais tempo e mais favorável à adesão do BDNF. “Uma diferença mínima na orientação de uma proteína e a permanência nesse estado por alguns nanossegundos a mais têm uma consequência gigantesca para a ação do BDNF”, diz Casarotto. “O tempo e o modo como os psicodélicos se ligam ao TrkB talvez ajudem a explicar por que seus efeitos parecem começar mais rapidamente e serem mais potentes e duradouros do que os dos antidepressivos convencionais.” Antidepressivos clássicos têm uma afinidade muito baixa com o TrkB e, por isso, segundo os pesquisadores, seriam necessários níveis elevados para atingir a concentração que induz a neuroplasticidade, o que pode causar efeitos colaterais mais pronunciados.

Em testes com camundongos, os pesquisadores confirmaram esses achados e obtiveram indícios de que a interação

com o receptor da serotonina seria a responsável pelos efeitos alucinógenos desses compostos. Roedores com uma mutação que deformava o TrkB – e impedia a adesão do LSD e da psilocina a esse receptor – não respondiam aos testes comportamentais que avaliavam os sintomas semelhantes aos de um quadro depressivo em seres humanos. Eles, no entanto, exibiam movimentos de torção do pescoço semelhante ao feito por cães quando tentam se secar, que se atribui à alucinação. Esse efeito desapareceu quando os roedores receberam um composto que impedia o LSD e a psilocina de se conectarem ao receptor de serotonina. “Demonstramos que o receptor de serotonina parece ser muito importante para o efeito alucinógeno dos psicodélicos, mas não para a ação antidepressiva”, relata a bióloga brasileira Caroline Biojone, da equipe da Universidade de Helsinque.

As descobertas desse estudo, dizem os autores, abrem caminho para o desenho de compostos com estrutura análoga à dos psicodélicos, que apresentem alta afinidade com o TrkB e ação antidepressiva de início rápido e duração prolongada, mas sem os efeitos alucinógenos. “Os dados sugerem fortemente essa possibilidade, mas é necessário que outros estudos reproduzam os resultados”, afirmou o psiquiatra Jaime Hallak, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto (FMRP-USP), que não participou da pesquisa.

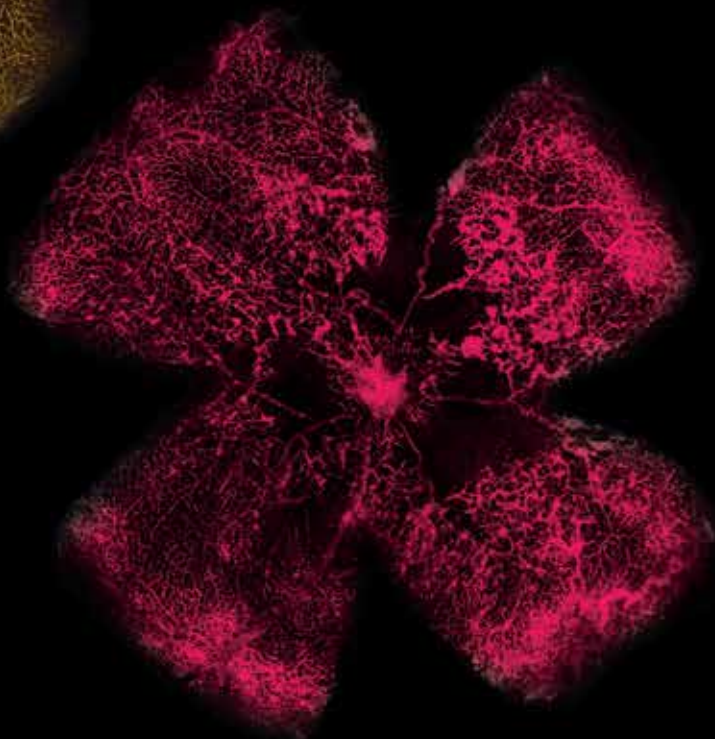
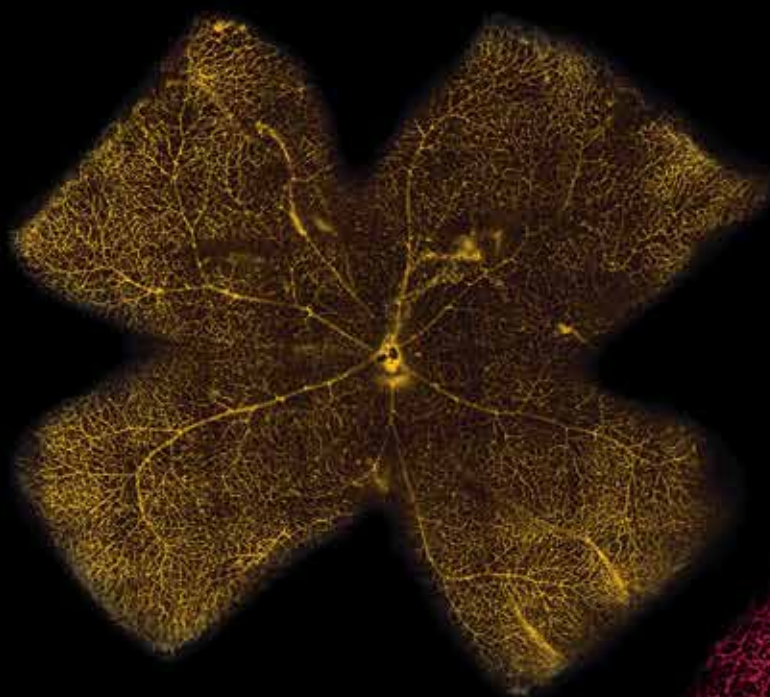
Para o psiquiatra Acioly Lacerda, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), o desenvolvimento de um antidepressivo apenas com as características desejáveis dos psicodélicos reduziria o risco de haver dependência química e potencialmente diminuiria parte dos custos do tratamento. Hoje os psicodélicos são usados em alguns países para tratar depressão apenas em condições experimentais, em ensaios clínicos que necessitam de aprovação prévia de comitês de ética e de agências regulatórias. “O caminho para se chegar a um novo medicamento com essas características é longo e com elevadas taxas de insucesso”, lembra Lacerda. “Mais de 90% das moléculas testadas para tratar doenças psiquiátricas não são aprovadas na fase final de ensaio clínico”, conclui. ■

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

# CEGUEIRA DE PREMATUROS

Formação anormal de  
vasos sanguíneos na retina  
afeta a disponibilidade  
e a utilização de lipídios  
na membrana das células

Ricardo Zorzetto



Microscopia de uma retina saudável de roedor (*em amarelo*), com uma rede uniforme de vasos sanguíneos, e de retina com crescimento vascular anormal (*em vermelho*), característica da retinopatia da prematuridade



**P**esquisadores da Universidade de São Paulo (USP) estão ajudando a conhecer alterações no funcionamento das células da retina que levam uma proporção elevada dos bebês prematuros, que pode superar os 30% em algumas regiões e países, a ter problemas de visão. Localizada na parte posterior do olho, a retina é a estrutura responsável por captar a luz e convertê-la em sinais elétricos, que, ao chegarem ao cérebro, geram as imagens. Ela só começa a amadurecer nas últimas semanas da gravidez. Quando a criança nasce antes da 32ª semana de gestação ou com peso inferior a 1,5 quilo e precisa receber cuidados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), como a suplementação de oxigênio, a retina não amadurece bem. Com a retirada do oxigênio, os vasos sanguíneos que a nutrem às vezes passam a se proliferar de maneira exagerada, o que pode deixar cicatrizes no fundo do olho e levar à perda da visão. Conhecida com o nome de retinopatia da prematuridade, é uma das principais causas de cegueira na infância – foi o que levou o músico e cantor norte-americano Stevie Wonder a não enxergar.

Utilizando camundongos criados em condições semelhantes às de crianças recém-nascidas que passam um período em UTI, os bioquímicos Ricardo Giordano e Sayuri Miyamoto, ambos do Instituto de Química (IQ) da USP, e seus colaboradores identificaram agora alterações na disponibilidade de lipídios (gorduras) na retina e no uso desses compostos por ela. Os resultados, publicados em junho na revista *iScience*, ajudam a compreender por que as células dessa estrutura do olho podem deixar de funcionar de maneira adequada.

À medida que a proliferação dos vasos avançou no experimento com os roedores, os bioquímicos Alex Inague e Lilian Alecrim, que, respectivamente, fazem doutorado sob a orientação de Miyamoto e Giordano, observaram uma alteração importante nas quantidades de 277 (92%) dos 300 tipos de lipídios naturalmente encontrados nas células da retina. Lipídios são moléculas orgânicas formadas por longas seqüências de átomos de carbono (C), às quais se ligam átomos de hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N) e fósforo (P). Eles compõem diferentes tipos de óleos e

gorduras e desempenham papéis fundamentais no organismo. São os principais componentes da membrana, o envoltório fluido que separa as organelas celulares do meio externo e controla a entrada de compostos nas células, além de funcionarem como fonte de energia. Também atuam como sinalizadores químicos, enviando informações tanto para o interior da célula como para outros tecidos.

Na retina, a disponibilidade dos lipídios e a atuação apropriada deles em reações químicas são ainda mais importantes. É que suas células, assim como as do coração e dos outros músculos, apresentam alto consumo de energia. Para se manterem ativas, elas consomem tanto a energia disponível nas moléculas de glicose como a armazenada por certos lipídios. Além disso, essas células sofrem degradação mais acelerada por interagirem com a luz e as moléculas de oxigênio e precisam substituir os lipídios danificados para permanecerem intactas e sobreviverem. Estima-se que, a cada dia, as células receptoras de luz (os chamados fotorreceptores) troquem até 10% dos lipídios da camada externa de sua membrana.

Inague e Alecrim mediram as concentrações de lipídios em diferentes estágios da retinopatia e observaram três fenômenos principais. O primeiro foi um aumento na retina doente da quantidade de lipídios neutros, moléculas apolares que, em geral, funcionam como reserva de energia – seus níveis eram ao menos três vezes mais elevados do que os encontrados no tecido saudável. Na retinopatia, os lipídios neutros também pareceram se agrupar no interior das células e formar gotículas, dentro das quais foram encontrados lipídios mais sensíveis à ação das moléculas de oxigênio. Tanto o aumento no nível desses lipídios quanto no da formação de gotículas foi corroborado pela expressão maior de genes que codificam proteínas associadas à síntese desses compostos e à organização dessas vesículas de gordura nas células. Em um trabalho publicado em 2015 na revista *Cell*, a equipe de Alex Gould, do Instituto Francis Crick, no Reino Unido, verificou que essas gotículas, ao abrigar os ácidos graxos mais flexíveis da membrana, protegem-nos da ação danosa

das moléculas do oxigênio. “É como se, na enfermidade, a célula tentasse resguardar o seu material mais nobre”, conta Inague.

O terceiro fenômeno foi uma redução importante na disponibilidade de ácidos graxos do tipo ômega-3 e ômega-6, acompanhada de um incremento significativo de ácidos graxos ômega-9. A redução já era esperada, uma vez que o nascimento corta o suprimento que chegava ao bebê via placenta. Por essa razão, os médicos, às vezes, dão suplementação nutricional contendo ômega-3 e ômega-6 para tentar prevenir danos na retina. Os resultados nem sempre são satisfatórios. “Aparentemente há uma alteração no metabolismo que a suplementação não supre. Talvez, por isso, ela não seja completamente efetiva”, explica Miyamoto.

“Estudos como esse são importantes porque lançam luz sobre os mecanismos envolvidos no desenvolvimento da doença”, afirma a oftalmologista Eliane Chaves Jorge, da Faculdade de Medicina da Universidade Estadual Paulista (Unesp), especialista em retinopatia da prematuridade. “Os resultados mostram que na retinopatia ocorre uma remodelação lipídica [alteração na concentração, disponibilidade e uso dessas moléculas] que pode explicar por que a suplementação com ômega-3 e ômega-6 nem sempre tem o efeito esperado”, explica a médica.

Em 2019, a equipe de Giordano já havia analisado como evoluía a atividade dos genes nas células da retina de roedores com retinopatia da prematuridade. Na época, os pesquisadores identificaram um aumento na ativação de cerca de 3 mil genes, a maior parte deles associada à formação de novos vasos sanguíneos (angiogênese). “No primeiro trabalho, olhamos a expressão gênica, mas percebemos que ela não permitia explicar tudo o que se passava com as células da retina nessa enfermidade. Por isso, em seguida estudamos os lipídios. Agora estamos analisando o que ocorre com as proteínas”, conta Giordano. “Queremos entender tudo o que está acontecendo.” ■

Os projetos e o artigo científico consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

# O NINHO DAS ÁGUIAS



Em quatro espécies de aves de rapina, o fator que mais influencia o período reprodutivo é a disponibilidade de presas

Gilberto Stam

Quando o veterinário Ricardo José Garcia Pereira, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP), prestava consultoria sobre reprodução de aves no Zoológico de São Paulo, notou que algumas águias punham ovos em diferentes épocas do ano. Então ele e o biólogo Marcel Henrique Blank, em estágio de pós-doutorado sob sua supervisão, resolveram investigar os fatores ecológicos que influenciam o período de acasalamento de quatro espécies de águias brasileiras que vivem em florestas da América Central e do Sul, conforme descrito em artigo de março na revista *Scientific Reports*.

“Ao contrário das aves do hemisfério Norte, que geralmente têm filhotes na primavera, as quatro espécies apresentavam três padrões diferentes”, resume Pereira. Os resultados indicam

que as harpias (*Harpia harpyja*), uma das maiores águias do mundo, reproduzem-se o ano todo, mas principalmente em dias curtos; os gaviões-pega-macaco (*Spizaetus tyrannus*), em dias longos; o gavião-de-penacho (*Spizaetus ornatus*) e o uiraçu-falso (*Morphnus guianensis*) o ano todo. Apesar de algumas dessas quatro espécies serem conhecidas como gaviões, tecnicamente todas são águias devido a seu porte maior.

“O fator que melhor explicou o período reprodutivo de cada espécie foi a diversidade de presas consumidas pela espécie”, diz o ecólogo Lucas Ferreira do Nascimento, um dos autores do artigo, que faz doutorado no Instituto de Biociências da USP. Nas harpias, a reprodução provavelmente coincide com a do bicho-preguiça e dos macacos, quando podem pegar mais suas presas prediletas. Já as águias que caçam uma variedade de pequenos mamíferos, aves e répteis

Adulto e filhote de uiraçu-falso, que se reproduz o ano todo, em padrão parecido com o do gavião-de-penacho

se reproduzem o ano todo. “Nas quatro espécies, não houve uma relação clara entre o período reprodutivo e o comprimento do dia, a temperatura ou a quantidade de chuvas”, ressalta Nascimento.

A equipe de Pereira reuniu dados de 414 ninhadas, incluindo a localização e a data em que os ovos foram postos, obtidos de 25 zoológicos do mundo todo. Além disso, analisaram fotografias do site wikiaves, uma plataforma colaborativa alimentada por ornitólogos e observadores de aves, e com elas inferiram a data da postura dos ovos, considerando a idade estimada do filhote e o tempo médio de incubação dos ovos da espécie.

Os pesquisadores consultaram bancos de dados para determinar, na época de cada ninhada, a temperatura, a precipitação e a duração do dia, chamada de fotoperíodo, que é maior no verão e menor no inverno. Depois, fizeram um levantamento bibliográfico dos tipos de presas de cada espécie e a quantidade delas ao longo do ano. Segundo Pereira, foi a primeira vez que se fez a correlação entre a reprodução de grandes rapinantes neotropicais e fatores ambientais.

Mesmo com a constante oferta de comida no cativeiro, os dados do artigo indicam que a harpia e o gavião-pega-macaco mantiveram a preferência pelo mesmo período reprodutivo da natureza. Segundo Pereira, é possível que nos ancestrais dessas águias, os animais programados para se reproduzir em determinado período conseguiram obter mais comida para os filhotes. O comportamento teria depois se fixado geneticamente.

O estudo indica também que a proximidade evolutiva não implica períodos reprodutivos semelhantes. O gavião-pega-macaco e o gavião-de-penacho, embora sejam do mesmo gênero (*Spizaetus*), têm padrões de acasalamento distintos. Já o gavião-de-penacho e o uiraçu-falso, menos aparentados, apresentam padrão semelhante. Pereira ressalta que é mais arriscado ainda comparar a reprodução de pássaros do hemisfério Norte, que já foram mais estudados, com a de áreas tropicais, pois os animais estão ainda mais distantes do ponto de vista evolutivo.

“Como as estações do ano não oscilam tanto aqui, não há por que ter uma estação reprodutiva tão restrita para a maioria das espécies”, explica o pesquisador. Segundo ele, a reprodução das aves tropicais também pode ser sazonal, mas a influência das chuvas ou da oferta de alimentos é maior, por vezes se equiparando ou até superando o efeito do comprimento do dia. “Mostramos que às vezes não é possível simplesmente extrapolar o conhecimento de um grupo de aves para outros. É preciso estudar cada grupo.”

“É um estudo importante, pois o comportamento reprodutivo desses animais é pouco conhecido”, ressalta o ornitólogo e analista ambiental Willian Menq, autor do livro *Aves de rapina do*

*Brasil* e apresentador do canal no YouTube Planeta Aves. Segundo ele, são animais raros porque cada casal de águias ocupa uma grande área de floresta para conseguir presas e sustentar os filhotes, o que dificulta muito o estudo de campo. Em um estudo com harpias foram encontrados no máximo cinco ninhos a cada 100 quilômetros quadrados, área um pouco maior do que a da cidade de Vitória, no Espírito Santo. “Usando dados indiretos, os autores conseguiram contornar esse problema”, diz Menq, que não é pesquisador vinculado a uma universidade, mas é um dos maiores especialistas em águias brasileiras, segundo o ornitólogo Luís Fábio Silveira, vice-diretor do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZ-USP).

**R**eproduzir águias em cativeiro é um desafio porque elas formam casais, geralmente monogâmicos, depois de um complexo ritual de reconhecimento, que pode dar certo ou não. As águias costumam gerar apenas um filhote a cada dois anos, o que torna sua multiplicação mais lenta. A harpia, por exemplo, choca os ovos por 56 dias e os filhotes ficam no ninho por 8 a 12 meses.

A bióloga Fernanda Junqueira Vaz, responsável pelo Setor de Aves do Zoológico de São Paulo, que no mestrado trabalhou com Pereira, conta que durante o processo de aproximação manteve um casal de gaviões-de-penacho separado por uma barreira visual, para que macho e fêmea não se enxergassem. Por seis meses, só tinham contato vocal.

“O risco de agressividade é grande, geralmente com prejuízo para os machos, que são menores”, conta Junqueira. A aproximação foi um sucesso e o casal já criou 12 filhotes desde o primeiro encontro, em 2005. Um casal de harpias, no entanto, produziu apenas ovos inférteis, e outra dupla não formou uma ligação.

“O conhecimento sobre a época reprodutiva das águias poderá ajudar”, diz Junqueira. Há técnicas de indução, como a usada na criação de aves domésticas, com luzes artificiais para simular o aumento da duração dos dias característico da primavera. Para inserir águias nascidas em cativeiro na natureza, há ainda o desafio de encontrar florestas preservadas, único ambiente no qual sobrevivem, e onde costumam fazer ninhos nas árvores mais altas. ■

#### Artigos científicos

BLANK, M. H. et al. Ecological drivers of breeding periodicity in four forest neotropical eagles. *Scientific Reports*. v. 13, 4385. 16 mar. 2023.  
MIRANDA, E. B. P. Long-term concentration of tropical forest nutrient hotspots is generated by a central-place apex predator. *Scientific Reports*. v. 13, 4385. 17 mar. 2023.

# A ERA DO GELO NOS PAMPAS BRASILEIROS



Fósseis como uma tíbia de preguiça-gigante, que chega a medir 60 centímetros, saltam aos olhos em meio às conchas da praia gaúcha dos Concheiros



## Análises químicas de fósseis contribuem para a montagem do quebra-cabeça do Pleistoceno

Letícia Naísa

**E**m um dia normal de 2007, ao estacionar perto da praia Concheiros, no litoral gaúcho, o paleoceanógrafo Francisco Buchmann notou algo entre as conchas. O pesquisador tinha como missão coletar material fóssil na região. Sem se afastar do carro, tirou uma foto do que a qualquer pessoa poderia parecer uma pedra grande na praia. Não para ele, que reconheceu um fóssil. Ao levar para análise no laboratório, descobriu que era parte preservada de uma preguiça-gigante – mais especificamente de uma tíbia (um dos ossos da perna) de *Lestodon*.

Bichos como esse fizeram parte da chamada megafauna: animais gigantes que viveram durante o Pleistoceno, que foi caracterizado por uma sucessão de períodos glaciais (ou Eras do Gelo) e interglaciais, e se estendeu entre cerca de 2,5 milhões de anos e 11 mil anos atrás. Nesse tempo a maioria das grandes espécies foi extinta na América, restando apenas algumas na África e na Ásia. “O mar desgasta esses fósseis debaixo d’água e joga na praia; eu passo de carro e pego”, conta Buchmann, que visita o litoral do Rio Grande do Sul com frequência há 30 anos, quando fez graduação na Universidade Federal do Rio Grande (Furg). O pesquisador se manteve nessa área de estudos, em que os fósseis terrestres e marinhos são mais facilmente encontrados, ao tornar-se professor na Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de São Vicente, na Baixada Santista. “Ao longo do litoral gaúcho não

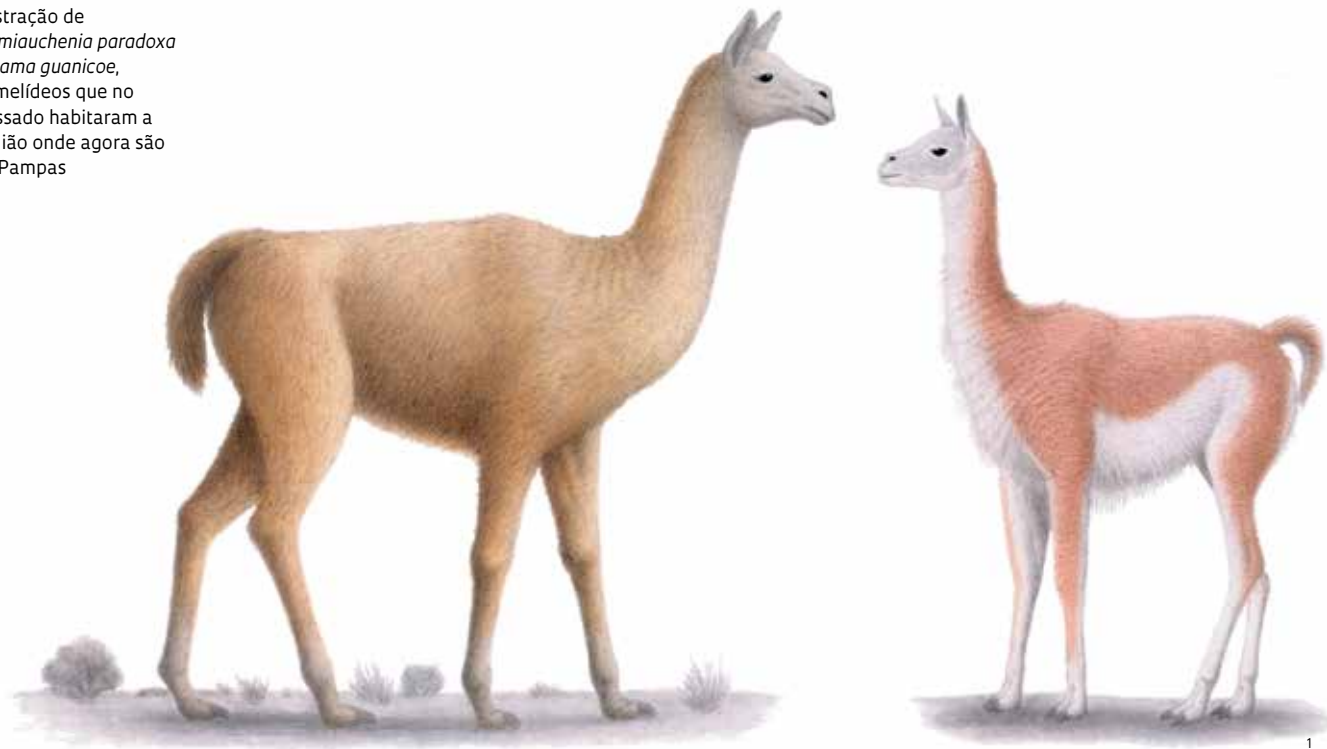
tem rochas, então qualquer coisa em que você tropeçar pode apostar que é fóssil.”

É com esses fósseis que Buchmann e outros pesquisadores têm tentado desvendar como eram os Pampas, bioma predominante no Rio Grande do Sul, durante o Pleistoceno. Contam, para isso, com técnicas que avançaram nas últimas décadas. Em uma pesquisa recente, uma equipe liderada pelo geógrafo Renato Pereira Lopes, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), conseguiu reconstituir o ambiente e o clima da região analisando o material dentário de fósseis de duas espécies de camelídeos: *Lama guanicoe*, conhecida como guanaco, que ainda existe em regiões áridas da América do Sul, da Patagônia até o Peru, e *Hemiauchenia paradoxa*, que já foi extinta. A técnica consiste em calcular a proporção entre duas formas distintas (isótopos) de um elemento – no caso, foram analisadas as formas estáveis leves e pesadas de carbono ou oxigênio – presentes em uma amostra de fóssil. O resultado desses cálculos é chamado de razão isotópica.

No total, Lopes e sua equipe analisaram cinco fragmentos dentários e fizeram algumas descobertas sobre a dieta dos herbívoros. Na região dos Pampas, a vegetação apresenta plantas com três tipos de fotossíntese classificadas como C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e CAM – esta última típica de plantas suculentas, como cactos e alguns arbustos que eles podem ter comido também. “Um mamífero herbívoro que se alimenta da vegetação acaba incorporando esse carbono no tecido orgânico”, explica Lopes. “Quando analisamos os dentes, é possível identificar, pelas razões isotópicas de carbono, se ele



Ilustração de *Hemiauchenia paradoxa* e *Lama guanicoe*, camelídeos que no passado habitaram a região onde agora são os Pampas



comia mais plantas C<sub>3</sub>, mais C<sub>4</sub> ou uma mistura das duas”, completa. Isso porque o processo C<sub>3</sub> de fotossíntese leva à absorção de uma proporção maior de isótopos mais leves de carbono em relação ao C<sub>4</sub>. Até agora, a equipe não encontrou na região animais que se alimentavam exclusivamente de plantas C<sub>4</sub>, características de climas quentes. Entre os camelídeos, havia preferência pelo tipo C<sub>3</sub>, que inclui gramíneas e arbustos de climas mais frios.

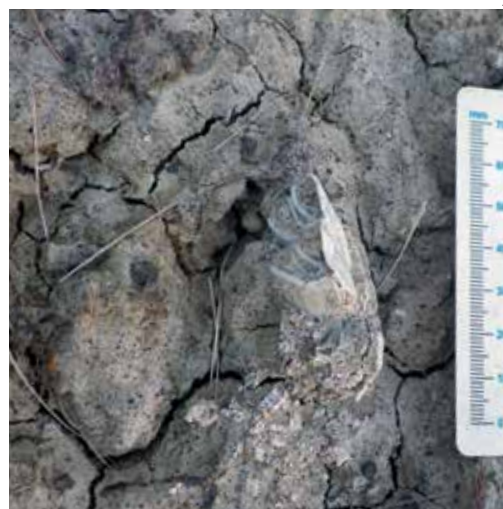
**O** outro elemento que a equipe identificou nos fósseis foi o oxigênio. Apesar de ser um indicador mais difícil de interpretar, Lopes afirma que os exames foram bem-sucedidos em razão de características específicas dos camelídeos, que vivem em clima seco e ingerem pouca água, principalmente como parte da vegetação que comem. “Em ambiente desértico, as plantas estão sujeitas a muita evaporação”, explica o pesquisador. Como a água com isótopo mais leve evapora mais facilmente, o que resta para ser ingerido se caracteriza pelo isótopo mais pesado. “O oxigênio armazenado nos fósseis é adquirido principalmente por meio da alimentação, ou seja, da vegetação que os animais consumiram”, diz Lopes. Razões isotópicas mais altas, portanto, indicam clima seco.

Essas descobertas sobre a dieta dos herbívoros e as informações sobre carbono e oxigênio nos fósseis permitiram aos pesquisadores

inferir como era o clima na região durante o Pleistoceno, além da vegetação. “Na época que esses camelídeos viveram, por volta de 26 mil anos atrás, o ambiente estava muito mais seco”, aponta Lopes. “Foi o período mais frio e mais seco de todo o último período glacial”, observa o pesquisador sobre o que é conhecido como Último Máximo Glacial.

Sob orientação de Buchmann, a bióloga Thayara Carrasco conduziu uma investigação semelhante à da equipe de Lopes, incluindo mais uma espécie, a vicunha (*Vicugna vicugna*), considerada o menor entre os camelídeos que ainda habitam a América do Sul. “A vantagem de estudar os camelídeos é que eles ainda existem em algumas regiões da América Latina onde o clima é frio”, diz a pesquisadora. As lhamas e alpacas são alguns deles. Os resultados de Carrasco sobre a dieta dos animais e o clima do Pleistoceno na região foram similares aos de Lopes.

Fósseis de camelídeos também já foram encontrados mais ao norte do Brasil. “Hoje o Ceará é quente, mas no Pleistoceno o clima era diferente e camelídeos andavam por lá”, diz Buchmann. “Os Pampas são um reflexo da Argentina e do



Análises químicas em dentes fossilizados de *Hemiauchenia* podem revelar aspectos de sua dieta e, em consequência, informar sobre a flora do ambiente em que vivia esse animal extinto



Barra da lagoa do Estreito, em São José do Norte, RS, vista por drone



Renato Pereira Lopes escava um osso de braço de toxodonte, próximo ao arroio Chuí, Rio Grande do Sul

**P**or conta desses movimentos migratórios impulsionados pelo clima durante milhares de anos, fósseis de preguiças-gigantes e outros animais da megafauna, como tatus e tigres-dentes-de-sabre, não são encontrados exclusivamente no Rio Grande do Sul. “Essa fauna viveu de norte a sul das Américas”, afirma o paleontólogo Mário Dantas, da Universidade Federal da Bahia (UFBA). A equipe de Dantas está trabalhando em uma análise da dieta anual de preguiças-gigantes. Dividindo um fóssil dentário em partes que representariam um ano da vida do animal, é possível realizar análises de isótopos mais específicas do que de uma amostra mais geral do esmalte dentário,

Uruguai, têm só um pedacinho no Brasil”, explica. A fauna pampeana é característica do Uruguai e da Argentina, onde o clima é mais frio, e a fauna brasileira [característica do Brasil, de clima mais quente] migra conforme as mudanças do clima: se estamos em um período glacial, mais frio, a fauna do sul sobe para o norte; em períodos interglaciais, a fauna brasileira desce.”

como foi feito em outras pesquisas. Assim, os pesquisadores esperam descobrir mais detalhes sobre as variações climáticas ao longo de um ano do Pleistoceno.

Pesquisas de análises de isótopos em fósseis como as conduzidas por Dantas, Lopes, Carrasco e Buchmann buscam desvendar os motivos que levaram algumas espécies à extinção. “Trabalhamos com peças de um quebra-cabeças e cada resultado é uma nova pecinha que a ciência encaixa para construir uma visão mais completa do que aconteceu”, reflete Dantas. Os resultados também podem trazer respostas sobre como as mudanças climáticas atuaram e, possivelmente, atuarão. “Os fósseis são arquivos de condições ambientais”, afirma Lopes. “É como se fossem flashes de momentos da história”, completa Carrasco. “É difícil mensurar impactos na escala de tempo da existência humana, então eles nos dão uma janela temporal maior e, assim, conseguimos contar uma história mais detalhada do passado”, conclui. ■

#### Artigos científicos

LOPES, R. P. *et al.* Paleoenvironmental changes in the Brazilian Pampa based on carbon and oxygen stable isotope analysis of Pleistocene camelid tooth enamel. *Journal of Quaternary Science*. On-line. 29 jan. 2023.

CARRASCO, T. S. *et al.* Paleodiet of Lamini camelids (Mammalia: Artiodactyla) from the Pleistocene of southern Brazil: Insights from stable isotope analysis ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ). *Journal of Quaternary Science*. On-line. 12 abr. 2022.

DANTAS, M. A. T. *et al.* Inferring the Paleoeecology of the Late Pleistocene Giant Ground Sloths from the Brazilian intertropical region through relative muzzle width and occlusal surface area. *Journal of South American Earth Sciences*. On-line. 23 jun. 2022.

# RESQUÍCIOS DO MAR NO INTERIOR DA AMAZÔNIA

Fósseis de microrganismos marinhos indicam que a água do Caribe invadiu a bacia do Solimões pelo menos 11 vezes nos últimos 23 milhões de anos

Gilberto Stam

**N**ão se surpreenda caso encontre animais e plantas da floresta amazônica que tenham semelhanças com organismos marinhos. Fósseis de conchas, lacraias-do-mar e dentes de tubarão ou de arraia e outros animais marinhos, ainda que a mais de mil quilômetros de distância do oceano, foram encontrados em sedimentos a vários metros de profundidade do solo, em sondagens realizadas no Brasil, Peru e na Colômbia.

Eles chegaram até o interior do que é hoje uma mata fechada porque o mar do Caribe invadiu a Amazônia durante o período geológico conhecido como Mioceno, de 23 milhões a 5 milhões de anos (Ma) atrás. As conclusões emergem de análises de fósseis de sedimentos das margens do rio Solimões, Juruá e Javari realizadas desde 1998 por um grupo do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) coordenado pela bióloga Maria Inês Ramos, com equipes de outras instituições e apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

“Os alagamentos pela água do mar contribuíram para a alta biodiversidade da Amazônia, por trazerem animais marinhos e separarem populações que originaram novas espécies, que se adaptaram aos novos ambientes”, diz a geóloga Lilian Maia Leandro, da Universidade Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), no Rio Grande do Sul, primeira autora do artigo publicado em janeiro de 2022 na revista *Geology* – outro artigo descrevendo os resultados saiu em dezembro na *Journal of South American Earth Sciences*. Um exemplo de adaptação é o boto-cor-de-rosa, que





parece ter surgido no mar – seus ancestrais teriam sido os golfinhos – e hoje vive nos rios da Amazônia.

Em sedimentos extraídos de perfurações feitas na década de 1970 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) na região estudada, a equipe do MPEG encontrou em abundância crustáceos bivalves chamados ostracodes, atualmente encontrados em ambientes costeiros, e outros organismos marinhos, como os foraminíferos. Identificados ao microscópio, mostraram-se mais parecidos com os extraídos de uma perfuração feita no Caribe do que em outras duas, nos oceanos Pacífico e Atlântico.

Outra indicação da influência marinha na bacia do Solimões são os resquícios de microalgas marinhas, também conhecidas como dinoflagelados, que vivem no plâncton e são frequentes no mar do Caribe. Com idade estimada entre 23 Ma e 3,8 Ma, os microfósseis indicavam os períodos de maior salinidade, resultante da ocupação pela água do mar na Amazônia.

“Identificamos um padrão pulsante nos alagamentos, que ocorriam aproximadamente a cada 2 Ma ou 3 Ma. O mais pronunciado que detectamos foi entre 11,1 Ma e 8,8 Ma”, diz Ramos. A água do mar deve ter aumentado a salinidade de um gigantesco conjunto de lagos, o sistema Pebas, que teria se estendido da Colômbia e Peru até a porção central da Amazônia brasileira.

“O mar provavelmente entrava a partir do vale do rio Orinoco, ao norte”, sugere Leandro. “Os Andes já bloqueavam as águas a oeste, no Peru, mas a cordilheira de Mérida, na Venezuela, que também

poderia ter barrado o mar, ainda não havia se formado.” Para ela, o mar do Caribe deve ter invadido a América do Sul em uma época em que o continente era mais plano e achatado, incapaz de bloquear as águas quando o clima esquentava, as geleiras derretiam e o nível do mar subia.

**A**s hipóteses da equipe do MPEG sobre a invasão do mar do Caribe foram reforçadas por modelos numéricos desenvolvidos pelo geofísico Victor Sacek, da Universidade de São Paulo (USP), considerando a dinâmica interna do planeta Terra, as mudanças climáticas e o nível da água do mar. De acordo com essa conclusão, descrita em artigo publicado em março de 2023 na revista *Earth and Planetary Science Letters*, a água do oceano ao norte teria invadido a região de forma intermitente há pelo menos 35 Ma.

Os modelos mostram que o soerguimento dos Andes teria mudado a paisagem da região, alterando o fluxo dos rios e o padrão de chuvas. “O peso da cordilheira fez vergar a crosta da América do Sul, como se ela fosse um trampolim, e formou uma depressão perto dos Andes”, explica Sacek. De acordo com o modelo, essa piscina natural teria recebido as águas caribenhas.

“Os processos de convecção do manto terrestre contribuíram para curvar a crosta terrestre para baixo, criando depressões que se estenderam até a porção central da Amazônia”, ele acrescenta. “Os modelos mostram que essas depressões foram preenchidas inicialmente por

água marinha e favoreceram a formação de ambientes lacustres.”

Com o tempo, os sedimentos dos Andes preencheram os lagos, culminando com a formação da bacia hidrográfica do rio Amazonas há aproximadamente 10 Ma. Nos modelos numéricos de Sacek, as incursões marinhas pelo mar do Caribe na bacia do Solimões teriam terminado antes da formação do rio Amazonas. As conclusões, porém, não eliminam a possibilidade de incursões mais recentes, entre 4,7 Ma e 3,8 Ma, como sugere a equipe do MPEG.

“Parte das diferenças entre os resultados de Sacek e os de Leandro pode decorrer da escassez de dados para testar os cenários gerados pelos modelos numéricos e as dúvidas sobre os ambientes de vida dos fósseis”, comenta o geólogo da USP André Sawakuchi, que não participou desses trabalhos. “O tema é controverso e com muitas incertezas.” Segundo ele, os registros de mudanças ambientais na Amazônia ainda são muito esparsos e seria arriscado falar em variação climática há milhões de anos, quando só existem dados relativamente confiáveis para os últimos 250 mil anos.

Sawakuchi coordena o Trans-Amazon Drilling Project (TADP), apoiado pela FAPESP, com a participação de pesquisadores de 12 países, com o objetivo de fazer perfurações na Amazônia desde os Andes até a margem do Atlântico. Além de dados mais precisos para alimentar os modelos matemáticos, ele espera verificar se o mar invadiu a floresta antes mesmo do indicado pelos cálculos de Sacek. ■

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

Concha de caracol fóssil de água doce (à esq.), microfóssil de foraminífero do gênero *Ammonia* (ao lado, à dir.) e carapaça de microcrustáceo do gênero *Cyprideis*, encontrados nas margens de rios ou em furos de sondagem a oeste da Amazônia brasileira

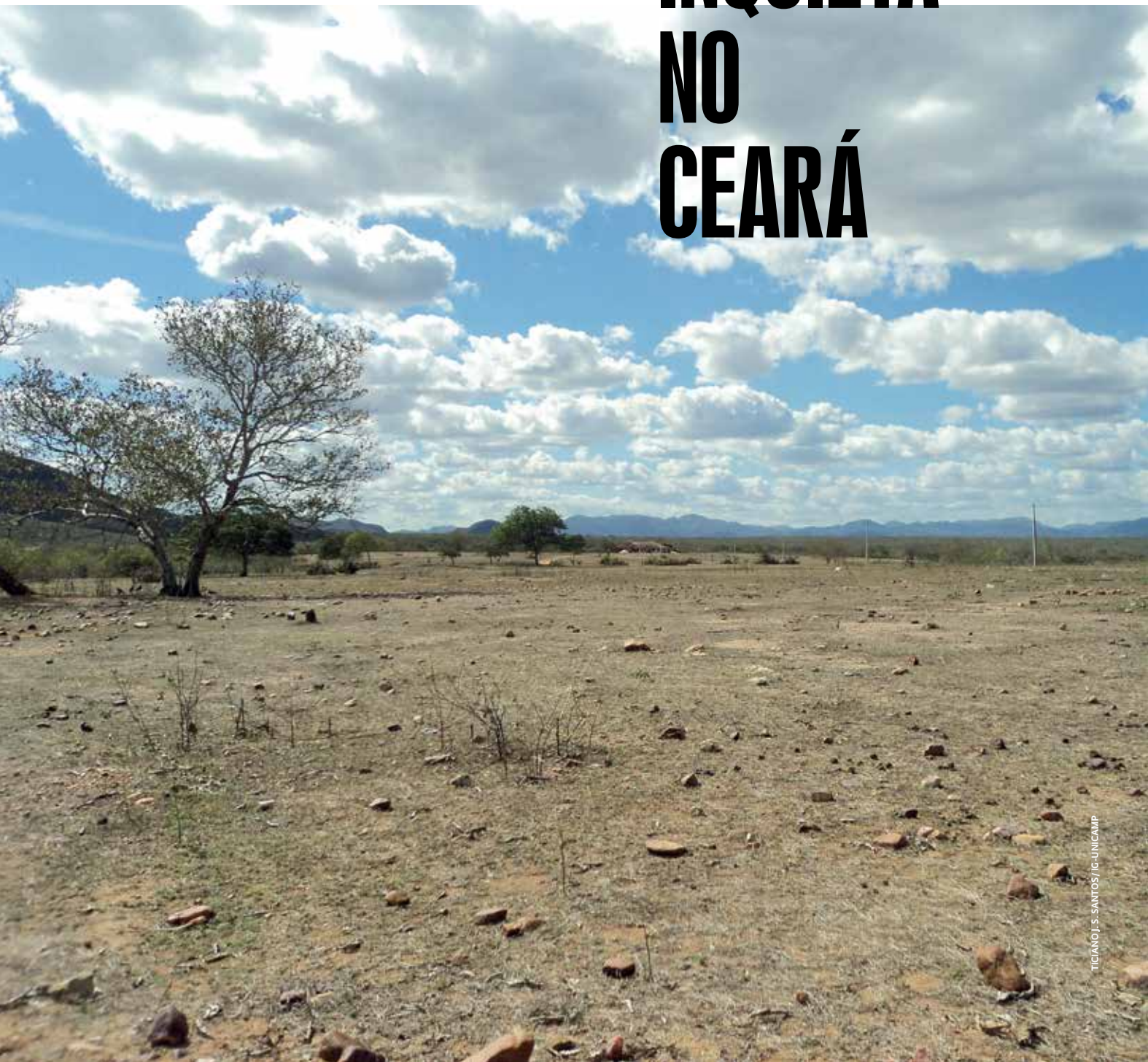


200 μm



\* 1 μm (micron, plural micra) equivale à milésima parte de 1 milímetro (mm) ou 0,001 mm

# TERRA INQUIETA NO CEARÁ





Descampado do município de Forquilha, noroeste do Ceará, onde os geólogos encontraram rochas com minerais que detalharam as colisões entre placas tectônicas na região

## Análise de minerais permite a reconstituição da paisagem e dos movimentos de grandes blocos de rochas na região há cerca de 600 milhões de anos

Carlos Fioravanti

**N**o começo de abril, ao contar sobre uma pesquisa que iniciara há 36 anos e lhe permitiu reconstituir os movimentos dos grandes blocos em parte das regiões Nordeste e Centro-Oeste há cerca de 600 milhões de anos, o geólogo Ticiano dos Santos lembrou-se de uma estudante do Instituto de Geologia da Universidade Estadual de Campinas (IG-Unicamp), Michele Pitarello, atualmente no Serviço Geológico do Brasil em Manaus.

“Em 2012, ela passou meses examinando dezenas de lâminas de rocha nos microscópios óptico e eletrônico de varredura, que eu já havia pré-selecionado”, relata Ticiano, como prefere ser chamado. “Ela dizia: ‘Se tiver coesita, vou achar.’”

Por fim, em uma das lâminas de rocha cortada e polida, com a espessura de 30 micrômetros (1 micrômetro equivale a 1 milésimo de milímetro), ela finalmente encontrou grãos micrométricos do que poderia ser a tal coesita, um mineral que se forma a profundidades próximas a 90 quilômetros (km) à ultra-alta pressão de 2,5 Gigapascal, cerca de 25 mil vezes maior que a do nível do mar, em rochas chamadas eclogitos. Coesitas são bastante raras porque tendem a se transformar em quartzo quando sobem para profundidades menores e a pressão diminui.

Aparelhos mais apurados, no próprio IG da Unicamp, no Instituto de Física da Unicamp e no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS),

também em Campinas, confirmaram a identidade da coesita incrustada em uma rocha coletada por Santos e sua equipe em Forquilha, município de 25 mil moradores no leste do Ceará. Caracterizada com a ajuda de geólogos da Universidade de Brasília (UnB), a primeira coesita do Ceará e do Brasil foi apresentada em outubro de 2015 na revista científica *Gondwana Research*.

Durante quase um ano, em seu mestrado, também orientado por Santos, o geólogo Matheus Ancelmi identificou e catalogou mais de 40 afloramentos de rochas submetidas à alta pressão, mas não continham coesita. Mudaram para a região do município de Irauçuba, a 70 km de Forquilha, e, cinco anos depois, encontraram outra amostra do raro mineral. Dessa vez, a garimpagem no microscópio coube a Nádia Borges Gomes, na época também no mestrado sob orientação de Santos.

“A descoberta das coesitas merece uma festa”, diz o geólogo Benjamin Bley, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), que não participou da pesquisa. “Cientificamente, com os eclogitos, que também são raros, reforça os estudos sobre a correlação geológica entre o Nordeste do Brasil e a África norte-oriental, que já estiveram unidos.”

Integradas a décadas de estudos geológicos sobre a região, as duas coesitas permitiram a reconstituição da paisagem do hoje praticamente plano interior do Ceará – com algumas serras, como a de Baturité, ao sul de Fortaleza; e a de

Maranguape, próxima à capital – e dos movimentos dos grandes blocos rochosos – as micropalacas –, que colidiram, destruíram-se ou se fundiram, em diferentes épocas, formando o continente sul-americano.

“Há cerca de 640 milhões de anos, a região de Forquilha já foi cadeia de montanhas como o Himalaia, muito mais recente, mas ainda em formação”, comenta Ticiano. Segundo ele, a cordilheira deve ter se formado com a destruição na zona de subducção [encontro de duas placas tectônicas com o mergulho da mais pesada sob a outra] de um antigo oceano e a colisão entre dois continentes, um a leste da cidade de Sobral e o outro a oeste. “As rochas do continente oeste apresentam um contexto geológico diferente do continente leste, respectivamente com 2,3 bilhões e 2,1 bilhões de anos.

Uma implicação prática dessa conclusão é que os moradores a leste e a oeste de Sobral, no Ceará, podem dizer que as regiões onde vivem já pertenceram a continentes diferentes. Entre eles haveria um oceano chamado Goianides, que cortava o Brasil no sentido nordeste-sudoeste, descrito por pesquisadores da UnB no final dos anos 1990. As bordas desse oceano eram ocupadas por cordilheiras há cerca de 600 milhões de anos.

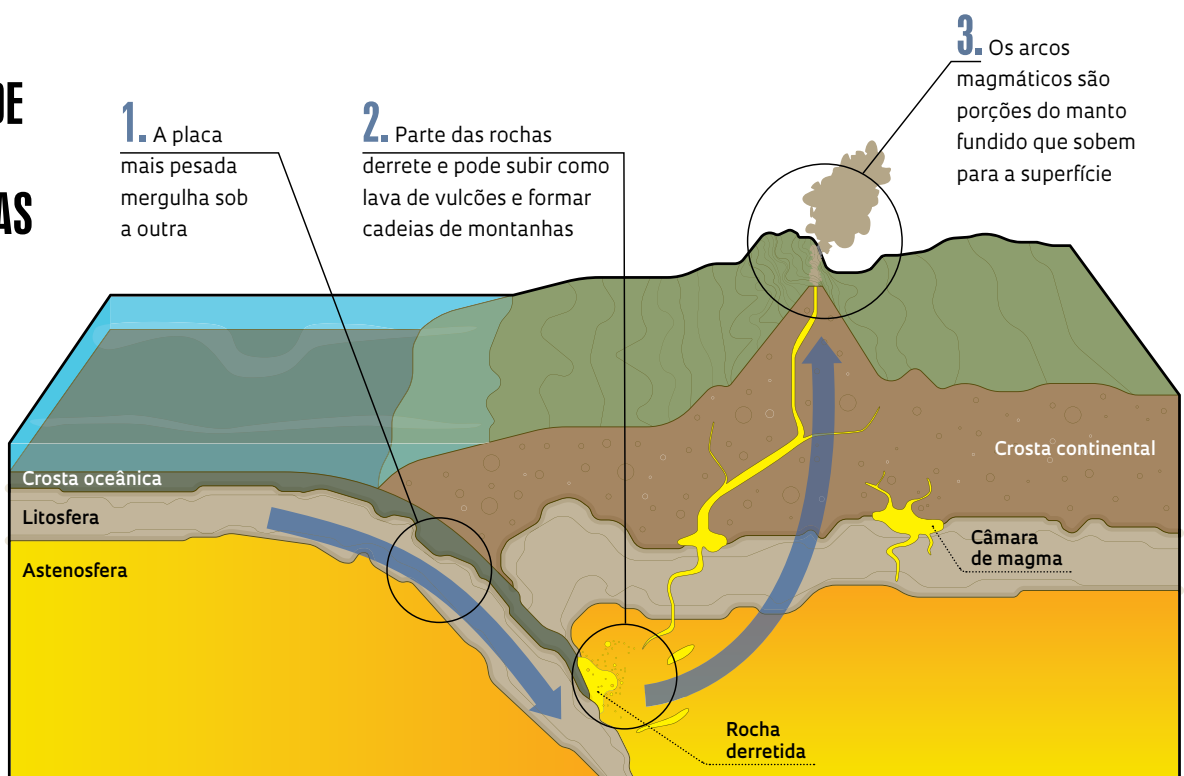
Quando uma placa mergulha sobre outra, parte das rochas do magma derrete e pode subir como lava de vulcões e formar cadeias de montanhas. “As montanhas e os vulcões do norte da região Nordeste e Centro-Oeste foram completamen-

João Paulo Pitombeira, da UFPE, Nádia Borges e Ticiano Santos (*de bermuda*) selecionam rochas e minerais na região de Irauçuba, no Ceará



## COLISÃO DE PLACAS TECTÔNICAS

Assim se formam montanhas e vulcões



FONTES WIKIPEDIA E BRITANNICA



Amostra de rocha submetida à ultra-alta pressão, coletada ao sul de Irauçuba, onde se identificou coesita

te erodidos”, comenta Ticiano. “Sobrou apenas a raiz do que chamamos de arco magmático, a faixa de rochas magmáticas que subiram à superfície.” Os arcos magmáticos – também chamados de vulcânicos, porque, vista de cima, a cadeia de vulcões parece formar um arco – são porções do manto fundido que sobem para a superfície; no Brasil, por causa da erosão, restaram apenas as bases – ou raízes – dessas estruturas.

**U**m marco desse trabalho é o ano de 1987, quando Santos percorreu pela primeira vez a Caatinga do noroeste do Ceará, em busca de rochas de fundo oceânico, no último ano do curso de geologia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), em Natal. Sua viagem decorria da hipótese de dois professores da UFRN, Peter Hackspacker (1952-2021) e Reinaldo Petta, de possíveis ligações entre os blocos de rocha do Ceará e da África.

Nas primeiras viagens, ele não encontrou nada. Quando fazia o doutorado, aumentou a área de estudo e encontrou rochas que permitiram a identificação do chamado arco magmático continental Santa Quitéria, com o geólogo norte-americano Allen Fetter, então na Universidade do Kansas, nos Estados Unidos, e Ebehard Wernick (1940-2019), da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Rio Claro. Voltou em 2003, um ano depois de ter sido contratado na Unicamp, já com apoio da FAPESP e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para seu projeto.

Nessas viagens, ele passava os dias com um mapa geológico à mão, atrás de afloramentos rochosos, batendo e quebrando rochas. Santos sabia: se havia um arco, formado por rochas típicas, que se estendem por uma faixa com quilômetros de extensão e de largura, deveria ter havido uma

colisão de placas tectônicas, constituídas por blocos rochosos das camadas mais externas da superfície terrestre.

“Um dia, esbarrei em uma rocha preta e densa, que poderia ser um material primitivo, de quando o arco se formou”, ele conta. “Achei interessante, mas não pensei que poderia ser um eclogite, gerado pela compressão no interior da Terra.” Era, mas, segundo ele, os colegas olhavam com desconfiança, até que um geólogo indiano da Unicamp, Asit Choudhuri, confirmou, ao observar a rocha no microscópio óptico. Para aprofundar a história geológica da região, faltava encontrar coesitas, que indicam a profundidade que uma borda de uma placa tectônica chegou ao mergulhar embaixo de outra.

Até agora, no mundo inteiro, foram encontradas apenas 24 ocorrências de coesitas, já incluídas as duas do Ceará, as primeiras do país, apresentadas na edição de junho deste ano da revista *Lithos*. “Certamente”, aposta Ticiano, “vamos encontrar outras no Brasil”. Sua convicção se apoia no fato de que vários grupos de pesquisa estudam os arcos magmáticos que cortam o país, do Amazonas ao Rio Grande do Sul, com idades que podem chegar a 930 milhões de anos.

“As rochas de alta pressão e as rochas de arcos magmáticos marcam a região de colagem entre as placas tectônicas”, comenta a geóloga Mônica Heilbron, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj). “Mas as placas podem se quebrar e se colar a outra mais longe. Uma parte do cráton [bloco de rocha] amazônico, por exemplo, estava colada a outra da América do Norte.”

Dedicada, há décadas, ao estudo do arco magmático Ribeira-Araucaí, que se estende do sul da Bahia ao sudoeste de São Paulo, com idade de até 840 milhões de anos e largura de até 40 km, ela ressalta que os estudos como os do grupo da Unicamp ajudam a reconstituir os processos tectônicos de um passado remoto e conhecer melhor os fenômenos similares atuais. “Ainda que a velocidade de exumação [subida] do magma possa variar, os mecanismos são semelhantes”, diz. “A subducção já se completou no Ceará, mas ainda está ativa na Califórnia e no Chile, como podemos verificar pelos terremotos nessas duas regiões.” ■

## Projeto

Borda leste do arco magmático de Santa Quitéria: Uma nova zona de ultra-alta pressão no domínio Ceará Central? (nº 16/08289-B); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Ticiano José Saraiva dos Santos (Unicamp); **Investimento** R\$ 183.454,53.

## Artigos científicos

GOMES, N. G. *et al.* P-T-t reconstruction of a coesite-bearing retroeclogite reveals a new UHP occurrence in the western Gondwana margin (NE-Brazil). *Lithos*. v. 446-7, 107138. jun. 2023.

SANTOS, T. J. S. dos *et al.* U-Pb age of the coesite-bearing eclogite from NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for western Gondwana assembly. *Gondwana Research*. v. 28, n. 3, p. 1183-1196. out. 2015.

# “NÃO SOU FUGA DE CÉREBRO”

Licenciado da USP, físico passa a maior parte de seu tempo no Texas, onde monta laboratório de biofotônica inspirado no centro que coordena no interior de São Paulo

Marcos Pivetta




Desde fevereiro deste ano, Vanderlei Bagnato se encontra licenciado de seus afazeres formais no Instituto de Física de São Carlos (IFSC), uma das unidades da Universidade de São Paulo (USP) situada em sua cidade natal, no interior paulista. Aos 64 anos, o físico e engenheiro de materiais aceitou um convite da Universidade Texas A&M para montar um laboratório de biofotônica em seu *campus* principal, em College Station, cidade distante 170 quilômetros de Austin, capital do estado do Texas. A oferta se deu em razão dos esforços desenvolvidos por uma das linhas de estudo de grande destaque do Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (CePOF), coordenado por Bagnato desde o final de 2000: o emprego de técnicas que usam a luz como forma de tratar ou controlar certos tipos de câncer e algumas infecções.

Embora seja um pesquisador originalmente dedicado a estudos em física atômica, Bagnato estimulou e implantou a área de biofotônica no âmbito do CePOF, um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) apoiados pela FAPESP (ver Pesquisa FAPESP nºs 299, 289 e 235). Nesta entrevista, durante uma de suas visitas mensais ao Brasil, o físico conta por que aceitou o desafio de passar cerca de dois terços de seu tempo no Texas, montando um novo laboratório, e um terço em São Carlos, coordenando seus projetos antigos. “Continuo acompanhando e executando todos os meus projetos do CePOF”, diz Bagnato. “Não sou fuga de cérebro. Fuga de cérebro é quando alguém sai do Brasil porque o país não lhe deu oportunidades. Eu sempre tive oportunidades aqui.”

**Como surgiu o interesse da Universidade Texas A&M por seu trabalho? Você tinha muitos estudos em conjunto com pesquisadores de lá?**

Até 2018, nunca tinha feito nenhuma pesquisa com eles. Conhecia apenas o físico norte-americano Marlan Scully, que é professor de lá, uma das maiores universidades do Texas. Até que em 2018 ganhei uma espécie de bolsa, um *fellowship*, da universidade por meus trabalhos em biofotônica. Eles dão essa honraria para pesquisadores seniores com quem querem estreitar laços. Dessa forma, me tornei um Hagler Fellow, o que dá direito a passar entre três e 12 meses na universidade. Não precisa ser uma estada de forma contínua. Pode ser distribuída ao longo de alguns anos.

**O que faz um Hagler Fellow?**



Bagnato:  
"Não quero me  
desligar de  
nada no Brasil"

### ***A essa altura, eles já tinham feito alguma proposta permanente para você?***

A última vez que estive lá antes da pandemia, em 2019, um dos pró-reitores da universidade me convidou para jantar. Ele disse que queriam me levar para o Texas para montar a mesma estrutura que eu tinha no Brasil, com ciência básica de qualidade razoável, com aplicações tecnológicas e cooperação com empresas. Falei que aquilo não era trabalho para uma pessoa como eu, com mais de 60 anos, que não tinha intenção de me fixar fora do Brasil. Essa primeira sondagem terminou assim. Como sobrou dinheiro da minha *fellowship*, pois nunca fiquei no Texas por muito tempo, eles resolveram estender a validade por mais um ano. Mas aí veio a pandemia.

### ***Parou tudo?***

Sim. Em 2020, não aconteceu nada. Em 2021, recebi uma ligação de um chefe do Departamento de Engenharia Biomédica da universidade, onde estou trabalhando agora, me perguntando se eu não queria colaborar mais estreitamente com eles. Falei que tinha o sonho de ser PI [pesquisador principal] de um projeto do programa Global Health dos National Institutes of Health [NIH], que estuda doenças infecciosas e não transmissíveis que assolam o planeta. Já estava envolvido com o programa, mas não como PI, porque não atuava nos Estados Unidos. Meu desejo era, e é, trazer o Global Health para a América Latina, onde podemos testar novas tecnologias e, ao mesmo tempo, ajudar as pessoas.

### ***Foi então que fizeram nova investida?***

Nessa ligação, me ofereceram um pacote de financiamento para pesquisa e benefícios. Eram muitos milhões de dólares para montar um laboratório de biofotônica, com direito a contratar dois professores jovens e ter mais meia dúzia de pós-doutorandos e alunos de pós-graduação. O valor que ofereceram por ano para implantar o laboratório equivale ao que se investe, mais ou menos, em um Cepid durante toda sua existência. Também me ofereceram custeio mensal interessante e ainda disseram que, se eu quisesse, não precisava largar minhas pesquisas e projetos no Brasil. Eu poderia vir ao Brasil quando quisesse e continuar as pesquisas aqui. Essa parte da proposta me atraiu muito. Não quero

me desligar de nada no Brasil, em especial dos meus projetos de longo prazo. Percebi então que a proposta era séria e pedi um tempo para pensar.

### ***Por que acha que preferiram você em vez de um norte-americano ou europeu para implantar o laboratório?***

Os norte-americanos são ambiciosos. Gostam de levar pesquisadores seniores para começar uma área, para trabalhar ao lado de jovens. Deve ter muitos europeus bons, até melhores do que eu. Mas na universidade já tem muitos europeus. Há 20 anos, começamos de forma modesta as pesquisas em biofotônica, mas crescemos. Uma busca na internet hoje mostra que nosso grupo é um dos que mais investem e publicam sobre terapia fotodinâmica e câncer de pele. A Texas A&M, como o nome indica, é historicamente muito forte nas áreas de agropecuária [o A do nome] e mecânica [o M]. Na mecânica, sempre tiveram destaque no setor aeroespacial. Nos Estados Unidos, há bons pesquisadores em biofotônica em outros lugares. Mas no Texas essa ainda é uma área que precisa crescer. A universidade quer ter uma área de biofotônica semelhante à desenvolvida em São Carlos. Ninguém me pediu nada diferente. Querem que implantemos lá o modelo que adotamos no Cepid. Essa é minha chance de montar uma espécie de filial de nosso centro nos EUA.

### ***Você saiu ou está saindo formalmente da USP?***

Sou contratado da USP desde 1981, quando comecei a montar o primeiro laboratório de átomos ultrafrios fora dos Estados Unidos e da Europa e a construir o primeiro relógio atômico do hemisfério Sul. Quando pensei em aceitar o convite do Texas, fui falar com a direção da USP. Disse que não queria me aposentar. Como tinha direito a tirar aproximadamente dois anos de licença-prêmio, estou afastado da universidade desde fevereiro de 2023, quando fui para o Texas. Não é fácil. Moro em um pequeno apartamento alugado, de vez em quando minha mulher vai comigo para os Estados Unidos, tenho filhos e netos no Brasil. Mas tenho um acordo formal com os norte-americanos, que me garante que todo mês posso passar entre uma semana e 10 dias no Brasil. Mantenho minhas orien-

Me disseram que eu podia ir à universidade quando quisesse para fazer palestras, dar seminários, falar com professores e alunos, estabelecer colaborações. No total, a bolsa dá aos escolhidos US\$ 200 mil para gastar em atividades acadêmicas durante sua permanência no Texas. Dessa forma, fui duas vezes para lá, durante as férias da USP, uma em 2018 e outra em 2019. Durante essas idas e vindas, que não eram tão constantes, fizemos um primeiro trabalho. Vimos, com o uso de técnicas de manipulação da luz, como era possível quebrar a resistência de uma bactéria aos efeitos de um antibiótico. Começamos esse trabalho no Cepid e terminamos lá. Dei também uma palestra sobre tratamento de câncer de pele, incluindo o melanoma, com terapia fotodinâmica e publicamos mais alguns estudos em parceria.

tações de alunos no Brasil, com os quais realizo encontros semanais, seja on-line ou, quando estou aqui, de forma presencial. Apenas quando minha licença vencer, terei de tomar uma decisão. Mas, de um jeito ou de outro, não vou sair da USP. Minha estada nos Estados Unidos é para viabilizar ainda mais minhas atividades na USP. Não vou contribuir muito para isso se me aposentar.

***O financiamento do Cepid termina em 2024. Não teme que o seu afastamento, ainda que não de forma integral, possa comprometer o futuro do centro?***

Aceitei o convite do Texas porque representa uma oportunidade em várias frentes para mim e para aqueles que trabalham comigo. Estou ficando velho e é importante que abra espaço e oportunidades para o pessoal que lidero em São Carlos. Nosso grupo tem oito professores. Eles têm de ter chance de testar sua liderança nos projetos. Também tenho o sonho de que o laboratório no Texas que estou montando ajude a promover a internacionalização do nosso centro e também da USP. Gostaria de criar uma ponte com o Texas para que possamos ser um ator principal de grandes projetos norte-americanos. No passado recente, foi importante para o Brasil mandar alunos para fazer estágios e pós-graduação nos Estados Unidos e Europa para aprender sobre novas áreas da ciência que ainda não existiam aqui. O intercâmbio de estudantes é sempre importante. Mas, a meu ver, hoje uma universidade como a USP não vai se internacionalizar dessa forma. Ela vai conquistar grande relevância internacional quando uma parte de sua liderança científica participar de grandes empreendimentos no exterior. É isso que eu quero fazer. Quero envolver meu time e trazer uma parte desses empreendimentos para o Brasil.

***Como deverá ficar o Cepid com o término do financiamento da FAPESP no próximo ano?***

Estou preocupado com isso. Vou ter de arrumar uma forma de ter mais recursos externos para ele. Hoje metade da verba do CePOF vem de parcerias com empresas, viabilizadas por sermos uma unidade da Embrapii [Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial]. A outra metade vem sobretudo da FAPESP e, em menor escala, de projetos fede-



**Os projetos estão alinhados. No Texas, estou fazendo alguns experimentos que complementam nossos estudos daqui e vice-versa**

rais, como o dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia [INCT]. Esse financiamento público vai acabar. Mas não posso deixar essa estrutura se esvaziar. A USP está construindo um prédio de 7 mil metros quadrados, que será o maior do *campus* de São Carlos, para abrigar o CePOF. Ele está quase pronto e deverá ser inaugurado no ano que vem. Na área de biofotônica, estamos estimulando a implantação de um curso de engenharia biomédica na USP, que poderia ser tocado por mais de uma unidade. Esperamos compensar, em parte, o término do programa Cepid para nós com a obtenção de projetos temáticos.

***De que tamanho será o laboratório de biofotônica no Texas?***

Será mais modesto, com dois professores contratados, talvez uns seis pós-docs e uma dúzia de estudantes de pós-graduação. No CePOF, contamos com cerca de 130 pessoas no total e 26 laboratórios. Mais ou menos 60% dessas pessoas atuam na área de biofotônica, cerca de 30% estão envolvidas em pes-

quisa com átomos ultrafrios e 10% em plasmônica e outras áreas. Além de mim, há oito professores, uns 70 alunos de pós-graduação, cerca de 15 pós-doutores, 30 engenheiros que atuam em projetos da Embrapii em parceria com empresas e o pessoal de apoio técnico e administrativo, que chega a 10 pessoas. Todo ano os pesquisadores do CePOF publicam em média 120 artigos científicos e entramos com o pedido de sete patentes. Fomentamos 30 startups desde o início do centro. O laboratório de biofotônica no Texas nunca vai superar a estrutura que temos aqui. Ele vai colaborar conosco.

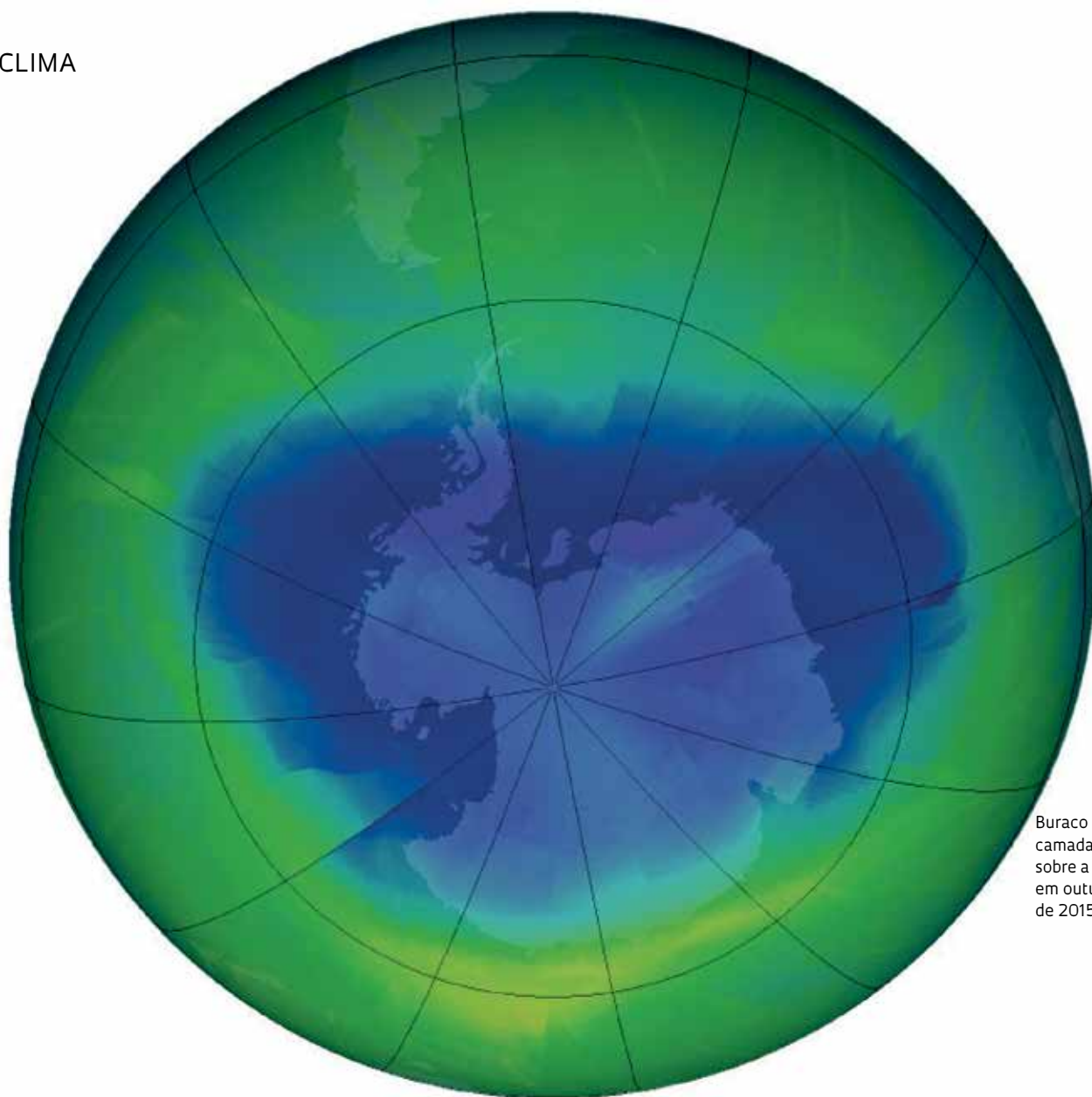
***De que forma?***

Os projetos de lá estão alinhados com os nossos. No Texas já estou fazendo alguns experimentos que complementam nossos estudos daqui e vice-versa. Estamos usando o chamado modelo Sinclair, que utiliza o porco, que tem camadas de pele mais parecidas com as humanas, para estudar o melanoma. Tenho dois novos projetos em processo de aprovação nos Estados Unidos, um no Global Health e outro na Força Aérea. Em Houston, no Texas, há o principal centro de tratamento e estudo de câncer dos Estados Unidos, o MD Anderson. Eles já colaboram comigo nesse projeto no Texas e pretendemos levar médicos do Brasil, que estão nos projetos do CePOF, para fazer estágios lá.

***A sua ida ao Texas não configura uma fuga de cérebro?***

Fuga de cérebro é quando alguém sai do Brasil porque o país não lhe deu oportunidades. Eu sempre tive oportunidades aqui. Minha situação é o contrário disso. Quero criar um laboratório que ajude a atrair mais gente para o Brasil e dê condição de trabalhar. É preciso ter boa situação para manter os cérebros aqui. Quero fazer uma ponte sólida com os Estados Unidos. Quero entender o mercado de ciência de lá, como se junta a pesquisa acadêmica com as empresas, e estimular a cultura da ciência. Precisamos mostrar o potencial da ciência brasileira. Pretendo ser uma espécie de embaixador científico do Brasil, muito mais que apenas um visitante. Espero sempre estar na USP, não me vejo fora dela. Já formei mais de 130 alunos de pós-graduação e vou continuar. ■





Buraco na camada de ozônio sobre a Antártida, em outubro de 2015

# VAZAMENTO DE GÁS

Emissões de cinco tipos de CFC, compostos que destroem a camada de ozônio, aumentaram na década passada

Meghie Rodrigues

**A**s emissões combinadas de cinco tipos de clorofluorcarbonetos (CFC), gases produzidos pelo homem que destroem a camada de ozônio situada na alta atmosfera da Terra, aumentaram 2,6 vezes durante a década passada. Em 2020, a concentração desse grupo de CFC foi a maior já registrada. A camada de ozônio protege os habitantes do planeta da ação nociva dos raios ultravioleta provenientes do Sol, que podem provocar câncer de pele, problemas imunológicos e outros distúrbios. Os dados fazem parte de estudo publicado em abril na revista *Nature Geosciences* e surpreenderam seus autores.

As emissões de clorofluorcarbonetos não deveriam ter se elevado na década passada. Desde 2010, de acordo com o Protocolo de Montreal, tratado internacional que controla a produção

de gases deletérios à camada de ozônio, a fabricação de CFC para qualquer finalidade está proibida em todo o mundo. Há uma única exceção a essa regra: os gases podem ser produzidos como matéria-prima para a geração de outros produtos químicos. Nesse caso, é esperado que todo ou quase todo o CFC seja consumido nas reações intermediárias que levam à criação de outros compostos, um cenário que, teoricamente, não levaria à liberação de clorofluorcarbonetos para a atmosfera.

Criados artificialmente, os CFC são compostos baseados em carbono que contêm cloro e flúor. Eles não existem de forma livre na natureza e foram amplamente usados, até o início deste século, em diversos produtos: em sistemas de refrigeração de geladeiras e aparelhos de ar-condicionado, como propelentes de aerossóis, solventes e no preenchimento de espumas.

**T**rês dos cinco compostos com aumento nas emissões – o CFC-113a, CFC-114a e CFC-115 – podem ser produtos indesejados resultantes da fabricação de hidrofluorcarbonetos (HFC), gases artificiais que substituíram os clorofluorcarbonetos em diversas aplicações. Os HFC não agredem a camada de ozônio, mas, como os CFC, são gases de efeito estufa que contribuem para a elevação da temperatura média do planeta, principal motor da crise climática. Não se sabe qual seria a origem dos outros dois compostos em alta, o CFC-112a e o CFC-13.

Dois estudos publicados na revista *Nature*, em 2018 e 2019, observaram um aumento na década passada de outro tipo de clorofluorcarboneto, o CFC-11, e o associaram ao descumprimento do protocolo por indústrias da China. Depois que essas observações foram divulgadas, as emissões de CFC-11 voltaram a cair. “Esse aumento foi detectado por cientistas de diversas instituições, incluindo a Nasa [agência espacial norte-americana]”, diz Suely Machado Carvalho, especialista sênior do painel de tecnologia e economia do Protocolo de Montreal, que representou o Brasil nas tratativas que levaram a esse acordo. “Desde então, a China se comprometeu a melhorar o monitoramento das emissões e a fiscalização local.”

“Os clorofluorcarbonetos têm uma meia-vida na atmosfera da ordem de mais de um século e seus efeitos se prolongam por muito tempo”, comenta o físico britânico Luke Western, da Universidade de Bristol, no Reino Unido, autor principal do artigo, em entrevista a *Pesquisa FAPESP*. Para realizar o estudo, a equipe de pesquisadores contou com amostras recolhidas em 14 estações de medição de gases de longa duração espalhadas pelo mundo. Esses registros fazem parte de

esforços feitos pela Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (Noaa), dos Estados Unidos, e pelo Experimento Avançado de Gases Atmosféricos Globais (Agage), uma rede internacional que faz esse tipo de observação desde o fim dos anos 1970.

Apesar da curva ascendente, as concentrações crescentes dos cinco CFC, segundo o estudo, não devem causar maiores danos à camada de ozônio, cuja porção mais afetada se situa sobre a Antártida, no hemisfério Sul. Somadas, as emissões desses compostos durante a década passada poderiam provocar uma perda de mero 0,002% do ozônio presente em toda a estratosfera, camada da atmosfera que se encontra entre 10 e 50 quilômetros de altitude, ou de 0,01% da camada desse gás sobre a Antártida no período entre agosto e dezembro. Desde a adoção do Protocolo de Montreal, assinado em 1989, a camada vem se recuperando e projeções indicam que deverá estar totalmente reconstituída na década de 2060 se não houver nenhuma alteração da tendência atual.

Os clorofluorcarbonetos provocam reações químicas quando alcançam a estratosfera terrestre. Suas moléculas se rompem ao serem atingidas pela radiação ultravioleta. Os átomos de cloro liberados por essa quebra desintegram as moléculas de ozônio com que se deparam. Isso faz com que a camada de ozônio se torne mais fina e sua capacidade de proteger a Terra da radiação ultravioleta seja reduzida. O prêmio Nobel de Química de 1995 foi dado a três pesquisadores que, a partir dos anos 1970, estudaram a formação e o deterioramento da camada de ozônio: o mexicano Mario Molina (1943-2020), o holandês Paul J. Crutzen (1933-2021) e o norte-americano Frank Sherwood Rowland (1927-2012).

Fazer aumentar o chamado buraco na camada de ozônio não é o único problema causado pelos CFC, como destaca a engenheira química Damaris Kirsch Pinheiro, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), coordenadora do projeto Modelagem e Previsão dos Efeitos Secundários do Buraco de Ozônio Antártico (Meso), uma parceria entre instituições do Brasil e da França. “Esses gases são fortes causadores de efeito estufa”, diz Pinheiro, que não participou do estudo internacional com os cinco tipos de CFC (nenhum brasileiro é coautor do trabalho). “Alguns deles chegam a ser muito mais potentes do que o dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>, principal gás de efeito estufa]. Ou seja, uma molécula de CFC, dependendo de qual seja, pode provocar o mesmo efeito estufa que 5 mil moléculas de CO<sub>2</sub>”, explica. Em termos de potencial de efeito estufa, o efeito acumulado das emissões somadas dos cinco CFC analisados equivale a uma vez e meia o dióxido de carbono emitido em Londres no ano de 2018.





Sucata de geladeiras e freezers em East Succex, no Reino Unido (1969), que usava gases CFC em seu sistema de refrigeração

Para o bioquímico norte-americano Ray Weiss, do Instituto Scripps de Oceanografia na Universidade da Califórnia em San Diego (UCSD), o novo estudo sinaliza também a importância de ter meios para realizar medições de diferentes tipos de gases que podem se encontrar na atmosfera. Às vezes, alguns deles estão em quantidade maior do que o esperado ou previsto em trabalhos científicos.

**C**oautor do artigo na *Nature Geosciences*, Weiss dá um exemplo. “Há um composto chamado trifluoreto de nitrogênio [NF<sub>3</sub>], usado na fabricação de televisores e telas de computador. Acreditava-se que 2% do gás produzido ia para a atmosfera até que pesquisadores realizaram medições e viram que 9% do trifluoreto de nitrogênio escapava das fábricas”, conta Weiss a *Pesquisa FAPESP*. “A discrepância [entre a estimativa e a realidade] era por não se saber como esse gás sai das plantas de produção de eletrônicos e vai parar na atmosfera.” Além disso, também há a suspeita de que parte das fábricas não destrua

o NF<sub>3</sub> como deveria, visto que esse processo é caro. Esse gás é 17 mil vezes mais potente do que o CO<sub>2</sub> em causar o efeito estufa ao longo de um período de 100 anos.

“Seria extremamente relevante termos mais estações de medição desses tipos de gases de efeito estufa no mundo”, diz Pinheiro. Não existe no Brasil instrumentos dedicados a registrar a concentração de CFC e HFC, mas, segundo a pesquisadora da UFSM, seria importante ter uma estação com essa finalidade no Sudeste, que abriga a maior parte do parque industrial nacional. “Não sabemos se temos emissões desses gases porque não fazemos medições”, comenta Pinheiro. “Apenas quando tivermos esse tipo de dado, saberemos de fato como estamos implementando o Protocolo de Montreal no país.” ■

#### Artigos científicos

- WESTERN, L. M. *et al.* Global increase of ozone-depleting chlorofluorocarbons from 2010 to 2020. *Nature Geoscience*. 3 abr. 2023.
- RIGBY, M. *et al.* Increase in CFC-11 emissions from eastern China based on atmospheric observations. *Nature*. 23 mai. 2019.
- MONTZKA, S. A. *et al.* An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC-11. *Nature*. 17 mai. 2018.

# A CONTRIBUIÇÃO DO TAPETÉ VERDE

Com extensão quase igual à da China, área de solo coberta por musgos retira da atmosfera 6,43 bilhões de toneladas de carbono por ano

Guilherme Eler

**S**olos cobertos por musgos absorvem da atmosfera anualmente 6,43 bilhões de toneladas de carbono a mais do que ambientes terrestres não revestidos por esse tipo de vegetação. O valor, calculado por um estudo internacional publicado em maio na revista científica *Nature Geoscience*, equivale a mais de seis anos de todas as emissões globais de carbono associadas a mudanças no uso da terra, como a transformação de trechos de florestas em áreas agrícolas ou de pastagens. Como todos os vegetais, os musgos captam, por meio da fotossíntese, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e contri-



Os musgos foram uma das primeiras plantas a conquistar o ambiente terrestre, há quase 500 milhões de anos

parede celular. Por isso, eles não dispõem de partes lenhosas, rígidas. Os musgos foram uma das primeiras plantas a conquistar o ambiente terrestre, há quase 500 milhões de anos. São especialmente importantes nos lugares onde as plantas vasculares não sobrevivem e podem forrar o chão de florestas e campos, além de crescer no tronco de árvores e rochas. Hoje abrangem pelo menos 12 mil espécies vegetais, espalhadas por todos os continentes.

**O** estudo contou com a participação de 50 cientistas de todo o mundo, que forneceram amostras de musgos de climas tropicais, como do deserto da Austrália, e de zonas gélidas, como a Antártida. Foram analisados espécimes provenientes de áreas de florestas, campinas e pastagens, oriundos de ambientes silvestres e urbanos. Do Brasil, foram incluídas amostras de musgos apenas do Cerrado.

Os dados do trabalho reforçam a importância da preservação dos solos com musgos, ainda pouco investigados. “Dentro do cenário das mudanças climáticas globais, é necessário incentivar estudos com esse grupo de plantas, muito sensíveis a alterações em seu hábitat, e não apenas com as plantas vasculares”, diz o botânico Alberto Teixeira, da Universidade Complutense de Madri, um dos autores do artigo. Espanhol de nascimento, Teixeira viveu oito anos no Brasil, até julho do ano passado, período em que fez um estágio de pós-doutorado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e posteriormente trabalhou como professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Outro autor do trabalho ligado ao Brasil é o biólogo colombiano Gabriel Peñalosa-Bojacá, que fez doutorado na UFMG.

A ideia do estudo foi analisar solos revestidos por musgos e compará-los com regiões onde não há esse tipo de cobertura. Ao todo, os pesquisadores identificaram 24 contribuições diferentes que os musgos dão ao solo e a outras plantas. Esse tipo de vegetação, por exemplo, influencia o microclima de ecossistemas e ajuda a controlar a umidade e a temperatura. Além de diminuir a pressão sobre o aquecimento global, o carbono absorvido pelos musgos contribui para

o crescimento das plantas vizinhas. Em solos habitados por musgos, há maior concentração de nutrientes como nitrogênio, fósforo e magnésio, além de uma atividade enzimática mais alta.

Esses benefícios ocorrem porque os musgos, especialmente os do gênero *Sphagnum*, conseguem criar um ecossistema úmido e com matéria orgânica que é usada como morada por uma gama de micróbios, fungos e animais invertebrados. Tudo isso se reflete em uma maior circulação de nutrientes e decomposição de matéria orgânica de forma mais acelerada. Em solo com musgos, quando comparados a superfícies sem essa vegetação, também há menor erosão e menos patógenos responsáveis por causar doenças em plantas.

Segundo Teixeira, faltam dados consolidados sobre a importância dos musgos nos ecossistemas brasileiros. “Precisamos de mais experts no trabalho de descrever e identificar a fisiologia e a ecologia de musgos em diferentes ecossistemas, como na Amazônia”, comenta o espanhol. De acordo com o projeto Flora e Funga do Brasil, coordenado pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro, são conhecidas 896 espécies de musgos no país, boa parte delas com ocorrência em áreas de Mata Atlântica.

Embora reconheça que seja impressionante a estimativa da área global coberta por musgos, o botânico Denilson Fernandes Peralta, do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) do estado de São Paulo, aponta algumas limitações do novo estudo. “Espécimes de musgos de importantes biomas brasileiros, como a Mata Atlântica, a Amazônia e a Catinga, além da Patagônia sul-americana e da tundra do hemisfério Norte, não foram incluídos no trabalho”, comenta Peralta, especialista em plantas sem sementes, flores ou frutos que se reproduzem por esporos, como as briófitas. “Isso quer dizer que os dados do estudo podem estar subestimados e sujeitos a novas revisões.” Ainda assim, segundo ele, o levantamento apresentado no artigo é um dos mais importantes sobre a disseminação e os serviços ambientais prestados pelos musgos. ■

#### Artigo científico

ELDRIDGE, D. J. *et al.* The global contribution of soil mosses to ecosystem services. *Nature Geosciences*. v. 16. mai. 2023.

buem para diminuir o nível desse gás na atmosfera, principal responsável pelo aumento do efeito estufa, que provoca o aquecimento do clima global.

O trabalho, que contou com a participação de pesquisadores radicados no Brasil, também calculou a área do planeta ocupada por esse tipo de vegetação: 9,4 milhões de quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), território quase igual ao da China. Essa extensão foi projetada a partir da coleta de amostras de musgos de 123 ecossistemas de todos os continentes.

Ao contrário das chamadas plantas vasculares (árvores, arbustos, ervas e samambaias), os musgos são um tipo de vegetal, do grupo das briófitas, que não apresentam reforço de lignina em sua

NOVOS MATERIAIS

# LENTE ULTRAFINAS

Protótipos de metalentes desenvolvidos na USP de São Carlos (*círculos da placa de vidro*) controlam a passagem da luz com mais precisão que as lentes tradicionais

## Películas de silício podem combinar campo de visão amplo e alta resolução digital, embora a qualidade de imagens policromáticas ainda seja uma limitação

Sarah Schmidt

**U**ma nova geração de lentes está tomando forma nos laboratórios de universidades e empresas mundo afora. São as metalentes, películas de silício mil vezes mais finas que uma folha de papel, que têm a mesma função das lentes convencionais de vidro ou plástico, mas com um controle de luz muito mais preciso. À medida que avançarem, as também chamadas metassuperfícies ópticas poderão substituir as lentes de câmeras de celulares, microscópios, endoscópios (aparelhos médicos que geram imagens do interior do corpo), óculos de realidade virtual e telescópios.

Emiliano Rezende Martins, em colaboração com Ben-Hur Viana Borges, ambos engenheiros eletricitistas da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP), desenvolve protótipos de metalentes que combinam mais de uma propriedade óptica desejável, como um amplo campo de visão e foco apurado em uma mesma superfície, algo hoje feito somente com mais de uma lente de vidro ou de plástico.

Rezende Martins sabe que ainda precisa superar vários desafios para torná-las funcionais. Um dos principais é fazer com que o diâmetro das metalentes seja maior do que algumas centenas de micrômetros (1 micrômetro equivale a 1 milésimo de milímetro) e, ao mesmo tempo, foquem mais de uma cor sem que ocorra uma distorção da imagem, um fenômeno chamado aberração cromática. Nas lentes curvas convencionais, a aberração cromática pode ser controlada em-

pilhando mais de uma lente, como ocorre nas câmeras dos celulares.

Em parceria com pesquisadores chineses, o grupo de São Carlos explora uma alternativa para esse problema ao criar um protótipo de metalente que foca objetos em três cores, vermelho, verde e azul, o chamado padrão RGB (*red, green e blue*), que capta imagens digitais coloridas. O dispositivo foi projetado com a ajuda da equipe brasileira e fabricado na China, em razão do acesso a equipamentos.

Uma propriedade fundamental das lentes é a abertura numérica, que designa a razão entre o raio da região que capta a luz e a distância focal. Quanto maior a abertura, maior a resolução da lente. Para uma lente imersa no ar, a maior abertura numérica possível é 1. Um dos grandes desafios no campo das metalentes é alcançar grandes aberturas para lentes com grande diâmetro. O protótipo do grupo de São Carlos tem abertura numérica de 0,8, com apenas 1,8 micrômetro de espessura (aproximadamente 50 vezes menor que o diâmetro de um fio de cabelo), e diâmetro de 1 milímetro (mm), “10 vezes maior do que os protótipos a que outros grupos chegaram”, destaca Martins, um dos autores de um artigo publicado em maio de 2022 na revista *NanoLetters*.

Os resultados se devem a duas inovações do grupo. A primeira é que a metalente tem duas camadas, em vez de três, como as de outros grupos, o que tornaria sua fabricação um pouco menos complexa. Ela é composta de materiais e espessuras diferentes, de modo a facilitar o trajeto da



luz: uma de nitreto de silício em cima, de 600 nanômetros (nm; 1 nanômetro é a bilionésima parte do metro), e outra de silício cristalino, de 400 nm.

**A** segunda inovação foi adotar dois formatos diferentes de nanopostes – quadrados e circulares – em vez de apenas um tipo. Nanopostes são estruturas que controlam a passagem da luz, visíveis apenas em microscópios eletrônicos de varredura. Os nanopostes mais próximos do centro da metalente atrasam o avanço da luz e fazem com que ela chegue ao foco junto com a vinda da região periférica, que tem de andar mais.

“Imagine que a metalente é uma avenida plana”, compara Martins. “A luz que vai atravessá-la estaria dividida em carros com velocidades diferentes. Os nanopostes funcionam como barreiras que atrasam os mais velozes e depois os liberam, fazendo com que todos cheguem ao mesmo tempo no lugar desejado.”

É o mesmo princípio das lentes convencionais, que, de acordo com o material e a curvatura, fazem os raios de luz vindos de várias regiões da lente se encontrarem no mesmo ponto e formarem o foco da imagem. Os nanopostes controlam a luz com precisão por serem das mesmas dimensões ou até menores que os comprimentos das ondas luminosas. Dependendo da aplicação, poderiam modificar, de maneiras diferentes, as propriedades da onda. “Também aumentamos o número de nanopostes e, desse modo, combinamos o atraso das ondas em três cores diferentes”, explica Martins.

Segundo ele, como as camadas das metalentes são geralmente esculpidas nas superfícies de silício por uma técnica chamada litografia de feixes

Modelo de metalente feito de plástico, com 20 cm de diâmetro, usado para estudar o efeito dos nanopostes (em lilás) sobre ondas eletromagnéticas

de elétrons, empilhar mais de uma camada requer muita precisão e dificilmente poderia ser um processo automatizado. O mais simples é fazer metalentes com uma única camada, algo que, por ora, só é possível para lentes que focam apenas uma cor.

“O grupo de São Carlos conseguiu um bom resultado para as três bandas de cores que cobrem praticamente todo o espectro visível da luz em uma área relativamente grande, comparada ao que já existia”, diz o engenheiro eletricista Hugo Enrique Hernández Figueroa, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que não participou do estudo.

Em outro projeto, o grupo de São Carlos criou um protótipo de uma metalente monocromática, com uma camada de silício. Essa lente pode gerar imagens de alta resolução, apenas na cor verde, com um campo de visão baixo ou, inversamente, com baixa resolução e alto campo de visão.

“As metalentes conseguem combinar duas ou mais funções de forma única por causa do controle fino sobre as propriedades da luz”, diz o engenheiro eletricista Augusto Martins, primeiro autor de um artigo de março de 2022 na revista *Advanced Optical Materials*. Ele passou parte de seu doutorado, concluído em 2021 na EESC-USP, na Universidade de York, no Reino Unido, onde construiu o protótipo dessa metalente. Por sua tese, ganhou o Prêmio Capes 2022 na área de engenharia IV.

O formato original dos nanopostes – nesse caso, elípticos – permitiu à metalente oscilar entre o maior campo de visão ou melhor foco e

## PROJETORES PARA RECONHECIMENTO FACIAL

Criada pelo físico italo-americano Federico Capasso, da Universidade Harvard, um dos principais especialistas em metassuperfícies ópticas, a startup Metalenz, sediada em Boston, nos Estados Unidos, anunciou em maio de 2021 em seu site o lançamento de uma família de projetores para reconhecimento facial em celulares, entre outras aplicações.

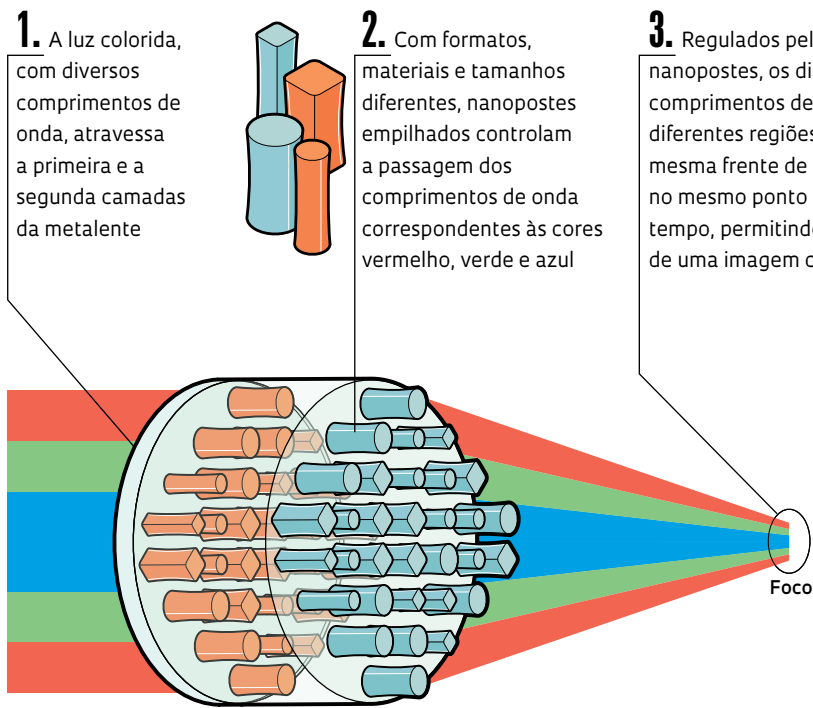
Nos projetores, uma única metalente substitui até seis peças ópticas, entre elas quatro lentes refrativas convencionais que alinham a luz em infravermelho emitida para reconhecer os rostos. “O que a empresa de Capasso anunciou é um exemplo extremo do que as metalentes podem fazer: integrar diversos elementos ópticos em uma única película”, comentou Martins.

Em setembro de 2022, a Metalenz divulgou uma parceria com a STMicroelectronics, que produz semicondutores em Genebra, na Suíça, para fabricar sistemas de sensores de detecção para reconhecimento facial em smartphones. As metalentes deverão ser fabricadas em discos de silício com os outros componentes eletrônicos em uma única linha de produção.



# PELÍCULAS QUE CONTROLAM A LUZ

As duas camadas e os tipos diferentes de nanopostes regulam a passagem de comprimentos de onda correspondentes às cores vermelho, verde e azul



FONTE FENG, W. ET AL. NANO LETTERS. 2022

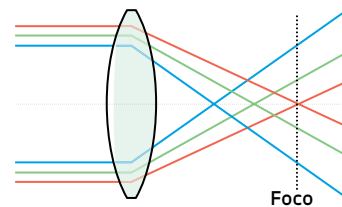
resolução, como resultado do uso de um filtro (ou polarizador) para cada caso. Uma das aplicações possíveis seria o endoscópio, que poderia ser regulado para retratar detalhes do interior do organismo examinado. Segundo Rezende Martins, um dos autores do estudo, esses aparelhos poderiam ser bem menores que os atuais se pudessem agregar uma única película de metalente.

**H**á também metalentes para aparelhos maiores. Em dezembro de 2022 na *NanoLetters*, pesquisadores da Universidade da Pensilvânia, nos Estados Unidos, apresentaram uma imagem monocromática das estruturas da Lua obtida com o protótipo de um telescópio com objetiva, que amplia a imagem, constituída por uma única lente ultrafina de 8 cm de diâmetro, que foca apenas em um comprimento de onda, o infravermelho.

“As aplicações das metalentes que exigem apenas uma cor, usadas para detecção 3D do ambiente, como as câmeras de reconhecimento facial ou de carros autônomos, devem avançar mais rapida-

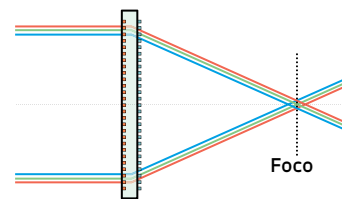
## LENTE CONVENCIONAL BICONVEXA CONVERGENTE

A espessura e a curvatura do material regulam a passagem dos raios de luz, que convergem e formam o foco da imagem. Cores diferentes avançam com velocidades distintas no vidro e convergem para pontos diferentes; os raios azuis convergem antes do vermelho. Por isso, para evitar distorções cromáticas, é necessário combinar duas ou mais lentes



## METALENTE

As películas de silício têm a mesma função das lentes convencionais de vidro ou plástico, mas com um controle de luz muito mais preciso



mente do que as que requerem várias cores, como as fotográficas dos celulares”, comenta Augusto Martins. “As metalentes de camada única poderiam ser feitas com o mesmo processo de fabricação de dispositivos eletrônicos, o que permitiria que fossem integradas mais facilmente aos aparelhos eletrônicos”, acrescenta Rezende Martins.

“As metalentes são uma evolução das lentes convencionais”, observa o físico Jarbas Caiado de Castro Neto, do Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da USP, que não participou dos estudos da EESC. “Caso as pesquisas nessa área avancem, uma das principais vantagens será a redução expressiva nos custos de produção dos dispositivos eletrônicos, conforme várias lentes possam ser substituídas por uma película.” Castro Neto é um dos sócios-fundadores da empresa Opto Eletrônica, com sede na cidade do interior paulista, que desenvolve componentes e instrumentos ópticos para os ramos médico, industrial e aeroespacial. ■

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

ENERGIA

# A FORÇA DO SAL

Equipamento para teste de carga e descarga de bateria de íon de sódio do tipo moeda

## Pesquisadores preparam o primeiro protótipo de bateria de sódio brasileira, que pode ser uma alternativa aos módulos de armazenamento de lítio

**Domingos Zaparoli**

**E**lemento químico abundante na natureza, o sódio (Na) é encontrado na água do mar e em reservas salinas em todos os continentes. Especialistas avaliam que a substância pode constituir uma alternativa importante no processo de armazenamento de energia, com potencial de substituir em até 25% o espaço ocupado hoje pelas baterias de lítio, que equipam carros elétricos, drones, smartphones, notebooks, tablets e outros aparelhos eletrônicos.

Uma equipe da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Estadual de Campinas (Feec-Unicamp) trabalha no desenvolvimento do primeiro protótipo de uma bateria de sódio brasileira. Hoje apenas fabricantes chineses oferecem baterias comerciais com a tecnologia e os primeiros veículos elétricos com esses módulos estão previstos para chegar ao mercado ainda este ano.

O projeto brasileiro é desenvolvido no âmbito do Centro de Inovação em Novas Energias (Cine), um Centro de Pesquisa em Engenharia (CPE) apoiado pela FAPESP e a companhia anglo-holandesa Shell. “Já temos capacidade de desenvolver a tecnologia e produzir os primeiros protótipos”, afirma o físico Hudson Zanin, professor da Feec-Unicamp e líder do projeto de pesquisa.

Em conjunto com colegas da empresa catarinense WEG, especializada na fabricação de motores elétricos, os pesquisadores da Unicamp submeteram recentemente uma proposta de projeto ao programa federal Rota 2030, de incentivo

à inovação na cadeia produtiva automotiva. A proposta tem como objetivo o desenvolvimento e a produção de baterias de sódio de 1 ampère-hora (Ah), com módulos de armazenamento energético de 1,2 quilowatt-hora (kWh), adequadas para equipar carros elétricos híbridos. Esses veículos são abastecidos com combustíveis líquidos, como gasolina e etanol, e contam com um propulsor elétrico complementar energizado pelo próprio motor a combustão.

As tecnologias das baterias de sódio e de lítio, explica Zanin, são muito parecidas. Em ambas, os íons (conjunto de átomos dotados de carga elétrica) executam a tarefa de transportar e estocar elétrons durante os processos de carga e descarga de energia. Para isso, os íons penetram a estrutura dos eletrodos, que são constituídos por um polo positivo, o cátodo, e um polo negativo, o ânodo.

A diferença é que o íon de sódio é maior do que o íon de lítio e, assim, tem mais dificuldade para penetrar a estrutura dos eletrodos. Isso exige o desenvolvimento de eletrodos que facilitem essa operação. “Nas baterias de lítio, o ânodo é feito de grafite; nas baterias de sódio, por outra estrutura de carbono. Uma usa cátodos à base de lítio e a outra de sódio”, detalha Zanin.

Em agosto de 2022, a equipe da Unicamp publicou artigo no *Journal of Energy Storage* demonstrando o potencial de uso de um novo material, formado por nanotubos de carbono com nanopartículas de pentóxido de nióbio, na construção dos eletrodos, aumentando a capacidade e a velocidade de transporte e estocagem de cargas elétricas dos íons de sódio. O estudo avaliou

eletrodos de sódio utilizados em baterias e em supercapacitores, que são dispositivos eletrônicos utilizados para o armazenamento de energia.

A pesquisa foi realizada durante o doutorado em engenharia elétrica da engenheira da computação Carla Martins Real, sob orientação de Zanin, e teve a participação de pesquisadores da Universidade Estadual do Kansas, nos Estados Unidos, e das universidades federais de Mato Grosso (UFMT) e dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Minas Gerais.

**A**s baterias de lítio são consideradas hoje a tecnologia mais eficiente para compactar energia (ver Pesquisa FAPESP nº 285). Em um mesmo volume físico, são capazes de carregar 30% mais energia do que uma bateria de sódio. Além disso, são mais duráveis por terem melhor ciclabilidade, ou seja, realizam um número maior de ciclos de carga e descarga de energia. Enquanto uma bateria de lítio realiza 12 mil ciclos durante sua vida útil, as baterias de sódio, por ora, não chegam a 4 mil ciclos.

Zanin pondera, no entanto, que os módulos de sódio apresentam vantagens competitivas relevantes que podem impulsionar seu uso nos próximos anos. “O sódio é um insumo acessível e disponível em qualquer país. Seu refino em larga escala proporcionará maior viabilidade econômica à bateria de sódio quando comparada à de lítio, que enfrentará fortes demandas de mercado”, afirma.

O lítio é um minério com reservas conhecidas limitadas e ocorrência restrita a poucos países, como Bolívia, Chile, Argentina, Portugal e Austrália. No Brasil, a única reserva comercialmente viável

conhecida está no Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais. De acordo com estimativa de 2021 da Agência Internacional de Energia (IEA), o consumo de lítio deverá aumentar 75 vezes até 2050.

A consultoria global Benchmark Mineral Intelligence calcula que será necessária a abertura de 59 novas minas de lítio apenas para atender as demandas esperadas até 2035. “Como não haverá lítio para todos, o sódio pode ser uma alternativa”, diz Zanin.

Outro problema do lítio, detalha o pesquisador, é que o processo de refino do minério para alcançar o grau adequado para o uso em baterias consome muita energia. Quando as fontes energéticas utilizadas não são renováveis, destaca, o processo produtivo apresenta grande impacto ambiental. “A extração e o processamento do sódio, ao contrário, têm baixíssima pegada de carbono”, compara.

Mesmo com essas vantagens, o químico especialista em materiais eletroativos Roberto Manuel Torresi, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP), avalia que as baterias de sódio não deverão substituir os módulos de armazenamento de lítio, mas ocupar nichos de mercado distintos.

Segundo ele, as baterias de lítio, por sua densidade, tendem a predominar em eletroeletrônicos leves. A tecnologia que usa sódio deve ser aplicada

## AS BATERIAS DE SÓDIO DEVERÃO OCUPAR NICHOS DE MERCADO ESPECÍFICOS, COMO O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EÓLICA E SOLAR



Anna Peluso, mestranda na Unicamp, trabalha na montagem da bateria de sódio

# PARA NÃO PEGAR FOGO

Aditivo desenvolvido no país pretende evitar que baterias inflamem

Uma característica indesejada das baterias é serem inflamáveis. Choques, perfurações e superaquecimento geram riscos para a segurança dos usuários de smartphones, notebooks e veículos elétricos. Um aditivo capaz de evitar que esses equipamentos inflamem foi desenvolvido pelos pesquisadores do Cine, centro apoiado por FAPESP e Shell.

“O aditivo é um polímero que, acrescentado ao eletrólito da bateria, evita o fogo”, descreve o físico Hudson Zanin, da Feec-Unicamp. A receita do polímero utilizado é mantida em segredo, pois a tecnologia está em fase de análise de patenteamento no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

O eletrólito é uma substância geralmente líquida responsável por conduzir os íons elétricos entre os dois polos (cátodo e ânodo) de uma bateria. Ele costuma ser produzido a partir de hidrocarbonetos fósseis, obtidos no processo de refino do petróleo. Por isso é um elemento inflamável.

“A inovação criada por nosso grupo utiliza eletrólitos convencionais nos quais são acrescentados o aditivo que plastifica e une suas moléculas evitando um possível incêndio no equipamento”, explica Zanin. Em testes realizados na Unicamp, baterias com o aditivo foram cortadas, perfuradas e expostas ao fogo e não incendiaram ou explodiram.

O aditivo, segundo o pesquisador, terá uma participação muito pequena na formulação do eletrólito. Como o polímero utilizado em sua fabricação é barato e acessível, a eventual aplicação dessa tecnologia não deverá ter um impacto significativo no custo final da bateria ou dos supercapacitores, dispositivos eletrônicos que também são utilizados para o armazenamento de energia.

A startup paulista Brenergies Solutions, spin-off da Feec-Unicamp formada por professores e alunos da instituição, deverá ser a responsável por disponibilizar o aditivo ao mercado. Ainda não há um prazo previsto.



Protótipo de bateria criado pelo grupo de Campinas é cortado sem que incendeie

A busca mundial por tecnologias para evitar que baterias incendeiem gerou seu primeiro produto em 2021, com o lançamento de uma bateria de lítio-ferro-fosfato menos inflamável criada pela fabricante chinesa de veículos elétricos BYD. A nova bateria passou por condições extremas de testes, sendo perfurada, triturada e aquecida em forno a 300 graus Celsius sem registrar incêndios ou explosões. O módulo já equipa alguns veículos da BYD.

nas baterias estacionárias, aquelas utilizadas em sistemas de segurança energética nos data centers e caixas eletrônicos ou no armazenamento de energia eólica e solar fotovoltaica, reduzindo as intermitências no fornecimento de eletricidade geradas pela falta de vento e sol. “Ou seja, as baterias de sódio são interessantes, mas destinadas a aplicações específicas”, diz Torresi.

## MOBILIDADE ELÉTRICA

Zanin, no entanto, vê potencial também na mobilidade elétrica. Em um primeiro momento, sua expectativa é de que a tecnologia seja empregada em veículos de grande porte, como ônibus, caminhões, trens e navios.

Na China, fabricantes de automóveis anunciaram que preparam o lançamento ainda este ano de carros elétricos com baterias de íons de sódio. A BYD, que também produz baterias, utilizará tecnologia própria e a Chery usará módulos projetados pela fabricante chinesa de baterias CATL. Desde fevereiro, um modelo elétrico da Jac Motors roda em fase de testes com um sistema criado pela HiNa Battery.

A montadora francesa Renault, que mantém parceria com a chinesa Jiangling Motors Electric Vehicle (JMEV), anunciou para o segundo semestre o lançamento de seu primeiro veículo

com bateria de sódio, com tecnologia fornecida pela chinesa Farasis Energy. “A abundância da oferta de sódio em praticamente todos os países”, vaticina Zanin, “permitirá o surgimento de várias tecnologias de armazenamento de energia e diferentes processos produtivos ao redor do mundo”.

Para Flávia Consoni, fundadora e coordenadora do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (Leve), sediado no Instituto de Geociências (IG) da Unicamp, a bateria continua sendo o grande gargalo para a expansão da mobilidade elétrica em função da demanda crescente por recursos naturais e os impactos ambientais e sociais decorrentes da mineração. Por isso, são sempre bem-vindas e necessárias as iniciativas que investigam o uso de outros minerais, para além do lítio. “A bateria de sódio já é uma realidade para aplicações estacionárias. Ela tem potencial para outras finalidades, mas ainda é uma perspectiva de futuro. Apesar dos avanços recentes, existem questões relacionadas à tecnologia, tais como ampliar sua densidade energética. São aspectos que precisam ser equacionados, sobretudo pensando em aplicações que demandam alta densidade de energia.” ■

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

MUSEOLOGIA



# MEMÓRIAS EXTRAVIADAS

## Pela primeira vez, Brasil passa a integrar comitê da Unesco responsável por combater tráfico de bens culturais

Christina Queiroz

**E**m 2004, duas pessoas fingiram ser pesquisadoras e consultaram, em diversas ocasiões, obras iconográficas do acervo da Biblioteca Nacional (BN), no Rio de Janeiro, e furtaram mais de 100 páginas de álbuns de gravuras. No ano seguinte, durante uma greve de três meses na instituição, livros de fotografias e desenhos também foram extraviados. Os crimes nunca foram totalmente solucionados pela polícia, apesar de parte dos objetos ter sido recuperada em casas de leilões e coleções particulares. O furto do acervo da BN faz parte de uma engrenagem bilionária: o comércio ilícito de bens culturais. O projeto “NETwork and digital platform for cultural heritage enhancing and rebuilding”, financiado pela União Europeia, estima que esse crime é responsável por movimentar entre US\$ 3 bilhões e US\$ 15 bilhões por ano no mundo. No final de maio, por causa de seu crescente interesse em debates e ações relacionados à proteção do patrimônio cultural, o Brasil passou a integrar, pela primeira vez, o Comitê Subsidiário da Convenção de 1970 da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), considerado um dos principais instrumentos jurídicos internacionais para a proteção de bens culturais. Composto por representantes de 18 países, eleitos para mandatos de quatro anos, o Comitê é o órgão executivo da Convenção de 1970, encarregado de sua implementação e monitoramento.

Nos últimos 10 anos, discussões realizadas no âmbito da Unesco buscaram estabelecer parâmetros éticos para o mercado internacional de bens culturais. “O objetivo tem sido encontrar definições comuns sobre que tipo de objeto com valor histórico pode ou não ser comercializado por casas de leilão e colecionadores”, conta o historiador Bruno Zetola, diplomata do Itama-

raty responsável por temas culturais na delegação do Brasil na Unesco. Em um debate marcado por posições polarizadas, nações como o México adotam postura radical e sustentam que a venda de antiguidades é prática antiética por natureza. Os mexicanos consideram que atestados de proveniência emitidos por casas de leilão são insuficientes para garantir a venda legal de bens, na medida em que as peças podem ter sido furtadas de seu território de origem em algum momento do processo de comercialização. “Nesse debate, o Brasil tem se destacado por adotar postura moderada, defendendo que o combate ao tráfico de bens culturais não é incompatível com o mercado de artes e antiguidades”, prossegue o diplomata. Além disso, segundo Zetola, enquanto países europeus tendem a desvincular ações voltadas ao combate do comércio ilícito de outras relacionadas à repatriação de bens, o Brasil pensa estratégias para abordar em conjunto ambos os problemas. “Essas duas posições colaboraram para a entrada do país no Comitê da Convenção de 1970”, analisa o diplomata. Segundo ele, a Unesco tem, no total, cinco comitês para proteger o patrimônio cultural da humanidade.

Hoje, fósseis são os bens culturais mais furtados no Brasil (*ver Pesquisa FAPESP nº 301*), assim como objetos sacros, livros e documentos antigos e raros, de acordo com Zetola. “Em geral, fósseis são extraviados para outras nações por causa de interesses científicos, enquanto páginas de livros e documentos raros podem ser vendidos a preços elevados em leilões. Nenhum desses materiais costuma estar inventariado e oferece fácil manuseio, o que dificulta o controle de furtos e vendas ilegais”, afirma o diplomata. Ele explica que para serem protegidos pela Convenção, é preciso que os bens sejam inventariados por alguma instituição cultural, museológica ou de pesquisa, o que não acontece, por exemplo, com

Máscara da etnia Tapirapé, feita com penas de araras, é um dos bens culturais visados por criminosos

fósseis extraídos ilegalmente de sítios arqueológicos. Apesar disso, a jurista Anauene Dias Soares, perita de obras de arte credenciada pela Receita Federal do Brasil, esclarece que fósseis têm proteção prevista pelos artigos 215 e 216 da Constituição Federal. “Fósseis são bens públicos e, portanto, inalienáveis, não podem estar sob posse ou propriedade de nenhum outro Estado que não o Brasil”, explica.

A Convenção de 1970 se aplica a elementos retirados de seus locais de origem a partir desse ano, não atuando de forma retroativa para abarcar anos precedentes. “Para países que foram colonizados, essa é uma situação complexa”, analisa o diplomata. Isso porque a Convenção não abrange a transferência de propriedade de inúmeros objetos da cultura material indígena, africana e asiática extraídos em contextos coloniais (ver Pesquisa FAPESP nº 295). Esse é o caso, por exemplo, dos únicos seis mantos tupinambás do

século XVI que foram preservados. Cobiçadas por instituições museológicas, as peças estão, atualmente, em museus na Dinamarca, Alemanha, França, Itália, Bélgica e Suíça.

**A** pesar de não derivar de um tratado internacional, como a Convenção de 1970, o Comitê Intergovernamental para a Promoção do Retorno do Patrimônio Cultural aos seus Países de Origem, criado em 1978, apoia os Estados-membros na solução de controvérsias envolvendo casos de retorno ou restituição de bens culturais. “O órgão trata de objetos culturais perdidos como resultado de ocupação estrangeira ou colonial, ou após um furto cometido antes da entrada em vigor da Convenção de 1970. Sua missão consiste em oferecer recomendações e facilitar negociações entre países e incentivá-los a celebrar acordos”, informa Isabel de Paula, coordenadora de Cultura da Unesco no Brasil. A partir de ações desse comitê, por exemplo, em janeiro de 2020, a Alemanha devolveu a pedra Kueka à Venezuela, considerada sagrada pela comunidade indígena Pemón. O objeto foi levado a Berlim antes de 1970 para ser exposto em uma mostra e não retornou ao país latino-americano. Desde 1998, era exibido no parque Tiergarten, na capital alemã. “Além de instrumentos normativos multilaterais, os países costumam promulgar legislações nacionais ou estabelecer acordos bilaterais, com foco na atuação conjunta para combater o comércio ilícito. O Brasil, por exemplo, mantém acordos bilaterais com países como a Espanha, o Peru e a Bolívia”, informa Paula.

O Brasil ocupa o 26º lugar na lista de nações com maiores índices de roubos e baixa taxa de recuperação desses itens. Além de aduana,

Manto tupinambá exposto no Museu Nacional da Dinamarca (1). Objetos de arte sacra africana, como a escultura de Xangô (2), urnas marajoaras (3) e fósseis (4) são alvos do comércio ilegal no Brasil



1



2

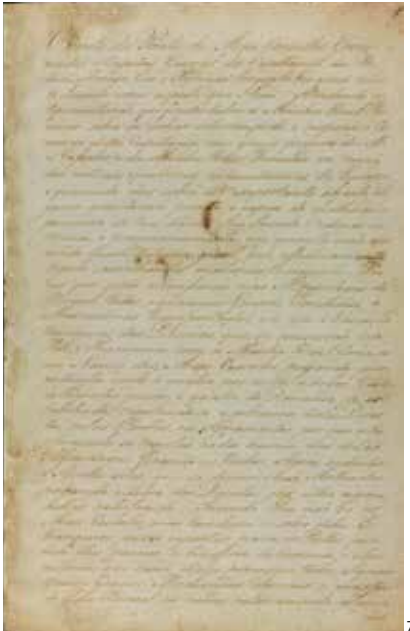
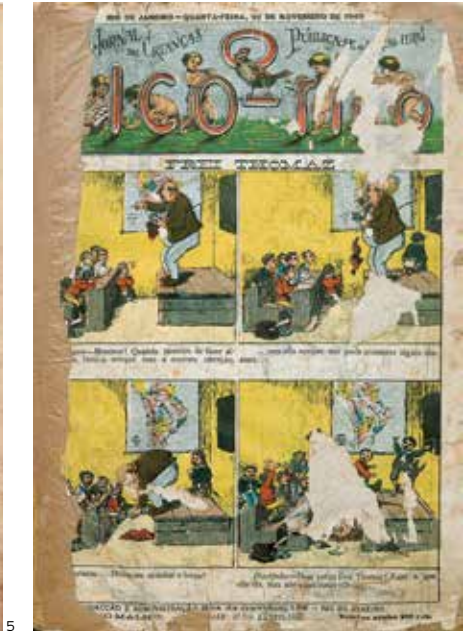


3



4





Obras raras do acervo da Biblioteca Nacional: exemplar impresso em 1462 da *Bíblia de Mogúncia* (à esq.), primeira edição da revista em quadrinhos *O Tico-Tico*, de 1905, e *Carta de abertura dos portos*, de 1808

Ministério Público e Marinha, dois órgãos públicos são os principais responsáveis por autorizar e fiscalizar a circulação de objetos culturais: o Instituto Brasileiro de Museus (Ibram) para obras de arte musealizadas, isto é, que integram acervos de museus e que foram produzidas ou introduzidas no Brasil até 1889; e o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) para peças arqueológicas, obras de arte, documentos e livros produzidos ou introduzidos no Brasil até 1889. No caso de bens paleontológicos, Hermínio Ismael de Araújo Júnior, presidente da Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP), esclarece que, atualmente, nenhum órgão brasileiro fiscaliza a circulação e o transporte dessas peças no país. “Essa é uma de nossas fragilidades legais”, afirma. De acordo com ele, pesquisas científicas e trabalhos de campo realizados com fósseis no Brasil devem ser comunicados à Agência Nacional de Mineração (ANM). Em relação ao perfil de peças que ficam sob sua responsabilidade, o Iphan registra, atualmente, o desaparecimento de 1,7 mil itens, sendo que objetos sacros, como crucifixos e coroas, representam a maioria deles e respondem por 48% do volume total.

A lista de peças extraviadas, no entanto, pode ser bem maior. A bibliotecária Daniela Eugênia Moura de Albuquerque, que faz doutorado em ciência da informação na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), explica que o Iphan contabiliza apenas bens tombados em seu inventário de peças extraviadas. “Além disso, seu banco de dados não é atualizado desde 2018 e registra lacunas no preenchimento de metadados fundamentais à identificação de objetos perdidos, entre eles peso, altura e autoria de alguns bens culturais”, afirma a pesquisadora. Em sua pesquisa, Albuquerque constatou que, dos bens desaparecidos inventariados pelo Iphan, 131 deles foram recuperados desde 1990, sendo a maioria arte sacra do Rio de Janeiro, Pernambuco, Minas Gerais e Ceará. “Apenas oito estados foram contemplados com esses resgates”, diz.

Peças de arte sacra roubadas de igrejas históricas mineiras recuperadas pela Polícia Civil (abaixo, à dir.)

Outro problema é a falta de conhecimento da sociedade sobre a importância de se preservar o patrimônio cultural, na apreciação de Albuquerque. “Quando as pessoas têm consciência da relevância de peças extraviadas, se mobilizam. Isso ajuda a coibir furtos e colabora com a devolução de bens pilhados”, sustenta. Em sua pesquisa de doutorado, ela analisa o caso da Igreja Matriz de Nossa Senhora Rainha dos Anjos, em Petrolina (PE), construída entre 1858 e 1860 e que originou o assentamento urbano do município. A igreja contava com uma imagem de Nossa Senhora Rainha dos Anjos, padroeira da cidade, furtada em 1970. “O acontecimento gerou uma grande comoção social, motivando autoridades políticas e policiais a investirem na busca pela imagem da santa”, conta a pesquisadora. A



igreja, inclusive, chegou a produzir uma réplica para tentar aplacar o desalento da população, mas as pessoas não se conformaram e a pressão popular prosseguiu. Em 1980, a imagem foi encontrada com um colecionador particular em Alagoas, que alegou desconhecer sua origem ilícita, mas foi detido e investigado.

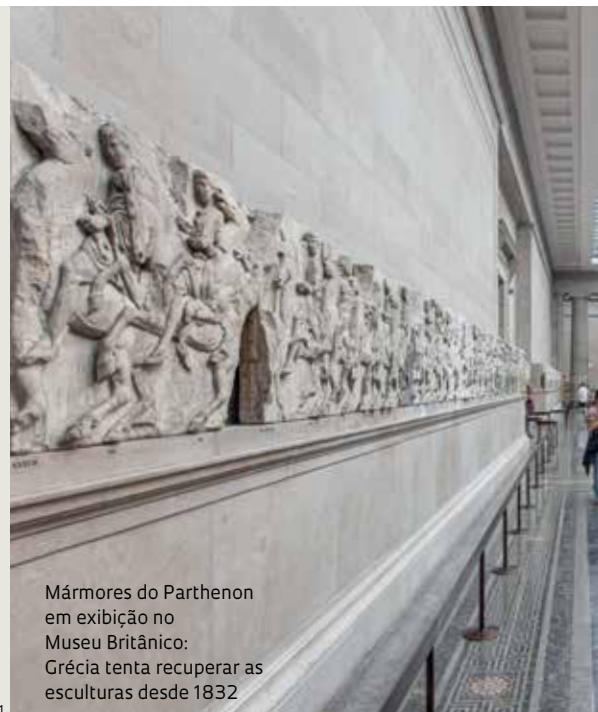
**N**o Brasil, um dos primeiros registros de obra desaparecida envolve o acervo da BN. Depositária do patrimônio bibliográfico e documental do país, a instituição foi criada a partir da coleção da Real Biblioteca de Portugal e, hoje, conta com mais de 9 milhões de peças. O biblioteconomista Alex da Silveira, coordenador da Fundação Biblioteca Nacional (FBN), identificou que em 1884 o frei Camilo de Montserrat (1818-1870), um dos primeiros diretores da BN, registrou o desaparecimento da primeira edição da obra *Marília de Dirceu*, escrita pelo poeta Tomás Antônio Gonzaga (1744-1810). O livro foi impresso em Lisboa, em 1792. A coleção da BN, que abrange raridades como a *Bíblia de Mogúncia* – exemplar impresso em 1462 por Johann Gutemberg (1400-1468) –, é visada por colecionadores e comerciantes de obras de arte desde sempre. “Todo nosso acervo está sujeito à cobiça de um tipo de colecionador. Por exemplo, as primeiras edições de revistas em quadrinhos interessam a um perfil específico de comprador, enquanto livros raros, tiragens especiais, material cartográfico e documentos manuscritos podem ser comercializados em casas de leilões pelo mundo afora”, informa.

Em relação aos furtos registrados em 2004 e 2005, narrados no começo desta reportagem, Silveira relata que parte do acervo fotográfico que segue perdido integrava a coleção da imperatriz Thereza Christina (1822-1889), doada pelo imperador dom Pedro II (1825-1891) e nominada pela Unesco como Memória do Mundo (ver Pesquisa FAPESP n° 294). Itens escolhidos para integrar esse programa da Unesco são considerados patrimônio da humanidade. A conscientização sobre a gravidade dos acontecimentos motivou a instituição a atuar de forma mais próxima da Polícia Federal. O trabalho conjunto permitiu reaver alguns dos objetos furtados, entre eles desenhos dos artistas alemães Friedrich Hagedorn (1814-1889) e Johann Moritz Rugendas (1802-1858) e do pintor e desenhista brasileiro José Wash Rodrigues (1891-1957), identificados no pregão do leiloeiro Leone (1934- -2016), assim como gravuras de Emil Bauch (1823-1874), Louis Buvelot (1814-1888), Gustave Moreau (1826-1898) e desenhos de Franz Keller-Leuzinger (1835-1890). Os desenhos de Keller e uma gravura de Moreau estavam na coleção Brasileira do Itaú Cultural, em São Paulo. As obras foram localizadas a partir de cartas escritas em 2017 por Laércio Oliveira, conhecido como “o maior ladrão de livros raros do Brasil”, em que confessava o furto. Vendidas para o colecionador Ruy Souza e Silva, as peças foram posteriormente compradas pelo Itaú Cultural. Preso em diversas ocasiões, a história de Oliveira está contada no documentário *Cartas para um ladrão de livros* (2018), dirigido por Carlos Juliano Barros e Caio Cavechini.

Aquarela de Franz Keller-Leuzinger (ao lado, acima) e trabalho assinado pelo desenhista Emil Bauch e o gravador Federico Kaus foram furtados da Biblioteca Nacional

## PILHAGEM HISTÓRICA

O comércio de bens culturais não é um fenômeno novo. O historiador Rodrigo Christofoletti, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), recorda daquele que é considerado um dos casos mais emblemáticos de apropriação indevida de artefatos de uma cultura por outra: a história dos Mármore do Parthenon. No começo do século XIX, a coleção de esculturas gregas com mais de 2,5 mil anos de antiguidade foi pilhada por Thomas Bruce, o lorde Elgin (1776-1841), à época embaixador britânico em Constantinopla, e levada à Grã-Bretanha. Hoje, eles fazem parte do acervo do Museu Britânico, mas desde 1832 a Grécia exige a sua devolução. Durante décadas, o governo britânico justificou-se, afirmando que a Grécia não dispunha de local adequado para armazenar as peças, que representam mais da metade das esculturas preservadas da decoração do Parthenon, na Acrópole de Atenas. Para responder a essa alegação, em 2009, após uma reforma, o Museu da Acrópole de Atenas foi reinaugurado e reservou uma ampla sala para abrigar as esculturas. Mesmo assim, no começo de 2023, autoridades britânicas negaram novo pedido feito pelo governo grego, com a justificativa de que sua legislação proíbe a devolução de tesouros da Antiguidade a lugares de origem. Bruno Zetola, diplomata do Itamaraty responsável por temas culturais na delegação do Brasil na Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), relata que as negociações foram retomadas recentemente e, agora, “há uma expectativa de que as partes consigam promover o retorno dos mármore à Grécia”.



Mármore do Parthenon em exibição no Museu Britânico: Grécia tenta recuperar as esculturas desde 1832



2



3

FOTOS 1 NICOLAS ECONOMOU / IURPHOTO VIA GETTY IMAGES 2 E 3 BIBLIOTECA NACIONAL



**F**urtos e roubos de objetos em espaços de preservação públicos e privados, saque de artefatos e obras de arte durante conflitos armados e ocupações militares, exportação e importação ilícita de artefatos e tráfico de bens culturais autênticos ou falsificados são considerados uma das principais atividades de comércio ilegal, comparáveis às vendas de drogas e armas. Em 2020, a Organização Internacional de Polícia Criminal (Interpol) apreendeu mais de 854 mil objetos culturais que circulavam ilegalmente pelo mundo, incluindo peças numismáticas (moedas, dinheiro e medalhas), pinturas, esculturas, itens arqueológicos e bens bibliográficos. Mais da metade desses itens foram identificados na Europa. De 2019 a 2020, a Interpol detectou, ainda, um aumento em escavações ilícitas realizadas na África (32%), nas Américas (187%) e, principalmente, na Ásia e no Pacífico Sul (3.812%). “Esses roubos estão causando a dilapidação do patrimônio cultural no mundo, incluindo o Brasil”, alerta o historiador Rodrigo Christofolletti, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Ele esclarece que bens culturais podem ser traficados por quadrilhas conhecedoras do mercado das artes, mas também por comunidades que dependem da venda de itens obtidos em escavações ilegais para sobreviver.

Um terceiro perfil envolve as máfias e organizações terroristas, que negociam esses objetos para lavar dinheiro ou financiar atividades criminosas.

De acordo com o livro de 2020 da Unesco, o Estado Islâmico começou a utilizar redes sociais como Facebook em 2011 para comercializar objetos pilhados na Síria e no Iraque e, assim, financiar a expansão de suas atividades. Por causa desse tipo de prática, a rede social vetou em 2020 a negociação de artefatos históricos por meio de sua plataforma. Criada em 2017, a Resolução nº 2.347 do Conselho de Segurança da ONU reconheceu formalmente a associação entre terrorismo e tráfico de bens culturais.

“O destino de boa parte de bens traficados costuma ser os grandes mercados de arte de países ocidentais, principalmente Estados Unidos e nações da Europa”, afirma Paula, da Unesco. Segundo ela, algumas regiões de renda média, como Brasil, México e Turquia, podem ser tanto fonte quanto destino dos bens, por causa da presença de um número razoável de colecionadores e comerciantes. Além disso, muitas vezes, esses locais também constituem rota de passagem entre países de origem e destino. “Bens pilhados podem ser vendidos para colecionadores privados. Porém, muitas vezes, acabam sendo adquiridos de forma inadvertida por instituições culturais e de pesquisa, o que tem gerado diversos acordos de retorno e restituição às instituições ou países de origem”, afirma Paula. Esse é o caso, por exemplo, das obras roubadas identificadas no acervo do Itaú Cultural. Elas foram devolvidas à BN, depois da comprovação de sua origem ilícita.

A partir de levantamento inédito sobre o Brasil realizado pelo Conselho Internacional de Museus (Icom), foi elaborada uma Lista Vermelha, ou *Red List*, que elenca os tipos de objetos com maior risco de tráfico, por meio de uma catalogação com fotos e detalhes de cada um deles (*ver “Lista pioneira busca coibir tráfico ilícito de bens culturais no Brasil”, disponível no site*). Arte sacra, fósseis, mapas, livros raros e peças etnográficas são os itens mais visados, segundo Soares, da Receita Federal do Brasil e uma das autoras do trabalho. A jurista, que faz doutorado na Universidade de Brasília (UnB), explica que as peças são incorporadas na *Red List* a partir de algumas especificações. “Elas precisam ser visadas em mercados internacionais e contar com amparo legal de proteção internacional e no Brasil, além de correrem risco de comércio ilícito”, detalha. O Icom publica listas vermelhas desde 2000, mapeando categorias de bens culturais ameaçados em todo o mundo. Uma das novidades da edição brasileira, segundo a jurista, são os bens bibliográficos, etnográficos e os objetos de arte sacra africana. “Quando bens culturais são extraviados, parte da herança cultural de países também se perde”, finaliza Soares. ■

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

# A LÍNGUA SEM GRAVATA

No livro *Latim em pó*, pesquisador reconstitui a formação do português para defender a diversidade linguística

Ricardo Balthazar

O processo de implementação da língua falada no Brasil foi resultado de séculos de luta social, diz Caetano Galindo no livro *Latim em pó: Um passeio pela formação do nosso português* (Companhia das Letras, 2022). Pesquisador e professor do curso de letras da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Galindo reconstitui na obra o trajeto de formação da língua portuguesa, a partir do latim, para tentar desfazer equívocos e preconceitos que, no seu entender, impedem uma compreensão mais profunda a respeito do idioma em nosso país.

Com linguagem acessível, o livro é um dos desdobramentos do espetáculo teatral *Língua brasileira* (2022), criado pelo diretor Felipe Hirsch a partir de canções compostas por Tom Zé. Galindo atuou como consultor do projeto, que também gerou um disco homônimo, lançado pelo Selo Sesc no ano passado, e o documentário, ainda inédito, *Nossa pátria está onde somos amados*, dirigido por Hirsch.

Galindo é também escritor e tradutor. Sua versão para o português de *Ulysses* (Companhia das Letras, 2012), romance do irlandês James Joyce (1882-1941), venceu o prêmio Jabuti em 2013. Mais tarde, lançou *Sim, eu digo sim: Uma visita guiada ao Ulysses de James Joyce* (Companhia das Letras, 2016), que, a exemplo de *Latim em pó*, busca atingir um público mais amplo. No ano que vem, seu primeiro romance, *Lia*, publicado como folhetim pelo jornal *Plural Curitiba* entre 2019 e 2021, deve sair em livro pela Companhia das Letras.

Em entrevista a *Pesquisa FAPESP*, Galindo defende a preservação da diversidade linguística e sugere que a norma culta do português seja flexibilizada para reconhecer variantes da língua falada em nosso país. Para ele, isso permitiria apontar regras que perderam sentido com o desenvolvimento constante do idioma ao longo do tempo.

**Qual público esperava atingir com o livro?**

O maior possível. Estou há 30 anos no curso de Letras da UFPR, contando o tempo de aluno. Tem muita coisa que eu sei sobre as origens e a formação do idioma, e que todo mundo que estuda isso na academia sabe, mas que a população em geral nem suspeita que exista. O livro foi pensado a partir dessa necessidade de levar o conhecimento a um público mais amplo, sem perder o rigor, sem baratear as informações, sem fazer de conta que tenho resposta para tudo.

**Como foi o processo de pesquisa?**

Ao longo desses anos na UFPR, fui professor em uma disciplina de linguística histórica, que foi se afinando com o tempo: comecei com as línguas derivadas do latim, passei para a história do português e depois cheguei à história do português do Brasil. Ou seja, o livro é uma síntese dessa caminhada, mas ele também está relacionado a *Língua brasileira*, do Felipe Hirsch. Comecei a escrever o livro pouco depois da estreia desse espetáculo e concluí a primeira versão do texto em duas semanas. Basicamente, coloquei no papel a organização do meu semestre letivo na universidade e, enquanto escrevia, fiz apenas consultas



Caetano Galindo:  
levar conhecimento  
a um público  
mais amplo, sem  
perder o rigor

pontuais com especialistas para confirmar alguns dados. Em seguida, durante três meses, o livro foi lido por 10 colegas, de diferentes áreas da linguística. O capítulo sobre as línguas crioulas, por exemplo, foi reescrito ao menos duas vezes, em constante debate com o professor Thomas Finbow, do Departamento de Linguística da USP [Universidade de São Paulo].

### ***Por que você define o processo de implementação da língua portuguesa em nosso território como um drama?***

Em geral, as pessoas pensam que os portugueses chegaram aqui e implantaram a língua portuguesa sem maiores problemas. Mas no livro busco mostrar que esse processo foi bem mais complicado. Nos primeiros dois séculos de colonização, o convívio dos portugueses com os povos indígenas que estavam aqui gerou o surgimento de pelo menos duas línguas gerais, da família do tupi. Essas línguas foram se tornando as grandes línguas de uso da população local: eram faladas por indígenas, negros, brancos e mestiços. Havia uma língua geral, derivada do tupiniquim, conhecida como do sul, da costa, ou paulista, falada no litoral e em áreas de influência paulista no interior. E outra que depois se tornou conheci-

da como nheengatu, ou “língua boa” em tupi, derivada do tupinambá paraense, que surgiu na Amazônia. Portanto, quem olhasse para a nossa situação sociolinguística naquele período podia apostar que este país, se país viesse a ser, se tornaria uma nação falante de uma língua originária, como o guarani no Paraguai.

### ***A imposição do português abortou o desenvolvimento de uma língua brasileira?***

Ainda vai levar um tempo para entendermos com maior precisão como isso aconteceu. Mas a interpretação que apresento no livro é que o estabelecimento do português como língua efetiva, oficial, de uma nação que ainda viria a se unificar, de fato contribuiu para interromper aquele movimento de estabelecer uma língua derivada do tupi como idioma oficial. Mas isso não se deveu apenas à decisão da Coroa portuguesa de acabar com a língua que todo mundo falava e adotar o português como obrigatório em nosso território a partir do século XVIII. É importante observar que o Brasil recebeu um grande número de africanos escravizados a partir do ciclo econômico do açúcar, entre os séculos XVI e XVIII. Eles estavam na região Nordeste, onde as línguas gerais não tinham tanta pre-

valência e o português era mais usado. São esses escravizados que vão mastigar o português europeu, transformá-lo numa coisa diferente e espalhar essa versão pelo Brasil. É uma ironia: as populações mais vilipendiadas, mais maltratadas da história do Brasil, foram as principais responsáveis pelo processo de construção linguística em nosso território. Se somos brasileiros sobretudo porque falamos português, é preciso reconhecer que o português que falamos em nosso país é basicamente um legado dos africanos escravizados.

### ***O desenvolvimento de uma língua brasileira teria sido melhor do que a adoção do português?***

É difícil dizer. Uma parte de mim, pensando como falante, não como linguista, imagina que talvez fosse melhor pertencermos hoje a uma tradição mais nossa e ser falante de uma língua local. Por outro lado, pertencer à lusofonia, bem ou mal, também nos abriu portas, em termos culturais e econômicos. Hoje temos essa raríssima situação no mundo, em qualquer época da humanidade, de sermos um grande contingente populacional, numa imensa extensão territorial, em que praticamente todo mundo fala a mesma língua. E, o que é mais relevante: prati-

camente todos usam apenas essa língua no seu dia a dia. O Brasil tem, portanto, uma ligação fortíssima, visceral, com esse idioma e por isso é muito difícil imaginar como nosso futuro teria sido diferente.

***Você defende a alteração de regras que não expressem adequadamente o uso da língua. Em que medida as desigualdades da sociedade brasileira distanciam a população da norma culta?***

Em qualquer lugar do mundo, a norma culta e a cobrança do seu uso em situações de formalidade fazem parte de um processo de exclusão, que separa quem passa ou não pela escola. E passar pela escola, especialmente por um tempo mais longo, é um privilégio na imensa maioria das sociedades do planeta. Ou seja, esse é sempre um processo de violência simbólica, de exclusão, e isso faz parte do que a norma culta representa. Não adianta querer contornar. O que nós podemos fazer, como usuários da língua, é tentar deixar claro, para os outros usuários, o quanto esse processo é convencionalizado e restrito. O que acontece no Brasil, devido a essa grande disparidade no acesso à educação, é que a norma vira um bem muito precioso de uma pequena elite, zelosa de manter seus privilégios. Em vez de olharmos para a norma culta e entender que se trata de apenas uma forma engravatada da língua, escolhida para ser usada em ambientes formais, pensamos que ela é a única forma correta e que todas as outras denotam ignorância. E é isso que precisamos combater. Dizer “as coisa”, em vez de “as coisas”, é errado segundo as normas da língua padrão. Mas não está errado linguisticamente, não é ruim nem pior do que nada. Há inúmeros idiomas no mundo que funcionam exatamente assim, alguns, inclusive, muito respeitados. O português brasileiro está indo em uma direção parecida com a do francês culto, em que esse tipo de marca de plural não é feito como no português erudito, mas de uma maneira mais próxima do português falado, informal. Não vamos conseguir resolver a questão do preconceito linguístico, o acesso à educação, a questão de quanto as marcas dessa falta de acesso à educação deixam cicatrizes nas pessoas e marcam afastamentos e violências na sociedade brasileira. Mas podemos tentar relativizar o que se pretende absoluto nesse julgamento, porque ele não é.



## **Se olharmos para o passado, veremos que a língua de uma geração, em algum momento, se torna incompreensível para seus descendentes**

***Mas o que fazer com a norma escrita? Na sua opinião, devemos continuar zelando por regras uniformes para o idioma ou seria o caso de aceitar variantes como parte da norma?***

A norma escrita é de certa forma um mal necessário. Se quisermos manter algum grau de intercomunicabilidade, de inclusão, é interessante ter essas formas que não são de ninguém e são, em certo sentido, quase artificiais e convencionais. Elas cumprem um papel. Mas aceitar as variedades não é jogar fora a ideia de uma norma padrão e substituí-la pela total informalidade. É simplesmente lembrar que a variabilidade também tem seu lugar e pode ser aceita. No Brasil, já temos um grau suficiente de maturidade, inclusive do ponto de vista da alfabetização, para que não se exija que todos os locutores da televisão tenham a mesma pronúncia e todas as pessoas escrevam segundo as mesmas regras. Existem regras que são absolutas na gramática. Por exemplo, em português eu coloco o artigo antes do substantivo e digo “o menino”, e não “menino o”, como se faz em romeno. Mas existem regras que poderiam ser variáveis. Todo mundo aceita que eu use artigo diante de nomes próprios ou não use. Posso dizer que falei “com o Pedro”, ou que falei “com Pedro”,

dependendo de onde eu esteja no Brasil, do contexto social, do tipo de texto que eu esteja escrevendo.

***Ao defender a diversidade linguística dos povos indígenas como um patrimônio a preservar, você compara a importância dela à da biodiversidade da floresta para a descoberta de novos remédios. Por quê?***

Acredito no valor intrínseco da diversidade, em qualquer sentido, e, obviamente, também na linguística. Um mundo em que as pessoas falam mais línguas, onde precisamos de tradução, me parece mais interessante do que um mundo homogêneo. Acho também que existe um valor objetivo na diversidade. Como linguista, eu estudo o mecanismo da linguagem humana. Então, quanto mais dados eu tiver, mais capacidade terei de entender como isso acontece. A diversidade é a garantia de que teremos um arquivo com formas linguísticas interessantes preservadas. Se a linguagem é tão central para a experiência humana, como acredito, acho interessante tentar entendê-la da forma mais profunda e variada possível.

***Você diz no livro que o poeta português Luís de Camões (c. 1524-1580) não reconheceria o português hoje falado em Lisboa. É possível imaginar um futuro em que o português que conhecemos nesse momento mude tanto que a nossa língua se torne incompreensível para nossos descendentes?***

Todo idioma é um processo em permanente mudança. As pessoas estão o tempo todo inventando novas palavras, pronúncias, construções diferentes. Se olharmos para o passado, veremos que a língua de uma geração sempre, em algum momento da sua trajetória, se torna incompreensível para seus descendentes. A questão é a escala de tempo em que isso ocorre, se a curto, médio ou longo prazo. Temos razões para supor que, no mundo atual, essa mudança acontece muito mais lentamente. Ao contrário da geração de Camões, temos hoje, por exemplo, acesso à memória sonora de formas anteriores da nossa língua por meio de gravações, vídeos, filmes, transmissões de rádio. É difícil prever o futuro, mas, se as coisas continuarem como estão, é provável que a gente tenha agora um espaçamento um pouco maior para chegar a esse tipo de incompreensão. ■

# REGISTROS DE RUI DO E REVOLTA

Pesquisas revelam a diversidade ideológica e regional do movimento punk brasileiro

Diego Viana

**E**ram tempos de crise econômica e transição política. Na década de 1970, o sistema de pleno emprego e bem-estar social que caracterizou o pós-guerra perdia tração nas economias centrais. As perspectivas de futuro dos jovens e adolescentes minuíam e o rock'n'roll, gênero musical que expressava a rebeldia juvenil desde os anos 1950, transformou-se. A batida das baterias se acelerou e os acordes das guitarras distorcidas foram simplificados para acompanhar um canto agressivo. Seus adeptos se espalhavam pelas grandes cidades e seus subúrbios: grupos de jovens com cortes de cabelo chamativos, que se autodenominavam punks, a partir da gíria em inglês para “imprestável”.

O Brasil atravessava os estertores da ditadura militar (1964-1985) quando os jovens e adolescentes entraram em contato com a produção musical e a estética

dos punks. Entre os primeiros fãs brasileiros do estilo havia filhos de diplomatas residentes em Brasília. As bandas que surgiram naquele momento na capital federal influenciaram a sonoridade do rock brasileiro produzido nos anos 1980. É o caso da Aborto Elétrico (1978-1982), que tinha entre os integrantes o vocalista Renato Russo (1960-1996) e o baterista Fê Lemos, e originou mais tarde, respectivamente, as bandas Legião Urbana e Capital Inicial.

Outro caminho, simultâneo, de chegada do punk ao Brasil foi a cobertura da imprensa especializada, que divulgava as novas bandas do cenário internacional. Uma contribuição importante para a consolidação do punk no imaginário dos adolescentes brasileiros foi uma edição de 1977 da revista *Pop*, da editora Abril, que publicou uma reportagem dedicada ao estilo, acompanhada de uma coletânea com músicas de bandas como a britânica Sex Pistols e a norte-americana Ramo-

nes. A fita cassete, que permitia gravar e copiar músicas a partir de vitrolas e rádios, foi fundamental para a disseminação do estilo entre adolescentes.

Apesar de ser composto, em geral, por pessoas muito jovens e não ter ambição programática, o movimento punk produziu nos anos 1980 um vasto registro escrito de suas atividades e ideias. Seu principal veículo foram os fanzines. Nessas edições caseiras, feitas com papel sulfite, ilustrações recortadas de jornais e redigidas com máquinas de escrever ou à mão, os integrantes do movimento discutiam não só a respeito de suas bandas favoritas, mas também sobre os temas que mais angustiavam a juventude do período, desde a descoberta da sexualidade, em plena epidemia da Aids, até o perigo de guerra nuclear.

Parte desse manancial de documentos foi preservada graças aos esforços do historiador paulista Antônio Carlos de Oliveira, que mergulhou no punk em



Cartaz do festival O Começo do Fim do Mundo (1982), realizado em São Paulo

1979, aos 14 anos, e nas décadas seguintes acumulou um vasto acervo composto não apenas de fanzines, mas também de cartazes, filipetas de shows e outros documentos ligados ao movimento. Além da própria coleção, reunida ao longo de 20 anos, o historiador se correspondeu com outras pessoas que viveram o punk desde a formação dos primeiros grupos, a partir do final da década de 1970. O acervo também ganhou musculatura com o material doado por dissidentes do movimento. “Tanto aqueles que saíram do punk por aderir ao anarquismo quanto os que se aproximaram do nazismo me entregaram um volume imenso de registros”, relata Oliveira, autor de livros como *Punk: Memória, história e cultura* (Rizoma, 2015).

**E**sse material, reunido em 48 caixas, compõe a coleção Movimento Punk, principal fonte de pesquisa para os estudos sobre a cena no Brasil. Originalmente abrigados no Centro de Cultura Social (CCS), associação do movimento anarquista de São Paulo, os cerca de 10 mil documentos foram transferidos no início da década de 2000 para o Centro de Documentação e Informação Científica da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (Cedic-PUC-SP), onde estão até hoje. A coleção foi uma das principais fontes da tese de doutorado defendida neste ano pelo historiador João Augusto Neves Pires, no Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas (IFCH-Unicamp). Durante a pesquisa, que teve apoio da FAPESP,

Neves se debruçou por dois anos sobre o acervo recolhido por Oliveira. “A ideia foi rastrear as conexões entre esses documentos. Descobrir, por exemplo, que uma carta na caixa 10 se referia a um show cujo cartaz estava na caixa 15”, explica o historiador.

O mapeamento ajudou Neves a traçar na tese um perfil dos adeptos do movimento na Região Metropolitana de São Paulo na década de 1980. “A documentação mostra que esses jovens tachados de arruaceiros pela mídia não eram alienados e tinham posicionamento político. Há muitas defesas do voto nulo. Algumas das publicações, inclusive, acompanhavam o que estava sendo discutido na Assembleia Nacional Constituinte [1987-1988]”, relata o pesquisador. Outro ponto que chamou a sua atenção foi a rede de sociabilidade criada pelos integrantes do movimento em um mundo analógico, antes da expansão da internet. “As bandas punks de São Paulo se correspondiam com o circuito punk global, além de se envolverem em atividades e shows em cidades no interior do estado ou de outras regiões do país.” Um dos exemplos dessa articulação está na edição de março de 1983 do fanzine *Maximum Rock'n'Roll*, publicado em São Francisco, na Califórnia (EUA), cujo principal destaque foi a cena brasileira punk, sobretudo paulistana.

O estudo, que explora os anos iniciais do punk paulistano com recursos da história urbana, da história das sensibili-

dades e da história da música, revela a potência de um fenômeno com inúmeras derivações. Na documentação deixada pelos fãs, mas também nos registros da imprensa da época e nos arquivos da polícia e da censura, encontram-se manifestações das mais variadas vertentes. Desde o anarquismo que atraiu Oliveira e deu origem ao Movimento Anarco-punk (MAP) até o ultranacionalismo de grupos como Carecas do ABC, que aos poucos se aproximou de ideias de supremacia branca. Atualmente, outros movimentos de cunho político também reivindicam o conceito de punk. É o caso do *straight edge*, que prega o veganismo, a abstenção do álcool e a rejeição à promiscuidade sexual. “O elemento unificador dessa diversidade é a simplicidade da música, caracterizada, por exemplo, pelo emprego de poucos instrumentos, em geral, guitarra, baixo, bateria e voz”, explica Neves. “Essa estética minimalista é ideal para a expressão da revolta que caracteriza o punk.”

Embora a expressão “movimento punk” tenha se consolidado, não há uma diretriz definida capaz de dar conta de suas complexidades. Há, claro, pontos em comum, como o inconformismo e a proposta do “faça você mesmo”, que explica muito da estética punk: camisetas desenhadas à mão, bandas formadas por pessoas sem habilidade nos instrumentos, adereços improvisados com objetos do cotidiano. “Não tem como definir o que é esse movimento”, constata o historiador Tiago de Jesus Vieira, da Universidade Estadual de Goiás (UEG), que trabalhou com a temática no mestrado e no doutorado defendidos na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).



A partir da esquerda, edição de 1983 da história em quadrinhos *Lixo reciclado*; cartazes do 1º Encontro das Bandas Punk's de São Paulo (s/d) e do II Encontro Anti-nuclear (1987), em Recife





Ao lado, fanzine de 1989, sem título. Abaixo, a partir da esquerda, panfletos de eventos em São Paulo organizados por anarquistas e punks sobre o Dia Internacional da Mulher (1994) e contra o militarismo (s/d); e o fanzine *C.D.N Conservação da natureza* (s/d)



“O punk costuma atrair adeptos por meio da música e do comportamento, com uma ideia vaga de revolta. A partir daí, essa ideia dialoga com o que realmente incomoda esses jovens no contexto em que vivem e assim assume as feições de cada ambiente.”

Desde meados da década de 2000, a coleção Movimento Punk vem sendo digitalizada aos poucos por Oliveira, que hoje é professor da rede pública de ensino. Durante a pesquisa para o doutorado, Neves também digitalizou parte dos documentos que utilizou no estudo. Atualmente, esse material pode ser acessado no Acervo Punk, repositório virtual criado por Neves para disponibilizar itens e fontes levantados ao longo do estudo.

No Brasil, o movimento punk é pouco estudado em âmbito acadêmico, de acordo com Vieira, da UEG, e o antropólogo João Batista de Menezes Bittencourt, da Universidade Federal de Alagoas (Ufal). No ano passado, os pesquisadores publicaram um artigo em que mapeiam a produção bibliográfica no país sobre o tema ao longo das últimas quatro décadas. Seguindo esse levantamento, realizado com base no Banco de Dissertações e Teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), a pri-

meira dissertação de mestrado a tratar do assunto no país foi “Movimento punk na cidade: Invasão dos bandos sub”, defendida em 1985 pela antropóloga Janice Caiafa no Programa de Pós-graduação em Antropologia Social do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

**P**ouco antes, em 1982, o dramaturgo e jornalista Antonio Bivar (1939-2020) publicou *O que é o punk?*, pela coleção Primeiros Passos da editora Brasiliense, obra que se tornou referência sobre o assunto no país. Bivar conheceu o movimento quando viveu no Reino Unido na década de 1970. Também em 1982, esteve entre os organizadores do festival O Começo do Fim do Mundo, realizado no Sesc Pompeia, em São Paulo, considerado um marco na história do punk no Brasil. O festival, que atraiu cerca de 3 mil pessoas, teve apresentações de bandas como Ratos de Porão, Inocentes e Cólera.

Ainda de acordo com o levantamento da dupla de pesquisadores, entre 1982

e 2000 há registros no país de apenas quatro dissertações de mestrado e uma tese de doutorado dedicadas ao punk. Esse cenário começou a mudar no século XXI. Entre 2001 e 2020, foram produzidos 54 trabalhos acadêmicos – sendo 45 dissertações de mestrado e nove teses de doutorado. “Ao longo desses anos, os assuntos se diversificaram”, constata Vieira. “Trabalhos recentes acompanham vertentes do movimento ligadas às questões de gênero, como o Riot Grrrl, que denuncia o machismo no interior do punk, e o queercore, voltado à discussão LGBT+.”

Bittencourt concorda. “O punk contemporâneo está mais aberto a pautas interseccionais, como reivindicações feministas, LGBT+ e antirracistas. E isso se reflete nas pesquisas. A literatura sobre o movimento mostra que havia muito machismo, homofobia e racismo, sobretudo nas primeiras gerações de punks brasileiros, mas essas questões vêm sendo problematizadas pelos pesquisadores nos últimos anos”, afirma o antropólogo, que coordena no Brasil a Punk Scholars Network (PSN), rede internacional de pesquisadores que conta com cerca de 40 integrantes do país, a maior parte deles ligada a universidades brasileiras.

Embora a maioria da produção acadêmica sobre o assunto se concentre no Sudeste, como mostra o levantamento, a partir de 2001 é possível observar estudos sendo feitos por pesquisadores em todas as regiões do país. “Muito se fala do protagonismo de São Paulo e Brasília na cena punk brasileira, mas esses trabalhos mostram que já no final da década de 1970 existiam coletivos punks em várias cidades do país, como João Pessoa, Fortaleza, Salvador e Natal”, diz Bittencourt. “São pesquisas que trazem novos pontos de vista e ajudam a acrescentar mais nuances à história do punk no Brasil.” ■

#### Projeto

Ruídos da metrópole fragmentada: Performances punk e ressentimentos em São Paulo (1978-1988) (nº 17/18962-4); **Modalidade** Bolsa de Doutorado; **Pesquisadora responsável** Josianne Francia Cerasoli (Unicamp); **Bolsista** João Augusto Neves Pires; **Investimento** R\$ 239.105,49. **Artigo científico**

BITTENCOURT, J. B. M. e VIEIRA, T. J. 40 anos de pesquisas sobre o punk no Brasil: Novas possibilidades em cena. *Anos 90. Revista do Programa de Pós-graduação em História da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*. v. 29. 2022.

# BADALADAS DO SAGRADO E DO PROFANO

Com nomes próprios e toques diferentes para cada ocasião, os sinos tocam há séculos para marcar o tempo, comunicar mortes, chamar para missas e dar fundo sonoro a datas festivas

**Danilo Albergaria**

Criados por volta de 2000 a.C. na China, incorporados ao cristianismo nos séculos VI e VII e comuns ao longo da Idade Média, os sinos marcam a passagem do tempo, anunciam missas e datas religiosas e, como instrumentos de comunicação, já serviram para alertar sobre incêndios e invasões de povos inimigos. O toque para anunciar a morte de um homem é diferente do usado para uma mulher ou uma criança. Toques diversos avisam se a missa será celebrada por um padre, por um bispo ou mesmo pelo papa. Cada data festiva também exige um badalar próprio dos objetos metálicos que podem pesar de alguns quilos a várias toneladas.



rápido), mas os mais novos reclamam dos sons altos.

O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) de Minas Gerais iniciou em 2001 um processo de preservação desse patrimônio cultural, focado na dimensão simbólica dos sinos, como a preservação dos toques e das linguagens sineiras das cidades mineiras. Segundo a antropóloga Vanilza Jacundino Rodrigues, do Iphan-MG, os sineiros reclamam de que as torres e os sinos têm sido relegados a segundo plano nos esforços de restauração e preservação.

#### VOZES E NOMES

“O sino, para nós, é considerado um elemento vivo que possui voz”, conta o filósofo Rafael Lino Rosa, doutor em ciências da religião pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) e sineiro há mais de uma década na cidade de Goiás, antiga capital do estado. Foi lá onde nasceu a poetisa Cora Coralina (1889-1985), que dizia: “Ninguém aqui desce à cova sem sinal de sino”.

Os sinos têm nome – de profeta ou de santo, mas também de gente comum, como os sinos Marie e Jacqueline, que o personagem Quasimodo, o sineiro do romance de Victor Hugo (1802-1885) *O corcunda de Notre Dame* (1831), gostava de tocar na catedral do mesmo nome, em Paris. Na tradição católica, os sinos carregam inscrições contando sua história e falando de si na primeira pessoa.

Eles são batizados antes de serem instalados no alto da torre de uma igreja. “Cerimônia de batismo de sino é um acontecimento que mobiliza a cidade. São rezadas orações e os sinos são un-

gidos com os óleos santos, porque se acredita que assim eles não racham”, conta Gomes.

No início do século XVIII, a Coroa portuguesa restringiu as ações da Igreja Católica em Minas Gerais para evitar o contrabando de ouro pelo clero. Quem ocupou o vácuo religioso foram as irmandades, “associações formadas por leigos que se reuniam em torno da devoção de algum santo, conseguindo, muitas delas, construir um templo próprio”, diz o linguista Fábio César Montanheiro, da Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop). Geralmente associadas a grupos étnicos, sociais e econômicos, as irmandades financiavam a fundição de sinos.

Nas vilas da época da mineração, a função de sineiro, um trabalho manual cansativo e perigoso, geralmente ficava a cargo de homens negros escravizados. Eles deveriam seguir as orientações para tocar os sinos, mas muitos fizeram das torres das paróquias lugares de criação artística, adicionando sotaques, invenções estilísticas e musicalidades à parte das rígidas partituras eclesiásticas. Algumas vilas e cidades criaram sua própria linguagem sonora, com ritmos mais do gosto dos escravizados. Os batuques e batucadas de origens africanas foram sendo inseridos por eles no caldeirão cultural do catolicismo colonial.

Um dos sinos principais da catedral da Sé, na cidade de São Paulo (à esq.); e a capela de Padre Faria, em Ouro Preto, com o único sino que tocou quando Tiradentes morreu

Antes dos meios de comunicação modernos, os moradores das cidades sabiam interpretar as sutilezas dos sons dos campanários. “Os sinos eram como os rádios”, compara a historiadora Ana Lúcia de Abreu Gomes, professora de Museologia da Universidade de Brasília, autora de um artigo sobre eles publicado em novembro de 2022 na revista *Estudos de Cultura Material*.

Gomes tem visto que os moradores mais velhos de cidades pequenas ainda reconhecem os prováveis significados das badaladas (quando o sino gira, ou dobra, e o badalo produz sons espaçados) e repiques (quando o sineiro puxa o badalo no sino e pode batê-lo mais





Um dos sineiros que imprimiu identidade própria à sua paróquia, também na cidade de Goiás, foi Benedito de Sá Efigênia (1891-?), que por mais de 60 anos ininterruptos foi o sineiro da Igreja da Boa Morte, construída pela Irmandade dos Homens Pardos. Negro, filho de uma ex-escravizada, ele aprendeu quando criança o ofício que definiria sua vida. Em um artigo publicado em maio de 2020 na *Revista Brasileira de Pesquisa (Auto) Biográfica*, Rosa conta que Efigênia criou toques jocosos até hoje conhecidos na cidade, como o escorrega-mingau, para avisar que o padre estava atrasado para a missa. Quando tinha rixa com o padre, ele anunciava a missa com um toque lúgubre em que arrastava o badalo em volta da boca do sino. Os moradores de Goiás distinguiam seu toque do dos demais sineiros.

É assim ainda hoje. “Os sineiros geralmente imprimem no toque seu estado de espírito e sua marca autoral”, observa Montanheiro, da Ufop. Eles adicionam sutilezas rítmicas ao manipularem os intervalos das notas quando repicam os badalos, em um ou vários sinos simultaneamente. Segundo o pesquisador, os sineiros muitas vezes têm formação musical ou pelo menos bom ouvido para a música, participam de orquestras e ban-

das ou tocam instrumentos de percussão no Carnaval e em festas.

Chamados de voz de Deus, os sinos são também as vozes dos homens – do gênero masculino. Mulheres têm espaço muito limitado. “O universo das torres sineiras é masculino, não apenas pela força física dos homens”, diz Gomes. Preconceitos e lendas acerca desse universo correm há séculos, não só no Brasil. “Diz-se que mulher não toca sino porque, se tocar, ela não casa. Também se diz que, se a mulher tocar, o sino racha.”

**E**ntre sineiros participantes dos esforços de preservação do Iphan em Minas Gerais, as mulheres são muito raras. Em dois encontros recentes de sineiros, havia apenas uma entre 20 sineiros na primeira reunião e outra em um grupo de 35 na segunda, contou Rodrigues. Segundo ela, em meio ao domínio masculino destaca-se Maria do Pilar Silva Resende, exímia sineira do distrito de Morro do Ferro, no município mineiro de Oliveira.

Mulheres não podem nem sequer entrar na fundição dos sinos. “Se entrar, acredita-se que a fundição vai falhar”, comenta o historiador e arqueólogo português Luís Sebastian, da Direção Regional de Cultura do Norte do Ministério

Parte do conjunto de 61 sinos da catedral da Sé, na capital paulista, movidos por um sistema automatizado; e Benedito de Sá Efigênia, sineiro por mais de 60 anos na Igreja da Boa Morte, na cidade de Goiás

2



da Cultura português. Segundo ele, a proprietária de uma das últimas fábricas de sinos de Portugal, na cidade de Rio Tinto, havia assumido a empresa depois da morte do marido, mas nunca assistiu a uma fundição: “Só quando havia percebido que o trabalho tinha terminado é que ela perguntava se já podia entrar”.

Gomes lembra que era comum a crença de que os toques dos sinos poderiam expulsar forças malignas da vida dos fiéis ou protegê-los em situações difíceis, tanto que havia um toque específico de sino para ajudar em partos complicados.

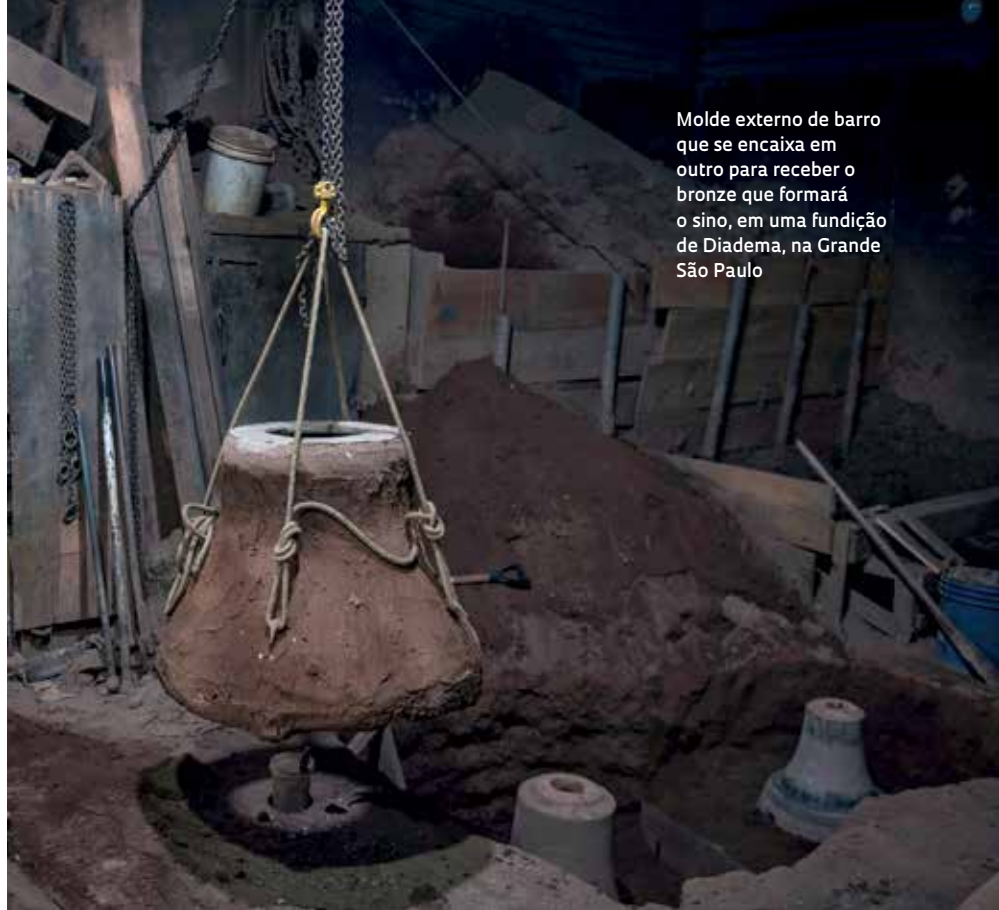
#### ATIVIDADE DE RISCO

Quem sobe em uma torre para dobrar um sino têm de ter coragem. É preciso primeiramente “catar o sino”: segurando em uma corda, o sineiro anda até a beirada do parapeito da torre e projeta o corpo para fora enquanto empurra o sino para a frente, para depois segurar na estrutura de madeira acima do sino e fazê-lo virar de cabeça para baixo, até girar. É assim que se começa a fazer o sino dar voltas em torno de seu eixo, de forma que o badalo bata com força e produza sons muito altos enquanto o sino gira.

É uma tarefa arriscada. Se o sineiro se descuidar, pode se machucar gravemente ou mesmo ser jogado para fora da torre. “Na hora em que o sino para de tocar ficamos meio atordoados”, diz Rosa. “Uma vez, fui tirar o algodão do ouvido e, zozzo, caí da torre e me machuquei feio.”

Talvez pelo fascínio do perigo, os campanários atraem adolescentes, que mantêm viva a tradição, ao mesmo tempo que a testam. Em Ouro Preto, Montanheiro viu um sacristão muito bravo porque os adolescentes sineiros haviam adicionado uma batida de rock no toque que deveriam ter executado sem inovações.

Não se tem notícia de fundições sineiras no Brasil até o século XIX porque, durante o período colonial, a metrópole portuguesa controlava rigidamente o que poderia ser fabricado no Brasil. O motivo é simples: por princípio, quem sabia fundir um sino também sabia fundir um canhão. A técnica de fabricação dos moldes e de fundição do bronze era então a mesma: “Se a liga metálica usada para fazer um sino era normalmente de quatro partes de cobre para uma de estanho, para fazer um canhão bastava reduzir pela metade a quantidade de estanho”, comenta Sebastian.



Molde externo de barro que se encaixa em outro para receber o bronze que formará o sino, em uma fundição de Diadema, na Grande São Paulo

O técnico de fundição Flávio Angeli garante que a fabricação dos sinos em sua fundição, a Sinos Angeli, de Diadema, na Grande São Paulo, é rigorosamente a mesma desde que seu bisavô a fundou em 1898.

**H**á séculos a receita básica da fabricação de sinos não muda, mas cada fundição parece ter seus segredos. A técnica tradicional, utilizada tanto na Europa quanto no Brasil, envolve fazer um molde com uma base de barro, revestido com uma mistura de esterco com barro e pelos de animais. Sobre essa fôrma se deposita o bronze derretido, que tomará a forma do sino.

“A fundição fixa só apareceu no século XVI”, diz Sebastian, responsável pela descoberta, em 2002, de um local temporário de fabricação de sino por um fundidor itinerante do século XIV no Mosteiro de São João de Tarouca, em Portugal. Segundo ele, é difícil encontrar vestígios de fundições itinerantes porque os fabricantes, ciosos do segredo de sua técnica, costumavam eliminar todos os vestígios após terminarem o trabalho, “destruindo mesmo os fossos de fundição que escavavam no solo para enterrar os moldes dos sinos no momento de enchê-los com o bronze derretido a

mais de mil graus de temperatura, pois, de outra forma, eles podiam explodir”.

Montanheiro diz que no Brasil do século XIX os fundidores também eram itinerantes e montavam o forno de fundição na própria localidade em que o sino seria usado. “Os sinos eram fundidos aos pés das torres às quais seriam içados”, afirma o historiador.

Em fundições da Europa e da Austrália, as receitas tradicionais incorporam novas tecnologias, como a impressão 3D, para preparar o molde para os sinos. Algumas paróquias, também no Brasil, trocaram os sinos por alto-falantes que reproduzem seus toques. Igrejas mais ricas mantêm os sinos, mas adotam um controle por computador que dispensa o sineiro. É o caso da catedral da Sé, na cidade de São Paulo, que tem 61 sinos. Os cinco principais, que chegam a pesar 5 toneladas cada um, são automatizados, isto é, um computador aciona a parte mecânica, que faz os sinos tocarem.

Em Portugal, lamenta Sebastian, as figuras do sineiro e do sacristão estão desaparecendo, pois hoje é quase tudo automatizado. No Brasil, os sineiros, carregando sua linguagem artística e a memória de seus mestres, resistem, principalmente em cidades históricas mineiras como São João del-Rei e Ouro Preto. ■



ITINERÁRIOS DE PESQUISA

# OLHAR DIVERSO

Premiado na Bienal de Arquitetura de Veneza deste ano, Paulo Tavares se divide entre a vida acadêmica, o trabalho artístico e a defesa dos direitos humanos

Sou da primeira turma de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp [Universidade Estadual de Campinas], onde concluí a graduação em 2005. Naquela época, já tinha muito contato com arte, desenhava, tocava instrumentos, trabalhava com marcenaria. A arquitetura foi uma escolha baseada nos meus interesses pessoais. Era um curso novo na Unicamp, ainda em formação, e havia um direcionamento bastante “engenharístico”, mas a turma com a qual me formei, com 30 estudantes, tinha, de alguma maneira, um perfil muito ligado à arte e ao ativismo social. Aproveitei aquele momento e cursei matérias em outras áreas do conhecimento: fiz muitas aulas no Instituto de Artes, no Instituto de Filosofia e Ciências Humanas e no Instituto de Geociências. Isso me permitiu, desde muito cedo, desenvolver uma visão não tradicional da prática da arquitetura.

Quando ainda estava na graduação, integrei um coletivo de rádio livre cha-

mado Rádio Muda. Atribuo a essa experiência grande parte da minha formação intelectual, artística e política, e também como arquiteto, porque convivi com pessoas de formações variadas. Na época, também criamos um coletivo chamado Submídia. Eram tempos de expansão da internet e das mídias independentes no Brasil. Participamos do programa *Cultura Viva*, do Ministério da Cultura [MinC], quando Gilberto Gil era ministro. Estivemos em diferentes festivais de mídia e ativismo, oferecemos oficinas, montamos rádios por todo o Brasil nos Pontos de Cultura, que eram o cerne desse programa do MinC.

Eu já tinha interesse em pesquisa. Como não havia muitos empregos para arquitetos, fui trabalhar com televisão e fazer mestrado em sociologia na Unicamp. Ao mesmo tempo, comecei, em 2006, um mestrado na FAU-USP [Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo]. Iniciei os dois simultaneamente, mas nenhum deles me

encantou. Achei sociologia um curso muito teórico e o mestrado na FAU-USP me pareceu naquele momento muito desconectado das questões contemporâneas que me interessavam.

Quando participei de um seminário na Bienal de Arte de São Paulo, conheci o trabalho do Centro de Pesquisa em Arquitetura do Goldsmiths’ College – Universidade de Londres. Entendi que estava conectado com o que eles faziam e que ali havia espaço para as questões que eu estava buscando desenvolver, principalmente para o entendimento da arquitetura como instrumento de poder. Fui então, em 2006, fazer o mestrado no Centro do Goldsmiths, muito voltado para questões políticas, culturais e relacionadas à proteção dos direitos humanos. Durante a minha formação, participei da criação de uma agência chamada Forensic Architecture, que utiliza ferramentas da arquitetura para a proteção e o monitoramento de violações dos direitos humanos.

Em 2008, iniciei meu doutorado no próprio Goldsmiths, mas, em determinado momento, quando estava pesquisando a ocupação da Amazônia em diferentes países, entendi que deveria voltar para a América do Sul. Geralmente não falo “voltar”, falo “ir”. Eu tinha que ir para a América do Sul, porque, em certo sentido, não era uma volta e sim uma ida para um lugar novo, com toda aquela bagagem dos meus estudos. Fui morar em Quito, no Equador, onde passei alguns anos. Dei aulas na Pontifícia Universidade Católica do Equador e concluí meu doutorado, a distância, em 2015. Depois disso, fui para os Estados Unidos, onde passei um semestre, também em 2015, como pesquisador visitante na Universidade de Princeton e, no ano seguinte, outro semestre na Universidade Cornell.

Achei então que era hora de retornar ao Brasil e me candidatei ao pós-doutorado na FAU-USP. Naquele momento, em 2017, a bolsa da FAPESP foi muito importante – não só porque me deu condições de reinserção no meio acadêmico brasileiro, mas também porque me permitiu realizar o projeto “Memória da Terra”, que foi fundamental na minha trajetória de pesquisador. É um trabalho relacionado aos direitos humanos e territórios, desenvolvido em parceria com a Associação Xavante Bô’u, que também contou com a colaboração do Ministério Público Federal [MPF]. A partir de informações

divulgadas pela Comissão Nacional da Verdade, o projeto investiga remoções forçadas do povo Xavante, em Mato Grosso, durante a ditadura militar.

O trabalho de campo iniciou-se em 2018. Após identificarmos as várias aldeias que haviam sido removidas pelo Estado brasileiro, conseguimos mapear seus sítios arqueológicos e entramos recentemente com uma petição no Iphan [Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional] para que esses locais sejam reconhecidos como patrimônio brasileiro. O projeto também virou livro [*Memória da Terra: Arqueologias da ancestralidade e da despossessão do povo Xavante de Marãiwatsédé*], publicado pelo MPF, em 2020. Como era muito importante que o resultado dessa pesquisa retornasse para as comunidades, fizemos questão que o livro fosse distribuído nas escolas xavantes. Ou seja, aquela pesquisa, que começou a partir da bolsa FAPESP em 2017, teve vários desdobramentos que se estendem até hoje – não só acadêmicos, mas também com impactos sociais e culturais.

Neste ano, “Memória da Terra” integrou a Bienal de Arquitetura de Veneza, da qual participo como autor e arquiteto. Ao mesmo tempo, recebi da bienal o convite para assumir, ao lado da arquiteta Gabriela de Matos, a curadoria do

pavilhão brasileiro na mostra. Não nos conhecíamos, mas, muito rapidamente, nos demos conta de que nossas práticas eram completamente alinhadas, mesmo que diferentes.

Escolhemos Terra como mote fundamental do espaço na mostra e nosso projeto recebeu o Leão de Ouro de melhor participação nacional, algo inédito na arquitetura brasileira. O pavilhão trabalhou a questão da memória e dos processos de restituição do patrimônio, das histórias e do território. Uma discussão contemporânea, global e que reflete o processo de reconstrução que o Brasil atravessa atualmente – uma espécie de medida reparatória pela violência colonial e pelo apagamento dos povos originários e afro-brasileiros.

Embora tenha feito e faça trabalhos de curadoria, como para a Bienal de Arquitetura de Chicago de 2019, não me enxergo como profissional dessa área. No caso, a curadoria é um dos campos em que minhas atividades e minha prática de arquiteto se manifestam. Também sou escritor, artista visual e participo da autonomia, agência que criei em 2017 em defesa dos direitos humanos e contra a violência do Estado.

Além disso, hoje alterno minhas atividades como professor entre a Universidade de Brasília [UnB] e a Universidade Columbia, em Nova York, onde sou professor visitante. Depois de crescer em Campinas, morar em lugares como São Paulo, Londres e Quito, vejo que esses deslocamentos geográficos foram muito importantes para eu adquirir não apenas uma visão mais complexa da geopolítica e da cultura mundial. Em alguns desses lugares, eu estava desempenhando minha atividade de professor e pude experimentar o que é ensinar em diferentes contextos, em diferentes instituições para diferentes comunidades. Essa diversidade ajudou a formatar minha visão da arquitetura e da própria atividade de pesquisador e professor. ■

DEPOIMENTO RECOLHIDO E EDITADO POR SORAIA VILELA

Abaixo, Tavares e a arquiteta Gabriela de Matos no pavilhão brasileiro, na Bienal de Arquitetura de Veneza deste ano



SAIBA MAIS

Projeto “Memória da Terra”



# Uma cientista humanista e visionária

Cristiana Barreto



**Niéde Guidon:  
Uma arqueóloga  
no sertão**  
Adriana Abujamra  
Rosa dos Tempos  
256 páginas  
R\$ 54,90

**N**iéde Guidon: *Uma arqueóloga no sertão* integra a nova coleção Brasileiras coordenada por Joselia Aguiar, que, em bom tempo, traz as histórias de mulheres pioneiras, cada qual em sua área, como Lélia Gonzales e Conceição Evaristo. A história de como Niéde Guidon ao longo de décadas defendeu com unhas e dentes um patrimônio arqueológico que hoje pertence à humanidade talvez seja já conhecida de toda uma geração que acompanhou pelos jornais sua saga para implantar o Parque Nacional da Serra da Capivara no Piauí. Hoje, o parque é o principal e um dos raros destinos turísticos no Brasil onde o atrativo são sítios arqueológicos e, no caso, suas pinturas rupestres milenares. Contudo, a trajetória que a biografia percorre vai além: fala de maneira sensível e bem-humorada de uma mulher aguerrida e intransigente, mas também humanista e visionária, que se dedicou não apenas à pesquisa e criação de um parque arqueológico, mas à preservação do ambiente de maneira geral, a melhorar a vida de comunidades da Caatinga nordestina, trazendo emprego, saúde e educação e ainda empoderando mulheres marcadas por uma cultura de violência de gênero.

A saga de Niéde é um exemplo de como a ciência, no caso a arqueologia, muitas vezes vista como o estudo de um passado tão distante no tempo que pouco importa para o presente, pode fazer uma diferença efetiva na vida cotidiana das pessoas. Por isso a biógrafa escolheu falar não apenas da arqueóloga, mas também das pessoas com quem ela foi formando parcerias duradouras ou os inimigos que ela foi enfrentando. Fala de Nivaldo e Carmelita, ele, mateiro, seu primeiro guia nas prospecções de sítios; ela cuidava da comida e da saúde da equipe com suas mandingas e plantas medicinais locais. É também sobre dona Nenê, da comunidade do Zabelê, a qual teve seus moradores retirados da área do parque na época em que se pensava preservação ambiental e populações tradicionais como antagonicas, e depois contou com o apoio decisivo da pesquisadora ao longo do processo de regularização fundiária e indenização; ou sobre seu Nôca, antigo líder dos manicobeiros que trabalhou como jardineiro, vigia e guia. O livro dá voz à dona Elenita e a Paula, moradoras do Sítio do Mocó, no sopé do parque,

sobre os benefícios trazidos pela água das cisternas pelas quais Niéde lutou, e fala de tantos outros cujas vidas foram afetadas pela arqueóloga.

Assim como muitos pesquisadores e intelectuais brasileiros, a arqueóloga deixou o país na ditadura. De nacionalidade franco-brasileira, doutorou-se em arqueologia pré-histórica pela Sorbonne (1975), orientada por André Leroi-Gourhan (1911-1986), um dos mais influentes antropólogos do século XX. Enquanto professora da École des Hautes Études en Sciences Sociales, conseguiu apoio financeiro do governo francês através de uma política diplomática que visa expandir sua influência pelo mundo por meio da arqueologia. São as famosas “missões” (diplomáticas) arqueológicas, que só podem ser coordenadas por pesquisadores franceses. Se a arqueologia é uma ciência que nasceu do colonialismo, Niéde inverteu a flecha da geopolítica do imperialismo científico. Fez da “missão” do Piauí sua missão de vida, indo muito além da pesquisa arqueológica, com saldos positivos para toda uma região do Brasil. Ao contrário de outras missões arqueológicas francesas, nas quais os pesquisadores frequentam o país alguns meses por ano, Niéde enraizou um longo e amplo programa de pesquisa criando a Fundação do Homem Americano (FUNDHAM), preservou os sítios usando a legislação vigente e aproveitou o apoio francês para conseguir outros recursos financeiros.

Por fim, é com primor que a polêmica sobre a antiguidade dos achados arqueológicos do Piauí é apresentada ao leitor, não só contextualizando e atualizando o debate sobre a antiguidade da ocupação humana nas Américas de forma correta e didática, mas mostrando a cruel dinâmica dos embates geopolíticos que permeiam a ciência. Niéde colocou as datas antigas do território brasileiro no mapa, enfrentou a hegemonia norte-americana e o “fogo amigo” dos pesquisadores brasileiros, para hoje ver se multiplicarem datas igualmente antigas em outros sítios abaixo do Rio Grande e ser reconhecida como uma cientista muito à frente de seu tempo.

Cristiana Barreto é arqueóloga do Laboratório de Arqueologia dos Trópicos do MAE-USP e do Programa de Pós-graduação em Diversidade Sociocultural do Museu Paraense Emílio Goeldi



**PRESIDENTE**

Marco Antonio Zago

**VICE-PRESIDENTE**

Ronaldo Aloise Pili

**CONSELHO SUPERIOR**

Carmino Antonio de Souza, Helena Bonciani Nader, Herman Jacobus Cornelis Voorwald, Ignácio Maria Poveda Velasco, Liedi Legi Bariani Bernucci, 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

**DIRETOR ADMINISTRATIVO**

Fernando Menezes de Almeida

# Pesquisa

ISSN 1519-8774

**FAPESP**

**COMITÊ CIENTÍFICO**Luiz Nunes de Oliveira (*Presidente*),

Agma Juci Machado Traina, Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Angela Maria Alonso, Carlos Américo Pacheco, Claudia Lúcia Mendes de Oliveira, Deisy das Graças de Souza, Douglas Eduardo Zampieri, Eduardo de Senzi Zancul, Euclides de Mesquita Neto, Fabio Kon, Flávio Vieira Meirelles, Francisco Rafael Martins Laurindo, João Luiz Filgueiras de Azevedo, José Roberto de França Arruda, Lilian Amorim, Lucio Anghes, Luciana Harumi Hashiba Maestrelli Horta, Luiz Henrique Lopes dos Santos, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sliys, Maria Julia Manso Alves, Marta Teresa da Silva Arretche, Reinaldo Salomão, Richard Charles Garratt, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Wagner Caradori do Amaral e Walter Colli

**COORDENADOR CIENTÍFICO**

Luiz Nunes de Oliveira

**DIRETORA DE REDAÇÃO**

Alexandra Ozorio de Almeida

**EDITOR-CHEFE**

Neldson Marcolin

**EDITORES**

Fabrizio Marques (*Política C&T*), Carlos Fioravanti, Marcos Pivetta, Maria Guimarães e Ricardo Zorzetto (*Ciência*), Ana Paula Orlandi (*Humanidades*), Yuri Vasconcelos (*Tecnologia*)

**REPÓRTERES** Christina Queiroz e Rodrigo de Oliveira Andrade**ARTE** Claudia Warrak (*Editora*),

Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecilia Felli (*Designers*), Alexandre Alfonso (*Editor de Infografia*), Felipe Braz (*Designer digital*), Amanda Negri (*Coordenadora de produção*)

**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** Fabrizio Marques (*Coordenador*) e Sarah Caravieri (*Produção*)

**REVISÃO** Alexandre Oliveira e Margô Negro

**REVISÃO TÉCNICA** Ana Maria Fonseca, Angela Alonso, Carlos José Leopoldo Constantino, Célio Haddad, Claudia Mendes de Oliveira, Francisco Laurindo, José Roberto Arruda, Gustavo Wiederhecker, Marta Arretche, Paulo Artaxo, Paulo Saldiva, Rafael Oliveira, Susana Inés Córdoba de Torresi, Walter Colli

**COLABORADORES** Belisa Bagiani, Cristiana Barreto, Danilo Albergaia, Diego Bresani, Diego Viana, Domingos Zapparoli, Felipe Florest, Joana Santa Cruz, Gilberto Stam, Guilherme Eler, Leticia Naísa, Meghie Rodrigues, Rafael Barty Dextro, Renato Pedrosa, Ricardo Balthazar, Sarah Schmidt, Soraia Vilela

**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** 28.900 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**

**Gripe aviária**

Cada vez mais estaremos sujeitos às pandemias, seja pelo nosso modo de vida, seja pela superpopulação do planeta (“Brasil declara emergência zoonosológica para prevenir espalhamento de gripe aviária”, disponível apenas no site). Estar atento às informações que a ciência nos traz será uma arma poderosa para nos proteger.

Elenice Monteiro

**Entrevista**

Ao ler a entrevista com o professor Marcio de Castro Silva Filho na revista *Pesquisa FAPESP* me senti representado. Criei-me esperanças no processo de avaliação de projetos submetidos (“Mais impulso à ousadia”, edição 328).

Jackson C. Bittencourt

**Vídeos**

Excelente o vídeo “Antropólogo da etnia Tukano revela conceitos da medicina indígena”. Temos que ter humildade para que possamos entender e aprender a sabedoria dos indígenas.

Maria Aparecida Rogado

Incrível (“Pesquisadores criam DNA sintético que será capaz de armazenar dados digitais”). Difícil imaginar um código genético sintético.

Maria Claudia Nogueira Zerbin

**ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇO**

Envie um e-mail para [assinaturas@fapesp.br](mailto:assinaturas@fapesp.br)

**PARA ANUNCIAR**

Contate: Paula Iliadis  
 E-mail: [publicidade@fapesp.br](mailto:publicidade@fapesp.br)

**EDIÇÕES ANTERIORES**

Preço atual de capa acrescido do custo de postagem.  
 Peça pelo e-mail: [assinaturas@fapesp.br](mailto:assinaturas@fapesp.br)

**LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO**

Adquira os direitos de reprodução de textos e imagens de *Pesquisa FAPESP*.  
 E-mail: [redacao@fapesp.br](mailto:redacao@fapesp.br)



Vídeo traz a história do centro de cuidados em saúde baseado no conhecimento indígena

Os vídeos produzidos pela revista *Pesquisa FAPESP* são excelentes recursos para dinamizar o uso de textos de divulgação científica em salas de aula (“O que são chuvas extremas”). Uso constantemente em aulas de química para o ensino médio. Parabéns.

Flávio Silva Rezende

Adoro o vídeo “Por que a terra treme no Brasil”. Usei muito em aula.

Patricia Martinelli

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

**CONTATOS**

[revistapesquisa.fapesp.br](mailto:revistapesquisa.fapesp.br)

[redacao@fapesp.br](mailto:redacao@fapesp.br)

PesquisaFapesp

PesquisaFapesp

pesquisa\_fapesp

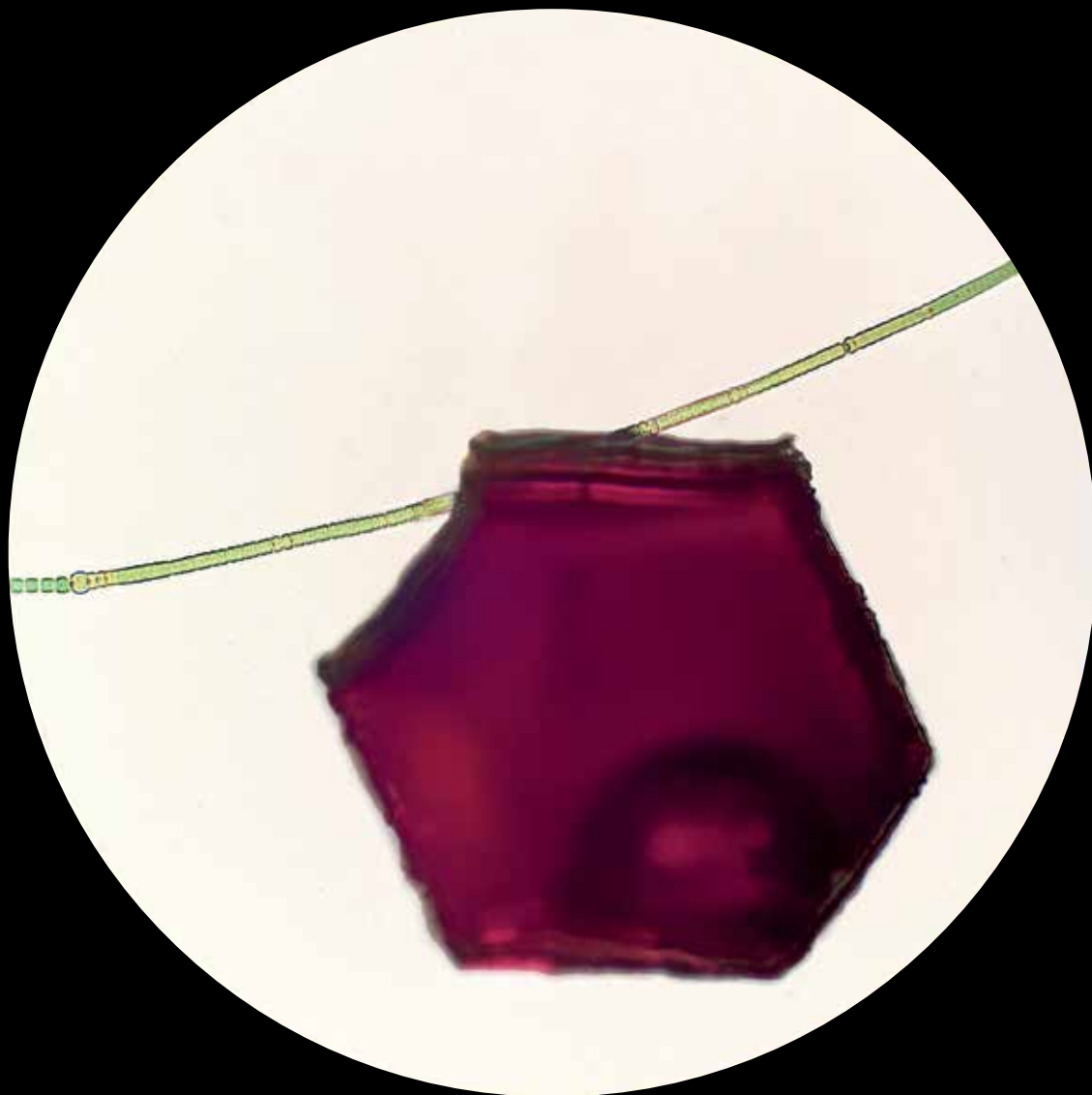
@pesquisa\_fapesp

PesquisaFAPESP

[pesquisafapesp](http://pesquisafapesp.com.br)

[cartas@fapesp.br](mailto: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](mailto:imagempesquisa@fapesp.br)  
Seu trabalho poderá ser publicado na revista.



## *Carnaval no mar não é festa*

Um símbolo da alegria carnavalesca, as partículas coloridas do glitter acabam no mar e em lagos. Preocupados com seus organismos de estudo, as cianobactérias, pesquisadores do grupo Cyanos, da Universidade de São Paulo, testaram o efeito desse microplástico (*hexágono rosa*) sobre cianobactérias de água doce e salgada, como o colar de contas marinho da imagem. Verificaram que as partículas refletem a luz solar, reduzindo a fotossíntese realizada por esses organismos, e liberam substâncias, como metais e bisfenol, que causam efeitos tóxicos. O grupo agora pretende investigar os efeitos do glitter biodegradável.

*Imagem enviada por Rafael Barty Dextro, pesquisador do grupo Cyanos do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (Cena-USP), em Piracicaba*

# NÃO APENAS ESCREVEMOS SOBRE MEIO AMBIENTE: PESQUISA FAPESP FAZ A SUA PARTE

Desde 2016, a revista é impressa em papel certificado pelo Forest Stewardship Council (FSC), que garante a proveniência de florestas manejadas de forma ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável

A tinta da impressão é ecológica, do selo Huber Green, o que significa que é produzida com matérias-primas renováveis e biodegradáveis

Em 2019, a embalagem que envolve os exemplares dos assinantes passou a ser de plástico 100% reciclado

Faça sua parte: após a leitura, circule a revista para outras pessoas



**Pesquisa**  
FAPESP ▲

[WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR](http://WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR)



À VENDA EM BANCAS  
DE TODO O PAÍS