

Microplásticos por todos os lados

Presentes há tempos no ambiente, partículas são encontradas em alimentos e agora em órgãos do corpo humano, inclusive no cérebro

Gás emitido por árvores da Amazônia acelera a formação de nuvens

Bancos comunitários combatem a pobreza por meio de moedas sociais

Catapulta de pólen é arma na batalha reprodutiva entre flores

Trajetórias de intérpretes e tradutores literários saem dos bastidores

Transtorno bipolar tem estágios de gravidade, diz o psiquiatra Flávio Kapczinski

promoção prorrogada

promoção dos **25 anos** da revista: assine por **25 meses** pela metade do preço de banca **r\$ 250** e ganhe uma ecobag exclusiva



revista **pesquisa** fapesp

*oferta válida até fevereiro de 2025
detalhes disponíveis em
revistapesquisa.fapesp.br/assine

jan 2025 **347**

5 CARTA DA EDITORA
6 NOTAS

CAPA

- 12** Equipe da USP identifica no cérebro humano partículas de microplástico, já encontrado em outros órgãos

ENTREVISTA

- 20** A socióloga Nadya Guimarães tornou-se referência em estudos sobre cuidado

INOVAÇÃO

- 26** As *deep techs*, startups de forte base científica, ganham foco e interesse no país

PÓS-GRADUAÇÃO

- 32** Projeto-piloto muda mestrado e pode encurtar caminho para o doutorado

Garrafa de água: os micro e nanoplásticos estão em todos os lugares, incluindo órgãos humanos (CAPA, P.12)

CAPA
VITÓRIA DO COUTO
E LÉO RAMOS CHAVES

BOAS PRÁTICAS

- 36** Colaborações improváveis podem revelar artigos vendidos por fábricas de *papers*

DADOS

- 39** Ocupações qualificadas e estrutura ocupacional

SAÚDE PÚBLICA

- 40** Programa que valoriza escolha das gestantes evitou 20 mil cesarianas entre 2014 e 2019

ENTREVISTA

- 44** Flávio Kapczinski, da UFRGS, integra grupo que está definindo os estágios de agravamento do transtorno bipolar

ECOLOGIA

- 48** Efeitos da seca sobre populações de plantas e animais podem durar anos

AMBIENTE

- 51** Esgotamento dos reservatórios subterrâneos de água ameaça florestas e rios

BOTÂNICA

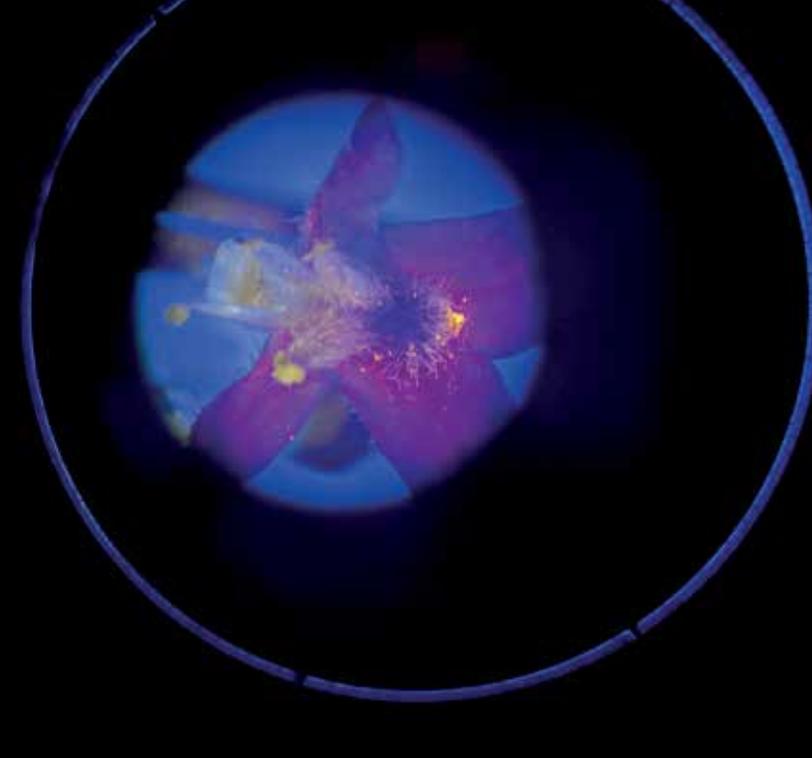
- 52** Explosão de grãos de pólen desaloja do bico de polinizador os trazidos de outras flores

ZOOLOGIA

- 54** Descrição detalhada da linha lateral ajuda a entender como trutas lidam com mudanças ambientais

ENTREVISTA

- 56** A economista Anacláudia Rossbach, da ONU, fala do papel das cidades na mitigação das mudanças climáticas →



VÍDEOS

ANOS DE CIÊNCIA:

DESCOBERTAS QUE TRANSFORMARAM O MUNDO

Confira temas que moldaram o avanço científico e tecnológico desde a criação de *Pesquisa FAPESP*



PROJETO XINGU:

O PROGRAMA QUE HÁ MEIO SÉCULO CUIDA DA SAÚDE INDÍGENA

União de saberes é a base de iniciativa da Unifesp que já atendeu lideranças como o cacique caiapó Raoni Metuktire

Grãos de pólen marcados com pontos quânticos em flor de *Hypernia macrantha* (AMBIENTE, P.52)



PODCAST

MATIZES DO

DECLÍNIO COGNITIVO

As pesquisas que revelam como a demência afeta a população brasileira. E mais: Sul global; hipoderme; microbioma

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

QUÍMICA ATMOSFÉRICA

- 60** Gás emitido por árvores da Amazônia acelera a produção de nuvens

TERMODINÂMICA

- 64** Copo com boca de corneta mantém a cerveja gelada por mais tempo

ENGENHARIA NUCLEAR

- 66** Inteligência artificial criada no país auxilia processo de renovação da licença de Angra 1

ENGENHARIA AGRÍCOLA

- 70** Robôs monitoram lavouras de cana e grãos e combatem ervas daninhas e insetos-praga

ENTREVISTA

- 72** Metanol feito a partir de CO₂ pode ajudar na transição energética, diz a engenheira química Liane Rossi

ECONOMIA

- 76** Bancos comunitários buscam promover a economia solidária em regiões marginalizadas

ARTES VISUAIS

- 81** Exposição e ressurgimento de projeto chamam a atenção para a obra de Flávio Império

LINGUÍSTICA

- 84** Trajetórias de intérpretes e tradutores saem dos bastidores

OBITUÁRIO

- 88** Rogério Cezar de Cerqueira Leite (1931-2024)

MEMÓRIA

- 90** O médico Austregésilo Lima aprimorou o diagnóstico da histeria no início do século XX

ITINERÁRIOS DE PESQUISA

- 94** O cientista político André Kaysel recorre à tecnologia e a auxiliares para superar a deficiência visual

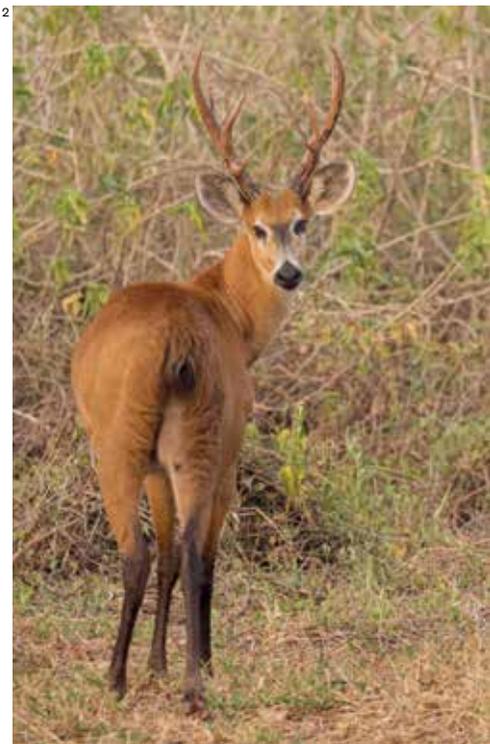
RESENHA

- 96** *A evolução é fato*, Carlos Frederico Martins Menck (coord.). Por Carlos Guerra Schrago

97 COMENTÁRIOS

98 FOTOLAB

2



Animais, como o cervo, sentem as consequências da seca prolongada (ECOLOGIA, P.48)

Partículas e processos

ALEXANDRA OZORIO DE ALMEIDA — diretora de redação

Não é de hoje que convivemos com imagens de lixo plástico, principalmente cenas marinhas como ilhas flutuantes, praias sujas e o registro da tartaruga com um canudo na narina. Não é de estranhar que esse material onipresente, cujos benefícios acabam por ser soterrados por seu uso excessivo, está também em todo o corpo humano, inclusive no cérebro.

O relato sobre como foram encontradas partículas desse material em um dos órgãos mais protegidos do corpo é quase tão interessante quanto a descoberta em si: afinal, como garantir que as amostras não fossem contaminadas se há plástico em todo lado, inclusive nos laboratórios? O editor de Ciências Biomédicas, Ricardo Zorzetto, conta o (pouco) que se sabe, até o momento, sobre a presença e o impacto dos micro e nanoplásticos no corpo humano (*página 12*).

É um outro tipo de partícula, o aerossol, que exerce papel determinante na formação de nuvens. Há um enorme acúmulo de aerossóis quilômetros acima da floresta amazônica, mas não se sabia por quê. Estudos mostram que o isopreno, gás emitido pelas árvores da região como mecanismo de regulação térmica, acelera a formação dessas partículas que, por sua vez, crescem, podem viajar centenas ou milhares de quilômetros e se tornar núcleos de condensação, embriões de nuvens (*página 60*).

Esta edição traz ainda a mais recente contribuição da nossa repórter freelancer Renata Fontanetto, que foi a Baku, no Azerbaijão, cobrir a Conferência do Clima com apoio da Earth Journalism Network, da Internews, e do Stanley Center for Peace and Security. Ela entrevistou a economista brasileira Anacláudia Rossbach, que assumiu em 2024 a diretoria executiva do Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (*página 56*).

A psiquiatria é uma consistente área de estudos, prática e ensino no Brasil desde o século XIX. Sua história traz nomes importantes como Juliano Moreira e Nise da Silveira. Menos conhecido, o neurologista e psiquiatra Austregésilo Lima (1876-1960) falava a favor da educação sexual, ao mesmo tempo que defendia a função disciplinadora e moralizante da psiquiatria (*página 90*). Dedicou-se a refinar o diagnóstico da chamada histeria, categoria de distúrbio associado principalmente a mulheres e uma definição guarda-chuva para uma variedade de problemas físicos e psíquicos.

Cerca de um século depois, o diagnóstico da bipolaridade mobiliza psiquiatras brasileiros. O médico Flávio Kapczinski integra o grupo internacional que procura definir os estágios de agravamento do transtorno bipolar (*página 44*). Esse sistema classificatório tem como objetivo ajudar médicos a escolher os tratamentos mais adequados. Em entrevista a revista, Kapczinski conta ainda sobre a preparação do primeiro estudo para determinar a prevalência de doenças mentais mais graves na população brasileira.

Os estudos literários privilegiam autores e suas obras, poucas vezes voltando suas atenções para aqueles que permitem a leitores desfrutar de produções em línguas que não dominam. Tradutores são intermediários de diferentes culturas, construindo as pontes que nos dão acesso a esse mundo. Suas trajetórias e processos de trabalho são elementos que contribuem para a compreensão do universo literário (*página 84*). Ao ler a reportagem, impossível não lembrar de Heloisa Jahn (1947-2022), tradutora de mais de uma centena de obras escritas em várias línguas, mãe da nossa editora de Ciências Biológicas, Maria Guimarães. Sua grandeza profissional e pessoal foi evidenciada no sarau em sua homenagem, na Biblioteca Mário de Andrade, no centro de São Paulo, logo após sua prematura partida.



Animal representado no sítio Gruta do Índio, em Analândia (SP)

1

Representações pré-históricas de animais no estado de São Paulo

Grafismos rupestres existem em vários estados no Brasil, mas em São Paulo esses registros eram pouco conhecidos. Pesquisas recentes registraram que indígenas que ocupavam a região antes da colonização pintaram e gravaram imagens de aves, répteis, crustáceos e mamíferos em ao menos nove locais atualmente classificados como sítios arqueológicos no estado. Os pesquisadores identificaram um total de 58 sítios, classificaram os grafismos, fotografaram em alta resolução esses vestígios e processaram imagens criando modelos tridimensionais com o objetivo de preservar, de forma digital, esse patrimônio para as gerações futuras (<https://sketchfab.com/levoc>). Os animais pintados foram feitos com tinta vermelha, preta ou branca, em posições variadas: os cervídeos são representados em projeção lateral, as aves em visão frontal ou lateral e os répteis e crustáceos somente de forma frontal. “Com as análises, é possível observar similaridades entre registros rupestres de várias regiões de São Paulo e levantar hipóteses acerca da circulação de ideias e de pessoas em um território”, aponta a arqueóloga Marília Perazzo, pesquisadora em estágio de pós-doutorado no Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP). O maior problema enfrentado nos sítios é a degradação provocada por pessoas, como a pichação e queimadas, ou por fenômenos naturais como o desgaste das rochas (*Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 4 de novembro).

Besouros devoradores de isopor

Uma equipe do Centro Internacional de Fisiologia e Ecologia de Insetos, em Nairóbi, Quênia, verificou que as larvas-de-farinha, forma juvenil do besouro *Alphitobius* sp., digerem o material plástico poliestireno em sua forma expandida, mais conhecida como isopor. Para validar as conclusões, durante um mês os pesquisadores alimentaram larvas com poliestireno, farelo ou uma combinação dos dois. A taxa de sobrevivência do grupo submetido à dieta mista foi maior que a dos outros, indicando a importância de uma dieta balanceada para que os insetos consumam e degradem o plástico de forma ideal. As larvas-de-farinha na dieta de poliestireno-farelo quebraram até 12% do poliestireno total e tinham no intestino níveis mais altos das bactérias *Proteobacteria* e *Firmicutes*, capazes de quebrar moléculas complexas. Outros besouros já haviam se mostrado capazes de comer plásticos, mas essa é a primeira espécie identificada na África. O besouro adulto, com até 6 milímetros, alimenta-se de palha, excrementos de pássaros, penas, ovos e carniça (*Scientific Reports*, 12 de setembro; *The Conversation*, 10 de novembro).



Alphitobius diaperinus na Alemanha: parente da espécie queniana

Novo centro combaterá doenças da citricultura

A FAPESP, o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP) lançaram em dezembro o Centro de Pesquisa Aplicada (CPA) em Inovação e Sustentabilidade da Citricultura. O objetivo é combater as principais doenças que afetam a citricultura, como a clorose variegada dos citros (CVC), também conhecida como amarelinho, a morte súbita dos citros e em especial o greening, que atingiu uma incidência média de 44% nos pomares paulistas em 2024 (ver Pesquisa FAPESP nº 343). O CPA deverá atuar também na formação de recursos humanos, na difusão de conhecimento e na transferência de tecnologia. Sediado na Esalq, em Piracicaba, no interior paulista, o centro contará com pesquisadores de outras unidades da USP, das universidades Federal de São Carlos (UFSCar), Estadual de Campinas (Unicamp) e Estadual Paulista (Unesp), do Instituto Biológico, do Instituto Agrônomo (IAC) e da Embrapa, além de instituições de Portugal, França, Espanha, Estados Unidos, Austrália e Inglaterra. A FAPESP e a Fundecitrus responderão por R\$ 90 milhões dos R\$ 200 milhões de investimentos previstos para os próximos cinco anos, correspondendo a outra parte à contrapartida não financeira, na forma de investimentos em infraestrutura, salários de técnicos, entre outros itens.



Grávida resgatada em Nova Orleans após o furacão Katrina, em 2005

Inundações aumentam partos prematuros

Além de destruir casas e plantações, espalhar doenças e causar mortes, as inundações, globalmente, aumentam os partos prematuros em cerca de 3%. Não é pouco, considerando que cerca de 390 mil crianças nascem por dia no mundo. Pesquisadores do Instituto Politécnico e da Universidade Estadual da Virgínia (Virginia Tech), dos Estados Unidos, analisaram 3.177 estudos que coletaram dados sobre a duração da gravidez e o peso ao nascer associados a inundações desde 1800. O trabalho não identificou os mecanismos causais, mas pesquisas sobre outros desastres sugerem que estresse, interrupção dos cuidados pré-natais e acesso tardio aos cuidados de saúde são fatores prováveis. Os partos prematuros também podem aumentar durante as inundações porque as mulheres não conseguem chegar a tempo aos hospitais, por causa de estradas inundadas ou danificadas. Os dados variaram muito: um estudo de 2008 registrou um aumento de 230% nos partos prematuros após as intensas inundações causadas pelo furacão Katrina no sul dos Estados Unidos em 2005. Tanto a prematuridade quanto o baixo peso são fatores de risco para doenças crônicas, como asma e diabetes, mais tarde (*AGU News*, 8 de dezembro).



A qualidade de vida em 142 cidades

Facilidade de locomoção não caracteriza a monumental Brasília

Demora um pouco até aparecer algum sinal de Brasil na lista de 2024 das 142 cidades mais inteligentes do mundo, com os melhores sistemas de transportes, moradia, mobilidade, segurança, abastecimento de água, entre outros indicadores. No ranking organizado pelo Instituto Internacional para Desenvolvimento Gerencial (IMD), nos primeiros lugares despontam Zurique, na Suíça; Oslo, na Noruega; Camberra, na Austrália (as três nas mesmas posições que no ano anterior). Também da Suíça, o topo da lista inclui Genebra e Lausanne, assim como Singapura, Copenhague, na Dinamarca, e Londres, no Reino Unido. Cidades brasileiras só aparecem no final da lista: Brasília em 130º lugar, São Paulo em 132º e Rio de Janeiro em 139º. A avaliação incluiu a satisfação dos moradores com transportes, governança e acesso a áreas verdes, escolas e serviços médicos. Iniciado em 2019, esse mapeamento registra mudanças ao longo dos anos: Taipé, capital de Taiwan, entrou agora pela primeira vez entre as 20 melhores, entre as quais não há nenhuma cidade das Américas (IMD, novembro).

Preocupação com ossos frágeis

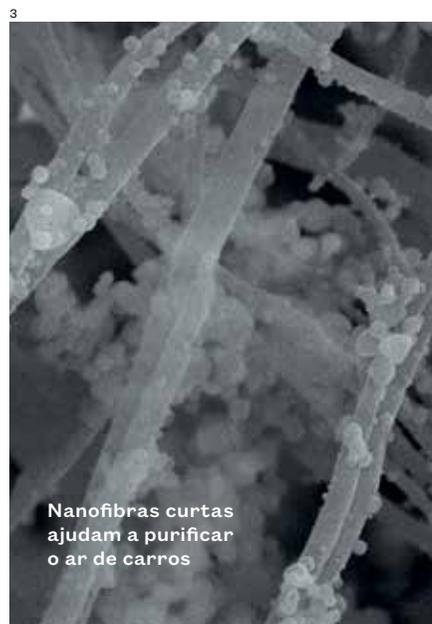
Quebrar um osso pode provocar dor, incapacidade física, perda de independência e até mesmo a morte, sobretudo em pessoas mais velhas. No Brasil, cerca de 400 mil fraturas por fragilidade óssea ocorrem anualmente, segundo um levantamento realizado pela iniciativa global Capture the Fracture, um programa desenvolvido pela Fundação Internacional de Osteoporose. O problema se torna central na medida em que os casos aumentam e as ações para tratamento e prevenção continuam estagnadas, uma vez que cerca de 60% dos pacientes que passam por esse tipo de acidente não recebem cuidados. O caso é ainda pior para 20% dos pacientes que fraturam os ossos, mas não têm acesso a um tratamento com remédios imediatamente após o acidente. Caso nenhuma medida preventiva para reduzir o alto número de fraturas seja tomada, é possível que o número desses acidentes aumente em 60% até 2030 – no caso específico das fraturas de quadril, o crescimento pode ser de 100% até 2040, chegando a quase 200 mil por ano. O relatório recomenda inserir o tema da fragilidade na pauta das políticas nacionais de saúde, desenvolver estratégias individualizadas para a gestão da osteoporose nas várias regiões do país, coletar dados robustos e implementar mais Serviços de Cuidados de Fraturas (FLS) no país. O Brasil tem 57 centros FLS registrados em outubro de 2024 (*EurekaAlert*, 7 de outubro).



Fraturas podem estar associadas a uma série de graves problemas, sobretudo em idosos

Filtros com nanofibras contra a poluição

Em cidades muito poluídas, os filtros dos aparelhos de ar-condicionado de carros não conseguem eliminar todas as impurezas que poluem o ar, que podem causar doenças cardiovasculares e respiratórias, como asma, bronquite e câncer de pulmão. Um experimento feito por engenheiros da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) procura ajudar na solução do problema pela produção de nanofibras de acetato de celulose, um material biodegradável e não poluente. Por fim, misturaram as nanofibras com uma solução aquosa para borrifar nos filtros de ar-condicionado. “As nanofibras permitem aumentar a eficiência de filtração de filtro de ar com aceitável queda de pressão. Ou seja, o ar flui com facilidade e filtrado”, explica o engenheiro Paulo Chagas, que realizou os experimentos no Laboratório de Controle Ambiental, coordenado pela engenheira química Mônica Lopes Aguiar. Os filtros borrifados superaram a eficiência daqueles não revestidos e de Alta Eficiência na Retenção de Partículas (Hepa), e podem ser usados em aparelhos de veículos, domésticos e comerciais. A pesquisa rendeu um pedido de patente para o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (*ScienceDirect*, 13 de novembro).



Nanofibras curtas ajudam a purificar o ar de carros

Usuários de crack soltam a voz

Indagado sobre quanto tempo vivia na Cracolândia, uma região do centro da cidade de São Paulo com alta concentração de usuários de crack, um homem negro de 62 anos respondeu que estava ali “desde a primeira Cracolândia”, no final dos anos 1980, na região da antiga rodoviária, no bairro do Bom Retiro. Uma mulher negra de 36 anos contou que havia sido internada “trinta e poucas vezes” para se tratar, um homem branco de 39 anos, 17 vezes. Pesquisadores do Núcleo de Estudos da Burocracia da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e do Centro de Estudos da Metrópole (CEM), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) da FAPESP, entrevistaram 90 usuários de crack, frequentadores ou moradores da Cracolândia entre 15 de julho e 15 de agosto de 2022. Nesse levantamento, verificaram que 66% são homens negros, 16% mulheres negras e 14% homens brancos, além de duas mulheres brancas e um indígena; 78% têm entre 30 e 49 anos de idade, 69% dormem na rua, 36% estão ali entre 5 e 10 anos e mais de 60% reportaram agressões nas semanas anteriores à realização das entrevistas. “Agressão moral, pois vivem nos chamando de lixo, tratam as pessoas como se não fossem seres humanos”, disse uma mulher negra de 40 anos sobre abordagens policiais (CEM, 21 de novembro).

Comprimidos para plantar árvores

Cartelas de papelão para ovos, misturadas com goma de amido de milho, permitiram produzir cápsulas biodegradáveis que podem ajudar na sementeira de árvores. A ideia foi testada durante o doutorado em geografia de Karine Lopes, na Universidade Federal do Jataí (UFJ), em Goiás. “Alguns produtores usam bolas de sementes feitas de terra, mas cápsulas biodegradáveis não existem”, diz ela. A equipe plantou sementes de baru, angico-branco e tamboril, árvores nativas do Cerrado, dentro e fora das cápsulas. No papelão processado, as taxas de germinação foram de 97% (baru), 42% (angico-branco) e 12% (tamboril), ante 15%, 21% e 8% das plantadas diretamente no solo. O projeto prevê que cápsulas lançadas por drones ajudem no reflorestamento. O projeto foi apresentado em julho no Congresso Nacional de Aviação em Cuiabá, Mato Grosso, e os pesquisadores aguardam o fim de uma negociação da Universidade Federal de Rondonópolis com a empresa Vale para implementar a pesquisa no município de Mariana, em Minas Gerais, devastado pelo rompimento da barragem de Fundão em 2015 (*Agência Bori*, 18 de outubro).



Baru, típico do Cerrado, foi uma das espécies beneficiadas pela técnica

Bets, perigo no seu bolso

Até 2028, o prejuízo global causado pelas plataformas de apostas on-line, ou *bets*, pode chegar a US\$ 700 bilhões. O alerta é de uma comissão internacional reunida pela revista científica *Lancet Public Health*, que aponta o crescimento no alcance desses jogos pelo acesso disseminado a smartphones, devido à legalização e à chegada das apostas comerciais a novos lugares do mundo. Isso inclui países de baixa e média renda, onde não há uma infraestrutura regulatória robusta, inclusive por meio de campanhas usando influenciadores digitais. “As apostas, de alguma maneira, agora são permitidas legalmente em mais de 80% dos países do mundo”, escreveram. Com isso, 10,3% dos adolescentes já fizeram apostas on-line, assim como 5,5% das mulheres e 11,9% dos homens se envolveram em apostas de risco. Eles estimam que 80 milhões de adultos enfrentem transtornos ligados a esse tipo de jogo em todo o mundo. Os danos à saúde e ao bem-estar são mais extensos do que se tinha percebido e afetam outras pessoas no entorno dos apostadores (ver Pesquisa FAPESP nº 344). O informe pede maior controle regulatório preventivo, que só pode ser eficaz de forma globalmente coordenada (*Lancet Public Health*, 24 de outubro).



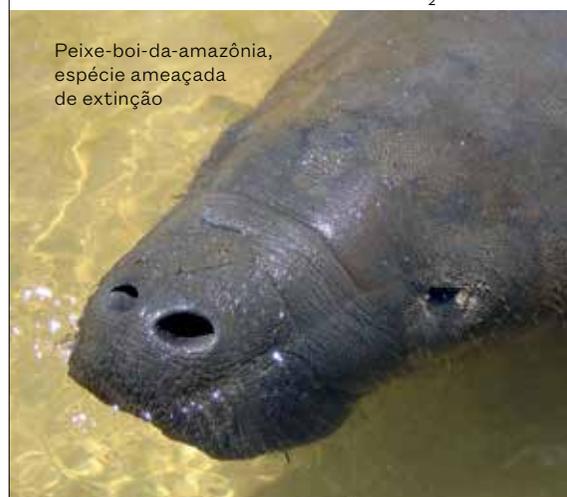
Métodos de fritura na frigideira geram mais emissões

Um dispersor de peso

Em outubro de 2023, durante uma seca extrema, a bióloga Michelle Guterres, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), percorreu as praias do lago Amanã, próximo à confluência dos rios Solimões e Japurá, no Amazonas, e encontrou 96 fezes de peixe-boi-da-amazônia (*Trichechus inunguis*). O mais surpreendente: continham 556 sementes inteiras de nove espécies de plantas aquáticas. O capim-uamã (*Luziola spruceana*), que aparece depois da cheia, estava em todas as amostras, e em 17 delas as plantas estavam germinando. Era uma forte indicação de que o peixe-boi – um mamífero, é bom lembrar – é um dispersor de sementes, ampliando sua importância na manutenção de plantas aquáticas. Classificado como vulnerável à extinção por causa da caça ilegal, o animal pesa até 420 quilogramas (kg), come cerca de 40 kg de plantas aquáticas por dia e pode viajar até 115 quilômetros entre os lagos Amanã e Mimirauá, a 600 quilômetros a oeste de Manaus. A seca facilitou a descoberta porque as fezes, em vez de se dissolverem na água, estavam nas praias do lago cuja profundidade máxima era de 200 centímetros (Mongabay, 25 de novembro; *Journal for Nature Conservation*, dezembro).

Quer um ar mais limpo em sua cozinha?

Então pense em usar mais a fritadeira tipo air fryer. Pesquisadores da Universidade de Birmingham, no Reino Unido, montaram uma cozinha experimental de 82 metros cúbicos (m³) sem janelas ou portas externas, para avaliar a emissão de dois tipos de poluentes – material particulado (MP) e compostos orgânicos voláteis (COV) – de quatro métodos de cozimento de pedaços equivalentes de peito de frango. Os níveis de MP atingiram o pico de 92,9 microgramas por metro cúbico por minuto (µg/m³ min) para fritura em frigideira, 26,7 µg/m³ min para fritura em refogado, 7,7 µg/m³ min para fritura em imersão, 0,7 µg/m³ min para fervura e 0,6 µg/m³ min para fritura a ar (em air fryer) – mais de 150 vezes menos do que fritura em frigideira. Para COV, a diferença foi de 13 vezes. A fritura em frigideira liberou 260 partes por bilhão (pb) de aldeídos, cetonas, furanos e outros compostos indesejadas, a fritura profunda 230 pb, a fritura rápida 110 pb, a fervura 30 pb e a fritura a ar 20 pb. A temperatura de cozimento foi o principal fator. O teste com cada método durou 10 minutos, mas a poluição gerada por cada um persistia no ar por até uma hora (*Indoor Air*, 25 de novembro; *ScienceAlert*, 8 de dezembro).



Peixe-boi-da-amazônia, espécie ameaçada de extinção



Garimpo ilegal em Terra Indígena Kayapó, no Pará

3

Garimpo avança na Amazônia

A área de mineração industrial no Brasil aumentou cinco vezes de 1985 a 2022, de aproximadamente 360 quilômetros quadrados (km²) para 1.800 km². Já a de mineração de garimpo, principalmente de ouro, expandiu bem mais: 12 vezes, de 218 km² em 1985 para 2.627 km² em 2022, de acordo com um levantamento coordenado por pesquisadores da Universidade Federal do Pará (UFPA). De 2019 a 2022, enquanto a área de mineração industrial cresceu 4%, a do garimpo expandiu 55%. Segundo esse mapeamento, a Amazônia concentra pelo menos 91% dos garimpos no país, principalmente

nas terras indígenas Kayapó, Mundurucu e Yanomami. Outra constatação que resultou do trabalho é que pelo menos 77% dos locais de extração de 2022 apresentaram indícios explícitos de ilegalidade. Os municípios de Itaituba (710 km²), Jacareacanga (195 km²), São Félix do Xingu (101 km²) e Ourilândia do Norte (91 km²), todos no Pará, concentram quase metade (41,7%) da área de garimpo no país. Na Amazônia, a intensificação do garimpo é recente, já que 41% (980 km²) da área começou a ser explorada há menos de cinco anos (*Nature Communications*, 13 de novembro).

4

Para parar de fumar

Em julho de 2024, a Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou a primeira diretriz para atender quem deseja parar de fumar cigarros, narguilés, charutos e tabaco de enrolar: cerca de 750 milhões de pessoas no mundo, a maioria sem acesso a serviços de apoio. As recomendações da OMS incluem suporte comportamental fornecido por profissionais da saúde e tratamentos com os fármacos vareniclina, bupropiona e citisina, que reduzem o desejo por nicotina e amenizam os sintomas da abstinência. Em novembro, o Serviço Nacional de Saúde (NHS) do Reino Unido anunciou que começará a distribuir a vareniclina para ajudar cerca de 85 mil pessoas a parar de fumar e evitar até 9.500 mortes relacionadas ao tabagismo nos próximos cinco anos. O NHS registrou 400 mil internações hospitalares associadas ao tabagismo em 2022 e 2023, com gastos anuais de £ 2,5 bilhões (R\$ 19 bilhões) em tratamentos para as doenças decorrentes dessa dependência. O tratamento é oferecido por meio de uma colaboração com a empresa farmacêutica Teva UK, que fornece uma nova versão genérica para o NHS. No Brasil, a venda de vareniclina foi suspensa em 2021 por causa de teores acima do permitido de um composto cancerígeno, a N-nitrosodimetilamina (OMS, 2 de julho; NHS, 12 de novembro).



Iniciativa pretende evitar 9.500 mortes por tabagismo nos próximos cinco anos

CAPA

A vida imersa em microplástico



Partículas microscópicas do material, que já haviam sido encontradas em órgãos e tecidos do corpo humano, agora foram identificadas no cérebro

RICARDO ZORZETTO

De tão pequenas, é impossível vê-las a olho nu. Mas elas existem e estão em todos os lugares. No mexilhão comprado direto do pescador, nas frutas e nos legumes da feira ou nos alimentos industrializados do mercado. Também já foram encontradas na cerveja, no chá, no leite, na água (em especial a engarrafada) e ainda no solo e no ar. Em formato de esfera, fios ou fragmentos de filmes ou espuma, as partículas de plástico de tamanho microscópico são hoje mais abundantes do que nunca no planeta. Com a vida imersa em plásticos, era esperado que, em algum momento, diminutos fragmentos do material fossem encontrados até mesmo no mais protegido dos órgãos humanos, o cérebro. Agora foram.

Na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), a patologista Thais Mauad, o engenheiro ambiental Luís Fernando Amato Lourenço e a bióloga Regiani Carvalho de Oliveira identificaram, em um projeto apoiado pela FAPESP e pela organização não governamental holandesa Plastic Soup, partículas de microplástico no cérebro de oito pessoas que viveram ao menos cinco anos na cidade de São Paulo. Após a morte, elas foram submetidas a autópsia no Serviço de Verificação de Óbitos da Capital, onde os pesquisadores coletaram amostras de uma estrutura chamada bulbo olfatório. Localizado no interior do crânio logo acima do nariz, os bulbos olfatórios – há dois, um em cada hemisfério cerebral – são a primeira parte do sistema nervoso central a que chegam as informações sobre os cheiros. Eles estão em contato com neurônios que detectam moléculas de odor no fundo do nariz e funcionam como uma potencial via de entrada dessas e de outras partículas, além de microrganismos, no cérebro.

Os pesquisadores precisaram resgatar equipamentos que não eram usados havia mais de 40 anos, como seringas de vidro, para lidar com esse

material biológico. Também tiveram de adotar um protocolo rigoroso de limpeza dos utensílios – com lavagens com água filtrada três vezes e o uso de acetona –, além de substituir o plástico por papel alumínio ou vidro para cobrir ou fechar os recipientes. Nos dias de manipulação do material, só se podia usar roupas de algodão.

Eles congelaram as amostras do bulbo olfatório e as fatiaram em lâminas com 10 micrômetros (μm) – cada micrômetro corresponde ao milímetro dividido em mil partes iguais. Uma parte do material foi digerida por enzimas para que fosse possível detectar partículas eventualmente situadas em regiões profundas das amostras. Depois de preparado, o material foi levado para o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas, a 110 quilômetros de São Paulo. Lá fica o Sirius, uma das mais brilhantes fontes de radiação síncrotron em atividade no mundo (ver Pesquisa FAPESP nº 269). Ele produz um tipo especial de luz altamente energética que alimenta 10 estações de trabalho. Com o auxílio do físico Raul de Oliveira Freitas e da química Ohanna Menezes, ambos do CNPEM, a equipe da USP usou uma dessas estações – a Imbuia – ao longo de uma semana para iluminar as amostras com um feixe de radiação infravermelha e caracterizar a composição de partículas de plástico encontradas nelas.

Em cada fragmento de bulbo olfatório analisado, foram achadas de 1 a 4 partículas de microplástico. Elas tinham dimensões variando de 5,5 μm a 26,4 μm – aproximadamente o tamanho da maior parte das bactérias e algumas vezes menor que o de uma célula humana. A maioria (75%) estava na forma de fragmentos ou esferas e 25% delas eram fibras, descreveram os pesquisadores em setembro em um artigo publicado na revista *JAMA Network Open*. Em 44% dos casos, os microplásticos eram compostos de polipropileno (PP), o segundo polímero plástico mais produzido no

mundo (16% do total). Derivado do petróleo, ele gera um plástico duro e translúcido, que pode ser moldado com o calor e é amplamente usado na produção de embalagens; peças plásticas de veículos; produtos de uso pessoal, como fraldas e máscaras descartáveis; e equipamentos da área médica. Em proporção menor, havia também microplásticos de poliamida (PA), polietileno acetato de vinila (Peva) e polietileno (PE).

“Não havia grande quantidade de microplásticos nas amostras do bulbo olfatório, mas, de fato, eles estavam lá”, relata Mauad, que há mais de 15 anos investiga os efeitos da poluição sobre a saúde. Por algum tempo, ela própria desconfiou de que os microplásticos detectados não tivessem penetrado

no cérebro, mas fossem resultado de contaminação das amostras, uma vez que esse material está em toda parte e em quantidade expressiva no ar. Só se convenceu ao constatar, durante as análises, que as partículas eram muito fragmentadas e pequenas e se localizavam no interior das células ou nas proximidades de vasos sanguíneos.

“A detecção de microplásticos no cérebro causa preocupação porque ele é o órgão mais blindado do corpo”, afirma o químico Henrique Eisi Toma, do Instituto de Química da USP e estudioso dos nanomateriais, que não participou do estudo. Para chegar ao cérebro, as moléculas e agentes infecciosos têm de conseguir atravessar a chamada barreira hematoencefálica, uma espécie

O impacto em alguns órgãos

Estudos com animais e células humanas cultivadas em laboratório identificam potenciais efeitos nocivos dos microplásticos

- Concentração registrada em tecido humano
- Tamanho registrado em tecido humano
- Tipo registrado em tecido humano
- Efeito em animais e células

CÉREBRO

- Concentração desconhecida
- 5,5 a 26,4 micrômetros
- PP, PVA e PA
- Desequilíbrio na produção de energia, redução da viabilidade celular e prejuízo no desenvolvimento de organoides cerebrais

CORAÇÃO

- 0 a 7,8 microplásticos/grama
- 20 a 469 micrômetros
- PET e PU
- Danos na membrana das células, inflamação, desequilíbrio na produção de energia, morte celular, prejuízo no desenvolvimento das válvulas cardíacas e formação de coágulos (trombos)

PULMÕES

- 0,7 a 14 microplásticos/grama
- 1,5 a 223 micrômetros
- PP, PET, PE, PTFE, SEBS, TPE, PAN, PMMA, PU e PBS
- Inflamação, alterações no tecido e morte celular

FÍGADO

- 4,6 microplásticos/grama
- 9,8 micrômetros
- PET, PS, PVC, PMMA, POM e PP
- Desequilíbrio na produção de energia, inflamação e danos celulares

SISTEMA REPRODUTIVO

- 12 microplásticos/grama (testículos)
- 83,2 micrômetros (testículos)
- PS, PVC, PE e PP (testículos)
- Inflamação, alteração nos níveis de hormônios reprodutivos, queda na fertilidade

RINS

- 43 microplásticos/grama
- 1 a 29 micrômetros
- PE, PS e pigmentos
- Inflamação e morte celular

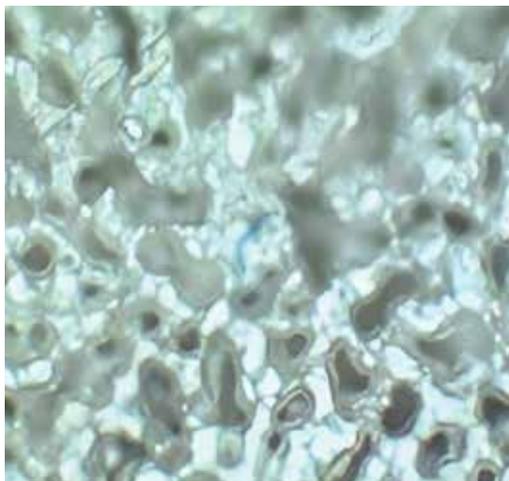
INTESTINOS

- 7,9 a 9,5 microplásticos/grama
- 44 a 60 micrômetros
- PVC e PBS
- Alteração da microbiota, disfunção da barreira intestinal, inflamação, morte celular

* Polietileno tereftalato (PET); poliamida (PA); polipropileno (PP); polivinil acetato (PVA); polietileno (PE); policloreto de vinila (PVC); polioxi metileno (POM); politetrafluoroetileno (PTFE); poliestireno (PS); poliuretano (PU); polimetilmetacrilato (PMMA); polibutileno succinato (PBS); elastômero termoplástico (TPE); copolímero de estireno-etileno-butileno (SEBS); poliacrilonitrila (PAN)

FONTES ALI, N. ET AL. *EBIOMEDICINE*. 6 DEZ. 2023 / LI, Y. ET AL. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*. 22 JUN. 2024 / AMATO-LOURENÇO, L. F. A. ET AL. *JAMA NETWORK OPEN*. 16 SET. 2024

Imagem de microscopia de partícula de microplástico (azul) no pulmão (ao lado) e no tecido cerebral (à dir.)



de membrana formada por três tipos de células estreitamente unidas que impede a passagem da maioria dos compostos carreados pelo sangue. “Muitas moléculas só conseguem atravessar a barreira usando mecanismos complicados de transporte”, explica o pesquisador, coordenador de um grupo que descreveu em dezembro na revista *Micron* uma estratégia que usa nanopartículas magnéticas envoltas em uma espécie de cola para retirar microplásticos da água.

Quatro meses antes de Mauad e Lourenço apresentarem seus achados na *JAMA Network Open*, um estudo norte-americano ainda não publicado sugeriu que os microplásticos não só chegariam ao cérebro, mas se acumulariam ali mais do que em outros órgãos. No trabalho, disponibilizado em maio no *Research Square*, um repositório de artigos que ainda não passaram pela revisão de especialistas da área, o bioquímico Matthew Campen, da Universidade do Novo México, e colaboradores compararam a concentração de partículas microscópicas de plástico no cérebro, no fígado e nos rins de 30 pessoas (17 haviam morrido em 2016 e 13 em 2024).

Uma diferença do trabalho foi que, nele, se adotaram técnicas que permitiram quantificar fragmentos de plástico na escala dos nanômetros (nm), até mil vezes menores do que os analisados pelo grupo da USP. Por convenção, os microplásticos incluem fibras, partículas e esferas com tamanhos que vão de 5 mm a 1 µm. Aqueles com dimensões menores são chamados de nanoplásticos (1 nm equivale à milésima parte do µm). Outra distinção é que a região cerebral analisada foi o córtex, que estaria mais protegido do meio exterior do que o bulbo olfatório.

Ao comparar a quantidade de micro e nanoplásticos (MNP) nos três órgãos, os pesquisadores observaram que ela era até 20 vezes mais elevada no cérebro do que no fígado, onde foi encontrada a menor concentração. Também notaram que a

quantidade de micro e nanoplásticos mais do que dobrou de um período para outro. Nas amostras de 2024, havia, em média, 8.861 microgramas (µg) de micro e nanoplásticos por grama (g) de tecido cerebral. Oito anos antes, a concentração média era de 3.057 µg/g. No fígado, ela era 145 µg/g em 2016 e subiu para 465 µg/g em 2024. Nos rins, a quantidade foi intermediária (cerca de 600 µg/g) nos dois períodos. Em todos os casos, o material detectado em maior abundância foi o polietileno. Também derivado do petróleo, esse polímero plástico foi sintetizado casualmente em 1898 pelo químico alemão Hans von Pechmann (1850-1902) e hoje é o plástico mais produzido no mundo (34% do total), usado em sacolas, garrafas, copos e filmes plásticos.

Ainda não publicado nem avaliado por especialistas da área, o que asseguraria que foram usados os métodos adequados e os resultados são confiáveis, o trabalho tem algumas limitações. Uma é que as amostras foram guardadas em recipientes plásticos, embora os autores afirmem que várias etapas de controle de qualidade foram tomadas para garantir que contaminantes externos não fossem incorporados aos cálculos da amostra. Ainda que não dê para descartar a contaminação, um argumento que os autores usam a seu favor é que as amostras mais antigas, de 2016, passaram mais tempo (de 84 a 96 meses) armazenadas em recipientes plásticos e mesmo assim continham uma quantidade muito menor de micro e nanoplástico do que as mais recentes, de 2024. Se o impacto da contaminação fosse importante, o oposto seria o esperado.

Para Toma, do IQ-USP, a detecção de nanopartículas plásticas no corpo humano é ainda mais preocupante do que a de microplástico porque as de nano têm o tamanho aproximado dos ví-

rus e podem interagir com as biomoléculas das células, uma vez que todas têm composição química semelhante – são formadas por átomos de carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio. “Os micro e nanoplásticos são um tema importante, que deve ser tratado com cautela. Todos estão expostos a eles, mas ainda não se conhecem bem seus efeitos sobre a saúde humana.”

Faz apenas duas décadas que as pesquisas sobre os microplásticos ganharam impulso e só mais recentemente se começou a estudar seu impacto sobre a saúde. O termo foi incorporado à literatura científica em 2004 pelo biólogo marinho Richard Thompson, da Universidade de Plymouth, no Reino Unido, embora a presença desse material nos oceanos já fosse conhecida havia mais tempo (ver Pesquisa FAPESP nº 281). De lá para cá, os micro e nanoplásticos já foram detectados em todo tipo de ambiente e, segundo um artigo de revisão liderado por Thompson e publicado em outubro na revista *Science*, no organismo de mais de 1,3 mil espécies de animais – de crustáceos e moluscos filtradores a peixes, vermes, insetos e mamíferos, entre os quais os seres humanos.

Duas são as principais fontes desses poluentes: os plásticos originalmente produzidos com dimensões muito pequenas, usados em cosméticos, tintas ou como matéria-prima de outros plásticos; e aqueles que resultam da degradação de peças plásticas maiores por ação de luz, calor, umidade e abrasão – estes, segundo algumas estimativas, representariam de 70% a 80% dos microplásticos que chegam à natureza.

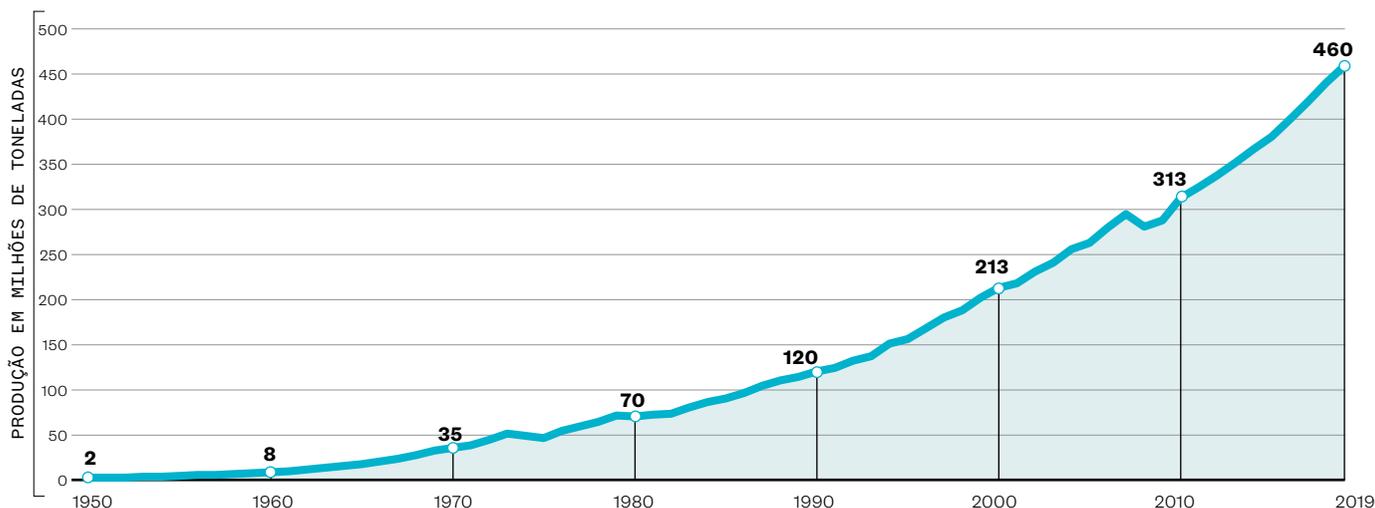
No corpo humano, eles já foram achados em praticamente todos os órgãos e tecidos nos quais se procurou. Coração, fígado, rins, intestinos, pulmões, testículos, endométrio, placenta e, mais recentemente, cérebro. Também já foram encontrados em diversos fluidos corporais: saliva, sangue, leite materno, sêmen e até mesmo no mecônio, as primeiras fezes do bebê, produzidas ainda durante a gestação.

As principais rotas de entrada no corpo são a ingestão de alimentos e bebidas contendo micro e nanoplásticos, ou pela respiração, embora uma pequena proporção também possa atravessar a pele. Estudos com tecidos em cultura e animais de laboratório sugerem que “apenas uma pequena fração dos microplásticos administrados é capaz de atravessar as barreiras epiteliais dos pulmões e dos intestinos”, escreveram os pesquisadores Andre Dick Vethaak, da Universidade Livre de Amsterdã, morto em junho de 2024, e Juliette Legler, da Universidade de Utrecht, ambas nos Países Baixos, em um breve artigo de revisão publicado em 2021 na *Science*. Mas, quanto menores, em especial na escala de dezenas ou centenas de nanômetros, mais facilmente eles cruzam essas barreiras, chegam ao sangue e aos vasos linfáticos. Dali, distribuem-se pelo corpo, podendo depois se acumular nos órgãos.

O que se conhece de seus potenciais efeitos sobre o organismo foi observado em dezenas de experimentos com animais, em particular ratos e camundongos, ou células humanas cultivadas em laboratório, vários deles mencionados em revisões recentes publicadas nas revistas *eBioMedicine* e *Science of the Total Environment*. Em quase todos os tecidos em que foram encontradas, as micro

Um mundo cada vez mais plástico

Produção anual de resinas e fibras cresceu 230 vezes em 70 anos



FONTES GREYER, R. ET AL. *SCIENCE ADVANCES*. 2017 / OCDE - GLOBAL PLASTICS OUTLOOK (2022) / OUR WORLD IN DATA

e nanopartículas provocaram reações semelhantes: inflamação, aumento das espécies reativas de oxigênio no interior das células, além de dano e morte celular. Alguns desses efeitos podem alterar a formação de órgãos em desenvolvimento ou prejudicar a capacidade de regeneração dos já maduros (ver infográfico na página 14).

“Os estudos com animais dão uma pista do que pode ocorrer, mas é difícil saber quanto desses efeitos biológicos podem ser traduzidos para os seres humanos”, avalia Lourenço, primeiro autor do artigo da *JAMA Network Open*, que atualmente faz pós-doutorado na Universidade Livre de Berlim, na Alemanha. Foi ele quem anos atrás sugeriu a Mauad iniciar as pesquisas com microplásticos na USP e, antes de detectar essas partículas no cérebro humano, já as havia identificado nos pulmões de pessoas que viviam em São Paulo.

Os críticos e os próprios pesquisadores que investigam os efeitos dos micro e nanoplásticos na saúde apontam várias lacunas que os estudos ainda não preencheram. Esses materiais sintéticos podem afetar os órgãos e tecidos em consequência da composição química, de sua geometria ou de microrganismos que podem carregar, mas, por ora, não se sabe qual o impacto de cada um desses fatores. Também não são conhecidos se há um limite de concentração além do qual eles se tornam tóxicos para o corpo – muitos estudos com animais usam doses maiores que as encontradas no ambiente –, nem qual seria o tempo mínimo de exposição para que os danos comessem a se manifestar.

“É complicadíssimo avaliar todos esses parâmetros de uma única vez em um estudo”, afirma Lourenço, que, em um experimento realizado no edifício principal da FM-USP e reportado na revista *Science of the Total Environment*, havia mostrado que a concentração de microplásticos era cerca de três vezes maior em ambientes internos do que ao ar livre.

Outra crítica é que os estudos com células e animais quase sempre são feitos com partículas puras, sem os aditivos químicos que são amplamente usados e alteram as características dos plásticos. No início de 2024, pesquisadores do projeto PlastChem, que reúne informações sobre produtos químicos nos plásticos e seus efeitos sobre o ambiente e a saúde, publicaram um relatório enumerando 16 mil compostos (ingredientes brutos e aditivos) encontrados ou que se pensa serem usados em plásticos. Deles, 4,2 mil causam preocupação por serem persistentes, bioacumulativos, de fácil espalhamento ou tóxicos.

“Evidências científicas robustas de impactos adversos à saúde humana são conhecidas apenas para alguns produtos químicos plásticos, porque isso é muito difícil de estudar”, explicou a toxicologista Jane Muncke, diretora-executiva e diretora científica da organização não governamental suíça Food Packaging Forum, a *Pesquisa FAPESP*. “A maior parte do que se sabe é sobre o bisfenol A e outros bisfenóis; o dietilexil-ftalato e outros ftalatos; éteres difenílicos polibromados, que são usados como retardantes de chama; e substâncias de per e polifluoroalquil. Todos são conhecidos por prejudicar a saúde humana em níveis muito baixos. Nenhum nível de exposição seguro é conhecido ou deve ser assumido”, completou.



Indústria de embalagens utiliza quase um terço dos plásticos produzidos no mundo

Por ora, o que se conhece de efeito mais direto sobre a saúde humana vem de um estudo de pesquisadores italianos publicado em março de 2024 no *The New England Journal of Medicine*. No trabalho, o médico Raffaele Marfella, da Universidade da Campânia, na Itália, e colaboradores acompanharam por cerca de três anos a saúde de 257 pessoas que haviam passado por um procedimento cirúrgico para retirar placas de gordura (ateroma) das carótidas, as principais artérias que irrigam o cérebro. As placas de 150 participantes continham partículas de microplásticos (majoritariamente polietileno), enquanto as dos outros 107 estavam livres desses contaminantes. Ao final do estudo, a proporção de pessoas que havia sofrido infarto, acidente vascular cerebral ou morrido por qualquer razão era 4,5 vezes maior no primeiro grupo do que no segundo.

Embora o estudo seja associativo e não permita estabelecer uma relação de causa e efeito, os pesquisadores suspeitam que o aumento desses problemas se deva em parte à presença dos micro e nanoplásticos. “Nosso estudo sugere que os micro e nanoplásticos em placas de ateroma podem exacerbar a inflamação e o estresse oxidativo no endotélio vascular. Esses efeitos podem desestabilizar as placas, tornando-as mais vulneráveis a se romperem, o que pode levar a eventos cardiovasculares agudos, como infarto do miocárdio ou derrame”, afirmou Marfella a *Pesquisa FAPESP*.

Ele e os outros pesquisadores não descartam a possibilidade de que mais fenômenos expliquem o aumento dos problemas cardiovasculares. “Os mecanismos alternativos incluem a possibilidade de que os microplásticos sirvam como transportadores para outras substâncias nocivas, que podem

contribuir ainda mais para a inflamação sistêmica e a disfunção endotelial. Além disso, condições preexistentes, como síndrome metabólica ou diabetes, podem predispor os indivíduos tanto ao maior acúmulo de microplásticos quanto aos riscos cardiovasculares”, acrescentou.

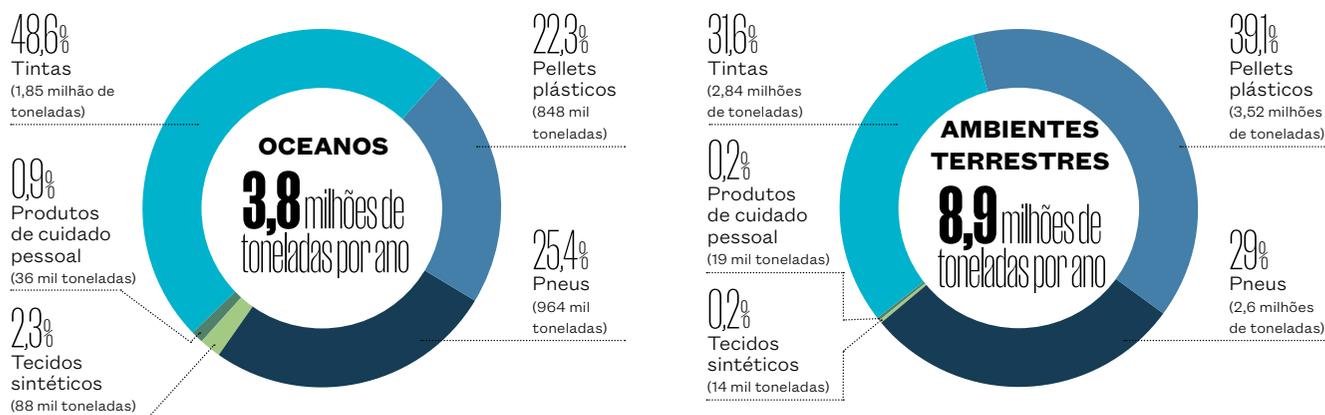
Na tentativa de descobrir se os microplásticos podem agravar a formação do ateroma, o cardiologista Kleber Franchini e sua equipe no Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, em São Paulo, iniciaram em outubro a fase-piloto de um estudo que pretende acompanhar 2 mil pessoas ao longo de dois anos. O objetivo é verificar se a presença de micro e nanoplásticos no sangue – e em qual concentração – influencia a extensão das placas de ateroma nas artérias do coração. “Estudos recentes mostram que a formação das placas de ateroma tem origem inflamatória e, aparentemente, só o aumento do colesterol não seria suficiente para causar o problema”, explica Franchini. “Se os micro e nanoplásticos são inflamatórios, talvez aumentem ou acelerem a formação das placas”, pressupõe.

Enquanto não surgem mais estudos medindo o efeito dos micro e nanoplásticos sobre a saúde humana, o que cada um pode fazer é minimizar sua exposição a eles reduzindo os utensílios e objetos plásticos em casa, evitando as roupas de fibras sintéticas e o consumo de alimentos e bebidas embalados em plástico, que quando aquecidos liberam ainda mais dessas partículas. Um estudo de 2019 constatou que um saquinho de chá mergulhado na água a 95 graus Celsius libera

Na terra e nos mares

A cada ano, são lançados nos oceanos e nos ambientes terrestres 12,7 milhões de toneladas de microplásticos de origem primária

POR FONTE DOS MICROPLÁSTICOS



FONTE: EARTH ACTION (2023)

OBS.: a soma pode ser ligeiramente maior ou menor que 100% em consequência de arredondamento dos valores



Descarte inadequado contribui para o espalhamento de microplásticos no ambiente

11,6 bilhões de partículas de microplástico e 3,1 bilhões de nanoplástico por xícara.

Livrar-se totalmente deles é hoje – e talvez o seja por muito tempo – impossível. A produção global de plásticos cresce desde a década de 1950 e, nos últimos 20 anos, aumentou à taxa de 50% por década, alcançando os 460 milhões de toneladas em 2019 (*ver gráfico na página 16*). Uma estimativa recente da organização não governamental Earth Action estima que todos os anos 3,8 milhões de toneladas de micro e nanoplásticos cheguem aos mares e outros 8,9 milhões aos ambientes terrestres (*ver gráfico na página 18*). Mesmo que a produção global de plásticos fosse interrompida por completo hoje, a quantidade de macro, micro e nanoplásticos que chega ao ambiente continuaria subindo por muito tempo.

Uma expectativa de ação internacional para começar a controlar o problema foi frustrada no final do ano. De 25 de novembro a 1º de dezembro, cerca de 3 mil delegados de mais de 170 países estiveram reunidos em Busan, na Coreia do Sul, para tentar aprovar um tratado global contra a poluição plástica. O documento vinha sendo discutido havia dois anos e tentava estabelecer regras globais juridicamente vinculantes para reduzir a poluição plástica no mundo, levando em conta o ciclo completo de vida dos plásticos – desde a extração e a produção do petróleo até o descarte e a reciclagem. Por pressão dos países produtores de petróleo, porém, o encontro terminou sem consenso.

Na revisão da *Science*, Thompson lembrou que, mesmo que ainda existam lacunas de conhecimento e de dados sobre os riscos dos microplásticos, a ação política não tem de esperar. “Ela pode ser justificada com base no princípio da precaução e, portanto, medidas podem, e possivelmente devem, ser tomadas agora para reduzir as emissões”, afirmou.

“Há quem fale que é preciso banir os plásticos, mas essa não é uma saída razoável”, argumenta o químico Walter Waldman, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), *campus* de Sorocaba. “Os plásticos permitem proteger os alimentos de contaminação e possibilitaram a existência de materiais descartáveis na prática médica, com redução das infecções. São leves, baratos e versáteis. O problema é terem tomado o mercado e ter se estabelecido uma cultura de que plástico é descartável. É preciso manter os plásticos onde funcionam bem e substituí-los onde a gestão é difícil”, afirma o pesquisador, que recentemente iniciou um projeto apoiado pela FAPESP para rastrear os microplásticos no organismo humano. “O sistema está montado e a indústria tem de assumir a responsabilidade de ajudar a encontrar a solução, em vez de jogar o problema apenas para o consumidor”, diz. “O que não dá é para ficar como está.” ●

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

O cuidado revelado

Socióloga da USP tornou-se referência em estudos sobre a atuação de profissionais como cuidadoras e trabalhadoras domésticas

CHRISTINA QUEIROZ__retrato LÉO RAMOS CHAVES

Com a infância marcada por perdas e acompanhada por mulheres que desafiaram o contexto social de seu tempo, a socióloga Nadya Araujo Guimarães tornou-se referência em estudos sobre o cuidado, sendo uma das responsáveis pela consolidação desse campo de pesquisa no Brasil. Órfã de mãe aos 5 anos, foi criada pela avó e tia maternas.

Guimarães, de 75 anos, iniciou em 1968 a graduação em história na Universidade de Brasília (UnB). Atraída pela disciplina de ciências sociais, seguiu esse curso simultaneamente, no qual acabou por titular-se quando estava a ponto de se formar em história. Em 1976, foi para o México com dois filhos pequenos para fazer o doutorado. Naquela época, o país recebia intelectuais de toda a América Latina, fugindo dos regimes autoritários que assolavam a região.

Especialista na área da sociologia do trabalho, ingressou nesse campo de estudos interessada em entender as formas de expressão política de trabalhadores informais e suas estratégias de organização, que se desenvolviam sem o amparo de sindicatos.

Hoje, junto com outras sociólogas, ela vem atuando na linha de frente da investigação sobre o tema do cuidado, expandindo o olhar da academia sobre um objeto de análise que, até então, tinha atraído principalmente a atenção de profissionais do campo da saúde.

Membro titular da Academia Brasileira de Ciências (ABC), Guimarães aposentou-se da Universidade Federal da Bahia (UFBA) em 1996, aos 47 anos. Mais tarde, em 2002, começou a lecionar no Departamento de Sociologia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP), onde hoje atua como professora titular. Desde 1993, é pesquisadora do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap).

Casada com Antonio Sergio Alfredo Guimarães, também sociólogo da USP, Guimarães tem um filho e uma filha de seu primeiro casamento, além de oito netos. No final de 2024, ela concedeu esta entrevista a *Pesquisa FAPESP* em duas longas conversas realizadas no Cebrap e na USP, no marco da aprovação da Política Nacional de Cuidados. Em dezembro, essa legislação, que garante direitos e promove melhorias em relações profissionais ou voluntárias de cuidado, foi aprovada pelo Senado e seguiu para sanção presidencial.

ESPECIALIDADE

Sociologia do trabalho

INSTITUIÇÃO

Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap) e Universidade de São Paulo (USP)

FORMAÇÃO

Graduação (1971) e mestrado (1974) em sociologia pela Universidade de Brasília (UnB) e doutorado em sociologia pela Universidade Autônoma do México (1983)



A família de seu pai é de Alagoas. Por que mudou para a Bahia?

O meu avô paterno pertencia a uma família rica de Alagoas. Ele já era casado com a minha avó quando perderam tudo após uma enchente do rio São Francisco, que destruiu as salinas de que era proprietário. A perda econômica e de posição social desequilibrou emocionalmente o meu avô. Em um período de altíssima mortalidade infantil no Brasil, eles haviam tido 16 filhos, dos quais apenas oito sobreviveram. A minha avó tomou, então, as rédeas da situação e decidi migrar. Fez as malas e, com o marido e os oito filhos, rumou para Salvador, onde recomeçou a vida do zero. Foi uma decisão corajosa. Com o marido incapacitado, ela criou os filhos sozinha. Todos tiveram de começar a trabalhar muito cedo, inclusive o meu pai, João Araujo dos Santos, que era o mais velho.

Seus pais se conheceram em Salvador?

Sim, mas eu perdi minha mãe, Orlanda Neves Araujo, muito cedo. Quando tinha 5 anos, ela faleceu, por um erro médico no parto do meu irmão. Foi criada por minha avó materna, Isabel Neves Ferraz, uma dona de casa, e por minha tia, Edith Neves Ferraz de Carvalho, médica. No final dos anos 1940, quando nasci, os padrões que regulavam o que se permitia a uma mulher eram rígidos. A minha mãe formou-se como normalista e, em seguida, se casou, sem iniciar a carreira de professora. Já a minha tia queria ser médica, contrariando o desejo de seu pai, para quem ela deveria se tornar professora primária. Então, ela lhe propôs um acordo: durante o dia seguiria o curso normal, voltado à formação de professoras, e à noite cursaria o científico, que era a porta de entrada para carreiras em áreas de ciências exatas e biológicas. Ela foi um exemplo para mim.

Por quê?

Aprendi com ela a prezar pela autodeterminação e não ceder em meus objetivos. Ela ingressou na Faculdade de Medicina da UFBA e formou-se em uma turma em que apenas duas mulheres se titularam. Quando estava prestes a terminar a graduação, testemunhou o erro

médico que a fez perder a sua única irmã, minha mãe. Essa tragédia, certamente, influenciou as suas escolhas. Ela decidiu tornar-se obstetra e ginecologista. Era como se assumisse, dali em diante, a missão de reparar o sofrimento enfrentado por sua irmã durante o parto malsucedido. Desde os 8 anos, eu costumava acompanhá-la aos domingos em suas idas aos hospitais. Visitávamos pacientes e dávamos alta às mães, sempre alegres com seus bebês.

Quais foram os impactos da perda de sua mãe na família?

Nosso núcleo familiar acabou se fragmentando. Meu irmão foi viver com a avó paterna e eu com a materna. Isso nos privou da convivência entre irmãos, das brigas, mas também da cumplicidade que vai sendo tecida no curso da relação cotidiana. Essa experiência explica o quanto valorizo, hoje, a relação entre irmãos. Confesso que por muito tempo me perguntei por que meu pai não conseguiu manter nossa família unida após a perda da minha mãe. Hoje, mais madura, releio o passado com outros olhos e compreendo. Os homens não

“
**Aprendi com
minha tia materna,
que me criou
junto com
a minha avó, a
prezar pela
autodeterminação**

eram preparados para cuidar. Seu papel era prover a família pelo trabalho. Diante da perda da esposa e do desafio de se ver só com duas crianças pequenas, um recém-nascido e uma menina de 5 anos, ele foi viver com a própria mãe, encarregando-a de criar o filho que lhe parecia o mais vulnerável.

A senhora chegou a pensar em ser médica?

Cresci com esse objetivo. Queria ser cirurgiã pediátrica. Estudei no Colégio de Aplicação da UFBA e me preparava para o vestibular à carreira de médica. No entanto, no primeiro ano do antigo curso científico, um teste vocacional caiu como um raio sobre mim: seu resultado apontava que eu era vocacionada para as humanidades. Recebi com revolta o resultado e resisti a mudar de trajeto, a ser transferida para o curso clássico, focado em carreiras nas ciências humanas e sociais. A direção pedagógica da escola fez uma proposta: que eu experimentasse seguir as disciplinas do clássico por três meses. Caso não me adaptasse, voltaria para o científico. Concordei e, para minha surpresa, adorei o clássico.

Por que foi para Brasília?

Quando terminei o Colégio de Aplicação, prestei vestibular e entrei na Universidade de Brasília [UnB], em 1968. Eu tinha 17 anos e fui morar sozinha na cidade. Naquele momento, a UnB oferecia um projeto inovador de ensino. Os estudantes faziam um ciclo básico de disciplinas e só definiam a graduação depois de finalizá-lo. Entrei no ciclo básico de humanidades, decidida a cursar história. Até que fui apresentada à antropologia e fiquei encantada. A UnB permitia que o aluno tivesse flexibilidade na composição do currículo, de forma que era possível agregar disciplinas de diferentes áreas no processo de formação. Assim, optei pela graduação em história, mas comecei a fazer disciplinas do curso de ciências sociais.

Como foi a transição para a sociologia?

Um dos eventos decisivos foram as aulas de sociologia latino-americana, disciplina ministrada por Gláucio Ary Dillon Soares [1934-2021], um brilhante

te e carismático professor que tinha acabado de voltar ao Brasil, depois de fazer doutorado nos Estados Unidos. Ele também foi diretor da Faculdade Latino-americana de Ciências Sociais [Flacso], no Chile. Gláucio me ofereceu uma bolsa de iniciação científica para trabalhar como assistente no preparo de seu primeiro livro editado no Brasil. Além disso, a UnB estava começando o seu programa de mestrado em sociologia. Decidi, então, mudar de rumo. Já não me inscrevi em disciplinas do curso de história e acelerei a formação em ciências sociais. Queria me graduar a tempo de ingressar na segunda turma do mestrado, na condição de professora auxiliar de ensino, o que aconteceu em julho de 1971.

Quais foram os impactos do golpe militar na UnB?

A instituição foi profundamente afetada. Logo em 1964, professores foram demitidos e presos, entre eles os sociólogos Perseu Abramo [1929-1996] e Rui Mauro Marini [1932-1997], que anos mais tarde seria meu orientador de doutorado. Os alunos eram também perseguidos. Foi um período difícil. O ambiente acadêmico era estimulante e havia liberdade de pensamento na sala de aula, mas nenhuma política ou militância estudantil era permitida e convivíamos com invasões frequentes ao *campus*.

O que pesquisou no mestrado?

Depois de haver estudado os determinantes do surpreendente peso do voto de esquerda nas eleições de Goiás em 1960, quis compreender a construção do poder local, observando o papel de grupos oligárquicos.

Por qual motivo voltou à Bahia?

Aproximando-se o fim do mestrado e, com isso, meu vínculo com a UnB como auxiliar de ensino, recebi, em 1973, uma proposta de trabalho para integrar, na UFBA, a equipe de coordenação de um estudo para avaliar a implementação da reforma universitária em instituições de ensino superior no país. Nesse mesmo ano, nasceu a minha primeira filha. Em 1974, decidi prestar concurso para professora do Departamento de Sociologia da UFBA e fui aprovada em primeiro lugar.



Ná década de 1970, o México foi um abrigo para intelectuais da América Latina que fugiam de ditaduras

Como se aproximou de pesquisas na sociologia do trabalho?

Na UFBA, me conectei com o grupo do Centro de Recursos Humanos onde a socióloga Inaiá Maria Moreira de Carvalho desenvolvia estudos sobre atitudes políticas de operários na Bahia. Naquele momento, estavam em voga análises sobre subemprego e marginalidade urbana e pesquisadores da Fundação Joaquim Nabuco, em Pernambuco, e da UFBA tinham concluído dois levantamentos, em Salvador e no Recife, sobre trabalhadores em ocupações informais. A equipe precisava de alguém para analisar os dados referentes às perguntas sobre as atitudes políticas desses trabalhadores. Esse trabalho foi o primeiro passo para o que se tornaria o foco de minha pesquisa no doutorado.

Por que decidiu fazer o doutorado no México?

Desde que terminei o mestrado e à medida que a minha filha crescia, comecei a fazer contatos para realizar o doutorado no exterior. O antropólogo Roberto Cardoso de Oliveira [1928-2006], então chefe do Departamento de Ciências Sociais na UnB, sugeriu que eu bus-

casse uma vaga no Colegio de México, que tinha inaugurado um programa de doutorado dirigido pelo sociólogo e antropólogo Rodolfo Stavenhagen [1932-2016]. Assim, me candidatei a uma vaga, em 1976. Eu tinha acabado de ter o meu segundo filho e cheguei ao México em agosto, quando ele estava com apenas 1 mês e meio e minha filha com 2 anos e meio.

Como foi a experiência?

Minha agenda de pesquisa no México seguia focada na conexão entre trabalho e política. Eu havia redefinido meus interesses temáticos, deixando a sociologia eleitoral para explorar como a inserção no mercado de trabalho moldava formas de ação coletiva. Nessa época, vários países da América Latina, como Brasil, Argentina, Uruguai e Chile, viviam sob regimes ditatoriais. Com isso, o México se tornou um refúgio para intelectuais da região, inclusive exilados por problemas políticos, como era o caso de meu orientador no doutorado, Rui Mauro Marini. Isso fazia da Cidade do México um vibrante celeiro do pensamento crítico latino-americano. O Colegio de México era uma instituição maravilhosa. Entretanto, o seu programa de doutorado era, na verdade, um grande ciclo de formação que envolvia mestrado e doutorado. Eu já tinha completado o mestrado no Brasil e percebi que usaria os meus três anos de afastamento de atividades de ensino apenas para cursar disciplinas. Com isso, corria o risco de voltar ao Brasil sem ter avançado no meu projeto de tese. Com a anuência do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq], fiz a seleção para o programa de doutorado em sociologia da Faculdade de Ciências Políticas e Sociais da Universidade Nacional Autônoma do México [Unam].

Quanto tempo viveu no México?

Residi continuamente entre 1976 e 1978, período em que completei as disciplinas obrigatórias do doutorado. Isso me permitiu voltar ao Brasil e usar o último ano de meu afastamento para fazer a pesquisa de campo. Em 1982 e 1983, retornei ao México algumas vezes, em estadas de alguns meses, para terminar de escrever e defender a tese.

O que investigou no doutorado?

No Brasil, os estudos sobre atitudes e comportamento político de trabalhadores concentravam as suas atenções no proletariado industrial. As análises se voltavam para os trabalhadores urbanos, ocupados no mercado formal, em atividades associadas ao crescimento econômico do Sudeste, ao ABC paulista, aos sindicatos e à organização operária. Esse era o mundo sobre o qual refletiam pesquisadores como Fernando Henrique Cardoso, Leôncio Martins Rodrigues [1934-2021], Juarez Brandão Lopes [1925-2011] e Maria Hermínia Tavares de Almeida. No entanto, havia outro universo de trabalhadores urbanos que crescia vertiginosamente. Eles estavam fora do circuito do emprego industrial e regular. Eram os trabalhadores informais, que sobreviviam de bicos, sem padrões fixos ou sindicatos. Esse era um grupo pouco visível para a sociologia do trabalho brasileira, sendo mais analisado por estudiosos do contexto urbano, como Luiz Antonio Machado da Silva [1941-2020] e Lucio Kowarick [1938-2020]. Como esses trabalhadores informais, sem sindicatos e fora de fábricas, atuavam politicamente? Como eles se organizavam em conjunturas políticas de intensa mobilização na sociedade brasileira? Na tese, tentei responder a essas perguntas.

Quais foram as conclusões?

Para buscar essas respostas, realizei um estudo de caso sobre as formas de manifestação política de trabalhadores informais, observando o que se passava em Pernambuco, principalmente no Recife, entre 1955 e 1964, momento de notável ação coletiva, no campo e na cidade. Esse período que antecedeu o golpe militar foi marcado pelo governo progressista de Miguel Arraes [1916-2005], que foi prefeito da cidade de 1960 a 1962 e, posteriormente, governador do estado, entre 1962 e 1964, quando foi preso e cassado. Era um momento de condições ideais à politização e organização coletiva. Passei meses pesquisando no Arquivo Público do Recife, vasculhando, no noticiário de periódicos locais, sinais das formas de expressão desses trabalhadores, dos quais se esperava apenas a inação. Além disso, entrevistei dirigentes comunistas, mi-

litantes e políticos para reconstituir a memória daquele período. Descobri que trabalhadores informais, como vendedores ambulantes e empregadas domésticas, desenvolviam estratégias de organização solidária e ação coletiva, mesmo sem contar com a infraestrutura de sindicatos e vínculos sólidos com empresas. Encontrei registros de movimentos, como a Campanha do Prato Vazio, e registrei a organização de ambulantes, evidenciando a ação coletiva que acontecia fora dos moldes tradicionais.

Essas formas de expressão de trabalhadores informais também foram identificadas em outros lugares do país?

Sim. Pesquisando no Arquivo Público do Recife descobri uma história inusitada ocorrida em Brasília. No início dos anos 1960, a construção civil na capital federal estava em crise devido à recessão econômica. Muitos trabalhadores migrantes, que haviam chegado para construir a cidade, ficaram sem trabalho. Diante do desemprego, organizaram-se em grupos voluntários para varrer as ruas. Dividi-

ram a cidade em áreas, nomeando líderes para tais espaços. Depois de um tempo, conseguiram convencer a prefeitura a remunerá-los pelo trabalho. Poucos meses depois, os trabalhadores da construção civil entraram em greve. Diante desse movimento, aqueles que também haviam sido trabalhadores da construção e eram, agora, varredores de rua decidiram também entrar em greve, exigindo da prefeitura os mesmos aumentos salariais dos trabalhadores da construção civil. A experiência prévia como operários continuava a moldar sua ação coletiva, que se politizou. Eles chegaram ao noticiário nacional em razão de seu malsucedido intento de resistir ao golpe militar.

Quando a temática de gênero entrou em sua agenda de pesquisa?

Mesmo que as mulheres trabalhassem, elas haviam estado pouco presentes nas análises fundadoras da sociologia do trabalho no Brasil. Sabemos, hoje, que, na história da indústria brasileira, importantes setores econômicos foram marcados pela presença feminina, como os ramos têxtil e de confecções. Ademais, o trabalho doméstico remunerado sempre foi um domínio feminino: ainda hoje, cerca de 90% dessa força de trabalho é composta por mulheres. Além disso, o mundo da informalidade sempre deu espaço para a mão de obra feminina. Mesmo assim, no Brasil dos anos 1960, raras investigações sobre o mercado de trabalho foram atentas à dimensão de gênero. Sociólogas como Heleieth Saffioti [1934-2010] e Eva Blay foram precursoras desses estudos. Em 1983, já integrada ao Centro de Recursos Humanos na UFBA, passei a investigar a dinâmica das transformações na estrutura ocupacional na Bahia, sob um movimento de desconcentração da atividade industrial no Brasil. Foi nesse contexto que a questão de gênero se tornou imperiosa para mim.

O que impulsionou essas transformações?

O Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento, lançado em 1974 pelo presidente Ernesto Geisel [1907-1996], incentivou a descentralização industrial do país, incluindo a abertura de polos petroquímicos na Bahia e no Rio Grande do Sul. Isso propiciou o surgimento



Os trabalhadores informais se organizavam em ações coletivas que aconteciam fora dos moldes tradicionais

de uma classe operária moderna em locais que haviam visto a indústria perder centralidade. Muitos desses novos operários eram jovens formados em escolas técnicas, que aspiravam seguir outras carreiras, mas acabavam se tornando trabalhadores subalternos. Ao mesmo tempo, engenheiros e outros profissionais de alto escalão eram trazidos do Sudeste para atuar nessas indústrias, criando um caldo de tensão que se intensificou ao longo dos anos. Por outro lado, o trabalho feminino formal começou a ganhar visibilidade no Brasil urbano. Setores como saúde, educação e outros serviços urbanos, que eram permeáveis à presença das mulheres, cresceram em cidades como Salvador. Era impossível não enxergar essa realidade. Em 1987, publiquei *O que é que a baiana faz? Novos padrões de divisão sexual do trabalho no estado da Bahia*, em que analiso essas mudanças. Foi o meu primeiro texto exclusivamente dedicado ao tema do trabalho feminino.

Como a questão de raça se conecta com essa virada?

Na Bahia, é impossível entender o desemprego e a informalidade sem considerar que esses fenômenos formam o cotidiano das pessoas negras. Em Salvador, por exemplo, 80% da população é negra. Festas populares, como o Carnaval, criavam vagas temporárias para indivíduos negros que, fora desse período, enfrentavam dificuldades para conseguir ocupação e renda. No começo dos anos 1990, com o apoio da Fundação Ford, desenvolvemos um programa interdisciplinar de pesquisas na UFBA para analisar, dentre outros temas, as dinâmicas do mercado de trabalho com foco em questões de raça e gênero. Os resultados saíram em livros dos quais participei, entre eles *Trabalho e desigualdades raciais. Negros e brancos no mercado de trabalho de Salvador* [Editora Annablume, 1998], coorganizado com a socióloga Vanda Sá-Barreto, e *Imagens e identidades do trabalho* [Editora Hucitec, 1995], elaborado em coautoria com o sociólogo Antonio Sergio Alfredo Guimarães e o antropólogo francês Michel Agier.

O que levou a senhora a se radicar em São Paulo?



No Brasil dos anos 1960, raros estudos sobre o mercado de trabalho foram atentos à questão de gênero

Em 1993, com meus filhos crescidos e na universidade, resolvi fazer um estágio de pós-doutorado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, o MIT. Licenciada da UFBA, antes de ir para os Estados Unidos, passei um semestre no Cebrap, planejando a estruturação de uma área de pesquisa focada em estudos do trabalho. Permaneci no Departamento de Estudos Urbanos do MIT durante um ano. Quando voltei ao Brasil, em 1996, me aposentei na UFBA. Nesse momento, o filósofo José Arthur Giannotti [1930-2021], à época presidente do Cebrap, me convidou para retornar à instituição, inicialmente com uma bolsa da FAPESP. Integrei-me à instituição desde então como pesquisadora associada, tendo implantado e dirigido por vários anos a área de estudos do trabalho. Nesse período, a minha agenda de pesquisas se alargou. Passei de temas como a reestruturação produtiva, a inovação tecnológica e seus impactos sobre o trabalho, para estudos sobre trajetórias ocupacionais de trabalhadores em contextos de ampliação do desemprego. Comecei a ter especial interesse no impacto dessas mudanças em diferentes grupos raciais, etários

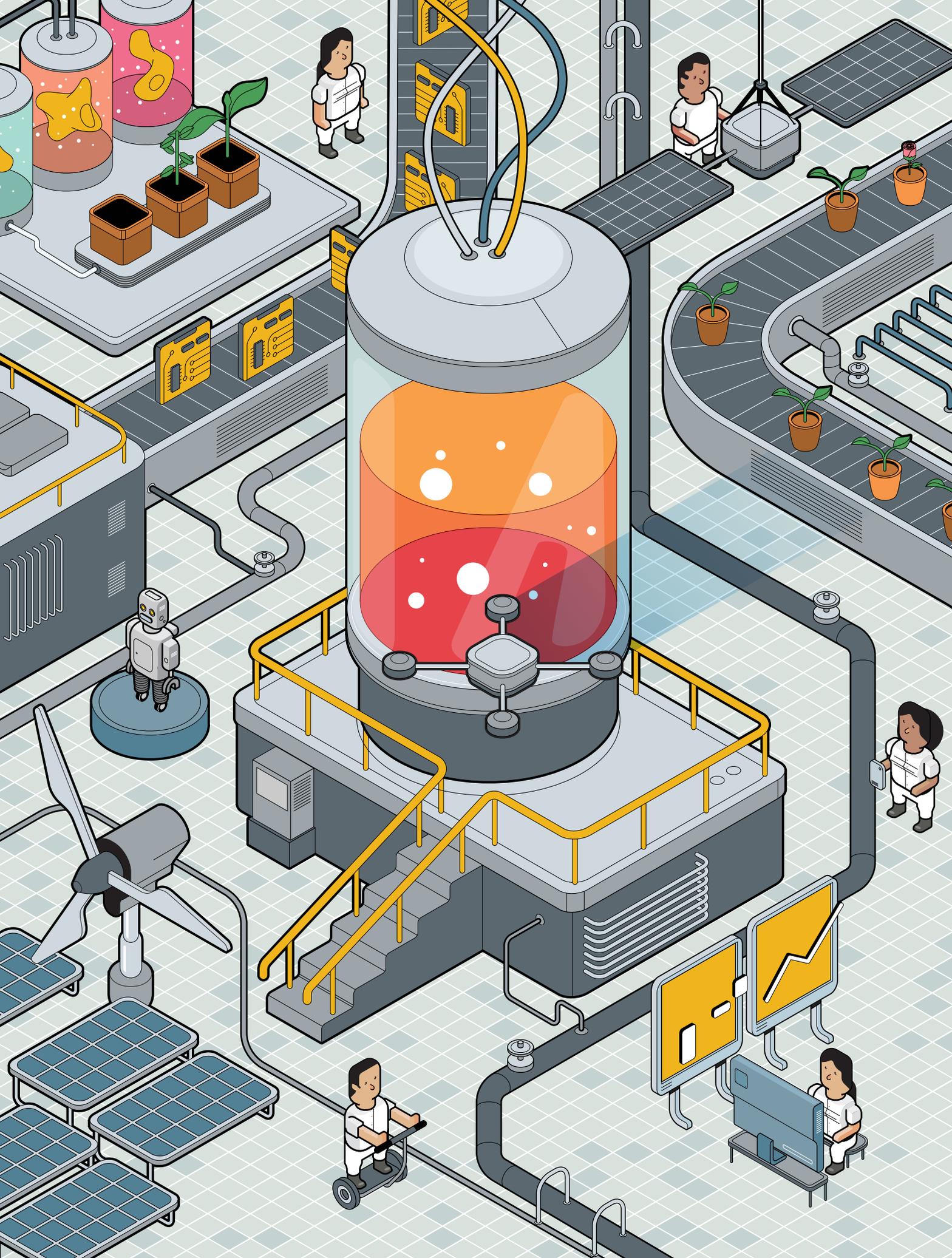
e de gênero. Aprofundei, em seguida, análises sobre a experiência subjetiva do desemprego, comparando países com distintas estruturas de mercado de trabalho e regimes de proteção social, como Brasil, França e Japão. Dessa frente de pesquisa, resultaram diversos livros, entre eles *Trabalho flexível, empregos precários* [Edusp, 2009], ganhador do Prêmio Jabuti.

Como o cuidado tornou-se objeto de estudos na sociologia?

A temática do cuidado era praticamente inexistente na sociologia brasileira nos anos 1990. É certo que desde a década de 1960 teóricas feministas já vinham se dedicando ao estudo do trabalho não pago realizado por mulheres no ambiente doméstico ou mesmo ao emprego doméstico, mas não se falava explicitamente em cuidado. Quando o termo aparecia, era analisado pelo viés da saúde e relacionado ao envelhecimento. Linhas de estudos na sociologia e antropologia do cuidado se desenvolveram no Brasil no decorrer dos anos 2000, em sintonia com o avanço de debates internacionais. A socióloga brasileira Helena Hirata, do Centro de Pesquisas Sociológicas e Políticas de Paris, na França, e eu tentamos documentar esse momento organizando um grande seminário internacional em São Paulo, do qual resultou o livro *Cuidado e cuidadoras. As várias faces do trabalho do care* [Editora Atlas, 2012].

Em que está trabalhando atualmente?

Coordeno o estudo comparativo internacional *Who cares? Rebuilding care in a post-pandemic world*, apoiado pela FAPESP e pela rede de colaboração internacional Trans-Atlantic Platform for the Social Sciences and Humanities. O estudo se dedica a pensar o cuidado no contexto da pandemia e no período que a ela se segue. Além do Brasil, Estados Unidos, Canadá, França, Colômbia e Reino Unido estão envolvidos no projeto. Analisamos temas como as necessidades familiares de cuidado, o mercado de trabalho, as políticas públicas e as formas de regulação de direito ao cuidado. O projeto terminará em 2025. Várias publicações têm resultado dos colóquios internacionais, o último dos quais acontecerá em São Paulo, em abril. ●



Negócios intensivos em ciência

As *deep techs*, startups de forte base científica que desenvolvem soluções para problemas complexos, ganham foco e interesse no país

CARLA ZIMMERMAN — ilustrações ALEXANDRE AFFONSO

O biólogo Rafael Souza já perdeu a conta das vezes que foi para locais remotos do Cerrado e de outros biomas brasileiros. Ele tem um objetivo claro quando se embrenha em campos do interior do país: coletar amostras de plantas e de solo. Na volta, o material é levado ao laboratório. É então que começa a etapa mais crucial do trabalho, com a análise do sequenciamento genético do material e o cruzamento de dados, em que ferramentas de inteligência artificial são usadas para identificar microrganismos com maior potencial para ajudar plantas a absorver nutrientes ou resistir a condições desfavoráveis. Esse tipo de bioinsumo para cultivos agrícolas é um tema de interesse de Souza há bastante tempo. Sua pesquisa de doutorado em biologia molecular e genética, concluída em 2018 na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), tratou da diversidade microbiana em plantações de cana e seu impacto na produção. Entre 2019 e 2021, fez um pós-doutorado no Centro de Pesquisa em Genômica Aplicada às Mudanças Climáticas da Unicamp, com bolsa da FAPESP, sobre microrganismos que promovem a tolerância à seca em variedades de milho.

“A agricultura brasileira é uma grande consumidora de bioinsumos”, afirma Souza, referindo-se, por exemplo, ao sucesso de *Bradyrhizobium*, um gênero de bactéria que, inoculada no solo, ajuda a fixar o nitrogênio, presente em 80% da área plantada de soja no país. “Mas há pouco desenvolvimento dessas tecnologias aqui.” Souza e o biólogo Jader Armanhi, colega de doutorado na Unicamp, criaram em 2021 a Symbiomics, startup sediada em Florianópolis (SC), que produz cepas de microrganismos para quatro famílias de bioinsumos: para nutrição vegetal; para tornar o fósforo solúvel e fixar nitrogênio no solo; para proteção contra pragas e patógenos; e para reforçar atividades metabólicas das plantas. A empresa licenciou microrganismos para uma parceira, a Stoller, do grupo Corteva Agriscience, e os primeiros produtos devem chegar ao mercado em 2026. A Symbiomics já recebeu quase R\$ 15 milhões em várias rodadas de investimento, provenientes de fundos como o Vesper, de Santa Catarina, e o americano The Yield Lab.

A empresa é um exemplo de *deep tech*, uma categoria de startup de base científica que busca criar soluções para problemas complexos, como ampliar a oferta de alimentos, criar novas terapias contra doenças ou gerar energia

limpa. Elas se distinguem de outras startups por proporem inovações com potencial disruptivo, apresentarem ciclos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) demorados e exigirem investimentos consideráveis e de longo prazo. “São fortemente baseadas em ciência e, muitas vezes, fundadas por pesquisadores”, diz o advogado Daniel Pimentel, diretor da consultoria Emerge Brasil. “Os investidores estão mais acostumados a negócios de tecnologia da informação, criados para lançar softwares ou aplicativos e gerar retorno em um horizonte curto, e ainda têm dificuldade de compreender o que as *deep techs* fazem e seu potencial de gerar lucros extraordinários. Isso começa a mudar.”

Em outubro, a Emerge Brasil divulgou o “Relatório Deep Techs Brasil 2024”, que mapeou empresas desse tipo em atividade no país. A consultoria levantou dados sobre startups junto a instituições de fomento e os complementou com informações coletadas diretamente nas empresas. Encontrou 875 firmas que se encaixam nesse perfil, atuando em áreas como biotecnologia, nanotecnologia, ciências da computação, materiais avançados, mobilidade, entre outros. Os setores de mercado que mais se destacam no levantamento são o da saúde humana e farmacêutico, com 243 negócios, e o de agronegócio e saúde animal, com 202.

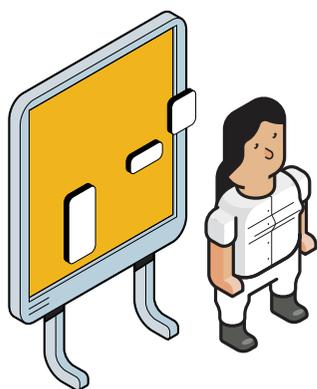
O estudo apontou que 70% das empresas mapeadas ainda estão amadurecendo suas tecnologias, enquanto 30% avançaram para o estágio de ganho de escala e entrada no mercado. As que têm

sucesso demoram em geral cinco anos para começar a crescer. “Como estão na fronteira da ciência, muitas demandam mais tempo para amadurecer”, explica Guilherme Ary Plonski, professor sênior do Instituto de Estudos Avançados (IEA) e da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária (FEA) da Universidade de São Paulo (USP). O trabalho estimou que 20% das *deep techs* brasileiras deveriam crescer em 2024, enquanto 6% poderiam reduzir seu faturamento anual. A maioria – 62% – foi criada nos últimos cinco anos.

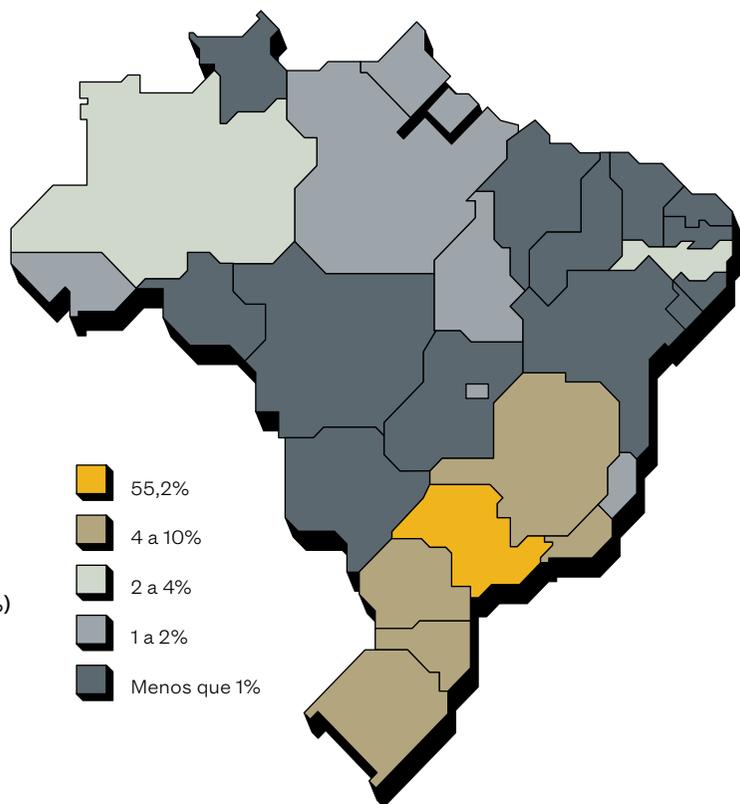
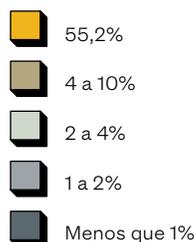
Um dos principais desafios no país é conseguir financiamento em volume suficiente. As *deep techs* estão longe de ser a primeira opção de fundos de capital de risco: de acordo com dados publicados no relatório, em 2023, 84,5% dos investimentos de *venture capital* no Brasil foram em negócios digitais e no setor financeiro. Elas dependem de investidores-anjo, pessoas que possuem capital para investir em companhias nascentes, apostando em seu potencial de crescimento, e de financiamento público, preferencialmente não reembolsável. Essas duas fontes representam 70% dos investimentos em *deep techs*, calculou a Emerge Brasil.

Segundo o relatório, instituições como a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) têm desempenhado um papel importante no fomento a essa categoria de negócio. O levantamento destaca principalmente o programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe), da FAPESP, que financiou 28% das *deep techs* mapeadas (*ver box*), como

O perfil das 875 *deep techs* brasileiras



Onde se distribuem
Os estados de origem das empresas (em %)



FONTE "RELATÓRIO DEEP TECHS BRASIL 2024" - EMERGE BRASIL

“uma política pública consistente no estímulo ao empreendedorismo e inovação de forma constante e previsível”. De acordo com o economista Carlos Américo Pacheco, diretor-presidente do Conselho Técnico-Administrativo da FAPESP, a Fundação vem desempenhando o papel de principal agência pública de financiamento a startups de base tecnológica, atuando nas fases iniciais dessas empresas. “Nessas fases, as empresas ainda não têm receita. No Brasil e em vários outros lugares do mundo, o mercado não atua nesse segmento, pois é difícil fazer uma avaliação da empresa para realizar um aporte de capital”, explica. Desde 1997, o Pipe apoia projetos de pesquisa de empresas que precisam melhorar e detalhar seu plano de negócios (Pipe-fase 1), desenvolver uma tecnologia ou um processo inovador (fase 2), ou dar escala a seus produtos e serviços (fase 3).

Um desdobramento recente é o aporte de recursos pela FAPESP em Fundos de investimento (FIP), em parceria com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e outras instituições financeiras. “Atualmente atuamos em cinco FIP, que aportam recursos em empresas egressas do Pipe. Também selecionamos dois grupos de investidores-anjo e duas plataformas de investimento participativo (*crowd-funding*) para fazer captação e aporte nas empresas que fazem parte do Pipe. São formas de ir além do financiamento à pesquisa, para apoiar essas empresas nas suas fases de crescimento”, diz Pacheco.

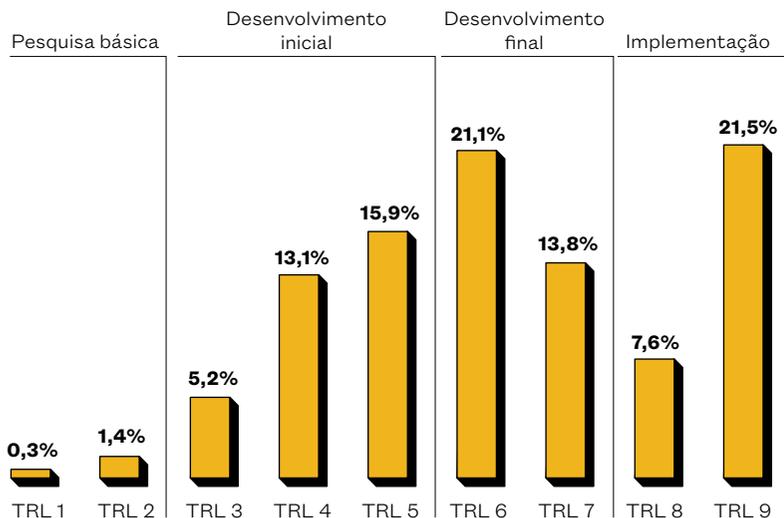
A Inspectral, startup que criou uma tecnologia de análise de qualidade da água em reservatórios por meio de imagens feitas por câmeras em drones, teve sucesso em combinar diferentes fontes de fomento para se estabelecer no mercado. Fundada em 2019 em Presidente Prudente, interior paulista, já recebeu apoio de agências como a FAPESP – por meio do Pipe em projetos fase 1 e 2 –, a Finep, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Sebrae, além do grupo de investidores-anjo BR Angels, que aplicou R\$ 2 milhões na Inspectral em 2023. A empresa foi criada pelos pesquisadores Alisson do Carmo e Nariane Bernardo. Com doutorado em ciências cartográficas e sensoriamento remoto pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Carmo uniu forças com Bernardo, sua colega de universidade com a mesma formação. A *deep tech* começou analisando a qualidade da água para usinas hidrelétricas que precisavam monitorar a proliferação de macrófitas, plantas que podem se multiplicar rapidamente nos reservatórios. A dupla havia se dedicado, durante a formação acadêmica, à análise de bactérias da água e parâmetros de qualidade de bacias hidrográficas.

A Inspectral utiliza imagens de câmeras multiespectrais instaladas em drones e satélites que conseguem medir comprimentos de onda de luz invisíveis ao olho humano. Algoritmos relacionam as imagens com parâmetros de qualidade da água, como a turbidez, para estimar a presença e a prevalência de bactérias e outros microrganismos. “Os resultados são obtidos de forma rápida, o que permite uma tomada de decisões mais ágil por parte do cliente”, explica Carmo. A startup adaptou a

O estágio de desenvolvimento

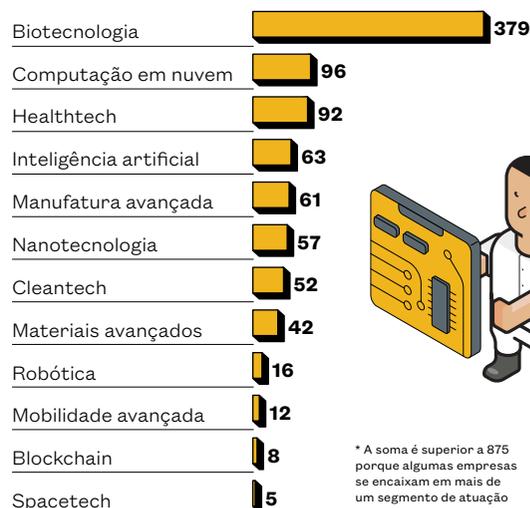
O nível de maturidade tecnológica das tecnologias das empresas, de acordo com a escala TRL*

* Technology Readiness Level



O que fazem

Tipos de *deep techs* distribuídos por segmentos de atuação*



tecnologia para analisar a incidência de focos de queimada e recuperação de mata nativa por meio de imagens coletadas por drones e satélites. O faturamento em 2023 chegou a R\$ 1 milhão e a expectativa era fechar 2024 com um resultado de R\$ 4 milhões.

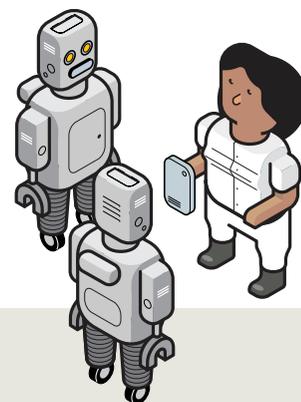
“O fomento público tem sido essencial, mas o volume de financiamento que as *deep techs* conseguem obter em geral limita seu crescimento”, afirma Bernardo Petriz, cofundador da Peptidus Biotech. A startup biotecnológica, criada em 2021 e sediada no Parque Tecnológico de Brasília (BioTIC), utiliza inteligência artificial generativa para desenvolver peptídeos bioativos, moléculas compostas por aminoácidos que podem ter ação terapêutica. Petriz e seu sócio, Octávio Franco, tiveram a ideia de abrir a empresa após criarem um peptídeo com ação contra o envelhecimento da pele em laboratórios da Universidade Católica de Brasília (UCB). A tecnologia foi licenciada no exterior. Franco é professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Genômicas e Biotecnologia da UCB e Petriz fez o doutorado na instituição.

Depois de estudar o mercado, os pesquisadores chegaram à conclusão de que as melhores oportunidades no país estavam no segmento de saúde animal. Formularam então um peptídeo, batizado de MastPep, que combate as bactérias causadoras da mastite, doença que provoca uma inflamação na glândula mamária das vacas. A pesquisa do novo peptídeo foi realizada em laboratórios da UCB e da Universidade Católica Dom Bosco, em Campo Grande (MS). “Precisaríamos de US\$ 3 milhões

para estruturar parte da nossa operação laboratorial e desenvolver os ativos e obtivemos menos de um décimo disso com recursos públicos”, conta Petriz. O MastPep passa agora pela última fase de testes. A empresa se prepara para expandir seu quadro de pessoal, o que será possível graças a um financiamento de R\$ 280 mil do CNPq, voltado à contratação de pesquisadores por 24 meses. E planeja buscar outras fontes de investimento.

Globalmente, os investimentos em *deep techs* chegaram a US\$ 79 bilhões em 2023, segundo uma pesquisa do Boston Consulting Group. O patamar é 26% menor que o de 2022, quando os aportes atingiram um pico. Negócios com sede nos Estados Unidos receberam metade desses recursos. Os europeus aparecem em seguida com 20% do total de investimentos. A pesquisa também mostra que, desde 2019, as *deep techs* representam cerca de 20% dos investimentos globais de *venture capital*, com destaque para as áreas de biotecnologia e novos materiais.

O termo *deep tech* foi criado em 2014 pela investidora Swati Chaturvedi, fundadora da Propel(x), plataforma de investimentos norte-americana. A ideia era distinguir esse tipo de startup, para facilitar sua apresentação ao mercado e atrair o tipo certo de investimento. Uma das principais diferenças entre as *deep techs* brasileiras e as de países desenvolvidos, como os Estados Unidos,



Estímulo para empresas de base tecnológica

Cinquenta e cinco por cento das *deep techs* estão situadas em São Paulo, de acordo com o mapeamento da consultoria Emerge Brasil. O relatório destaca que o estado criou ambientes de inovação no entorno de suas universidades públicas, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e de instituições de pesquisa como o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). E se distingue pelo estímulo e apoio a empresas de base tecnológica.

“A concentração também se deve a uma maior disponibilidade de recursos de fomento à inovação para startups do que a de outros estados, por meio do programa Pesquisa

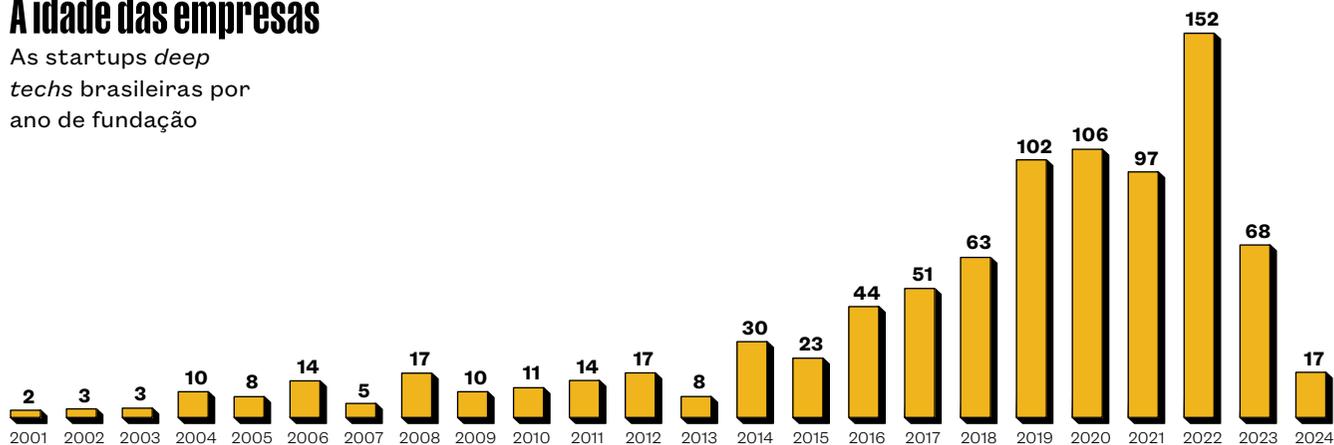
Inovativa em Pequenas Empresas, o Pipe, da FAPESP”, analisa Daniel Pimentel, diretor da consultoria. Vinte e oito por cento das *deep techs* mapeadas receberam recursos do programa Pipe, que desde 1997 já apoiou perto de 2 mil empresas no estado. Um exemplo é a nChemi, *deep tech* de nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento de novos materiais. Fundada em 2015 por pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFScar), criou uma película ultrafina, baseada em nanopartículas de óxidos de metal, que pode ser usada como revestimento de uma série de produtos, de instrumentos cirúrgicos a máquinas industriais. “O material prolonga a vida útil dos produtos e,

no caso de instrumentos cirúrgicos, melhora sua performance”, diz o engenheiro e doutor em ciência e engenharia de materiais Bruno Henrique Ramos de Lima, CEO da nChemi.

O revestimento pode ser usado também em moldes e roscas de extrusão plástica, inclusive para PVC, aumentando a durabilidade desses equipamentos. O desenvolvimento da inovação levou cinco anos, durante os quais Lima e seus sócios, o engenheiro Tiago Conti e o administrador Lucas Tognolli, precisaram se dedicar exclusivamente ao negócio. A nChemi fechou 2023 com um faturamento de R\$ 480 mil e perspectiva de encerrar 2024 com um crescimento de 20%.

A idade das empresas

As startups *deep techs* brasileiras por ano de fundação



FONTE "RELATÓRIO DEEP TECHS BRASIL 2024" - EMERGE BRASIL

é a robustez do ambiente de inovação, composta por investidores privados, órgãos de fomento público, universidades e centros de pesquisa. “No Brasil, o principal obstáculo para chegar ao ganho de escala é o volume de financiamento mais restrito”, diz Fernando Peregrino, chefe de gabinete da presidência da Finep. A agência, vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, lançou o documento *Proposta de diretrizes para a construção de uma Estratégia Nacional de Apoio a Startups Deep Techs e seus ecossistemas no Brasil* durante a 5ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, realizada em julho em Brasília. A proposta recomenda a simplificação de trâmites regulatórios e jurídicos e pede a criação de mecanismos de apoio adequados a essas empresas. Como exemplos, o documento enfatiza a necessidade de destinar mais recursos não reembolsáveis para essas startups; de promover modelos mistos de financiamento; e de utilizar compras governamentais para impulsionar o mercado. Em novembro, representantes da Finep, BNDES, Sebrae e da Confederação Nacional da Indústria (CNI) assinaram um protocolo para a criação de uma política pública de apoio às *deep techs*.

O engenheiro de produção Plínio Targa, CEO da brain4care, participou das discussões sobre as propostas apresentadas pela Finep em julho, em Brasília. “Esse tipo de iniciativa é importante para fomentar um setor altamente inovador”, afirma. A brain4care criou uma tecnologia não invasiva de monitoramento da pressão intracraniana, já utilizada por mais de 80 hospitais e clínicas no Brasil. Um sensor, preso por uma faixa na cabeça do paciente, capta dados neurológicos que são processados por plataforma de inteligência artificial, gerando indicadores que sinalizam o risco de aumento da pressão intracraniana. Com isso, é possível antecipar o cuidado e evitar o agravamento dos distúrbios neurológicos. O dispositivo, que pode ser uma alternativa para a prática de abrir o crânio do paciente e inserir um sensor

no cérebro, vem sendo usado em pessoas que sofreram traumas cranioencefálicos ou acidente vascular cerebral ou apresentam hidrocefalia entre outras condições neurológicas.

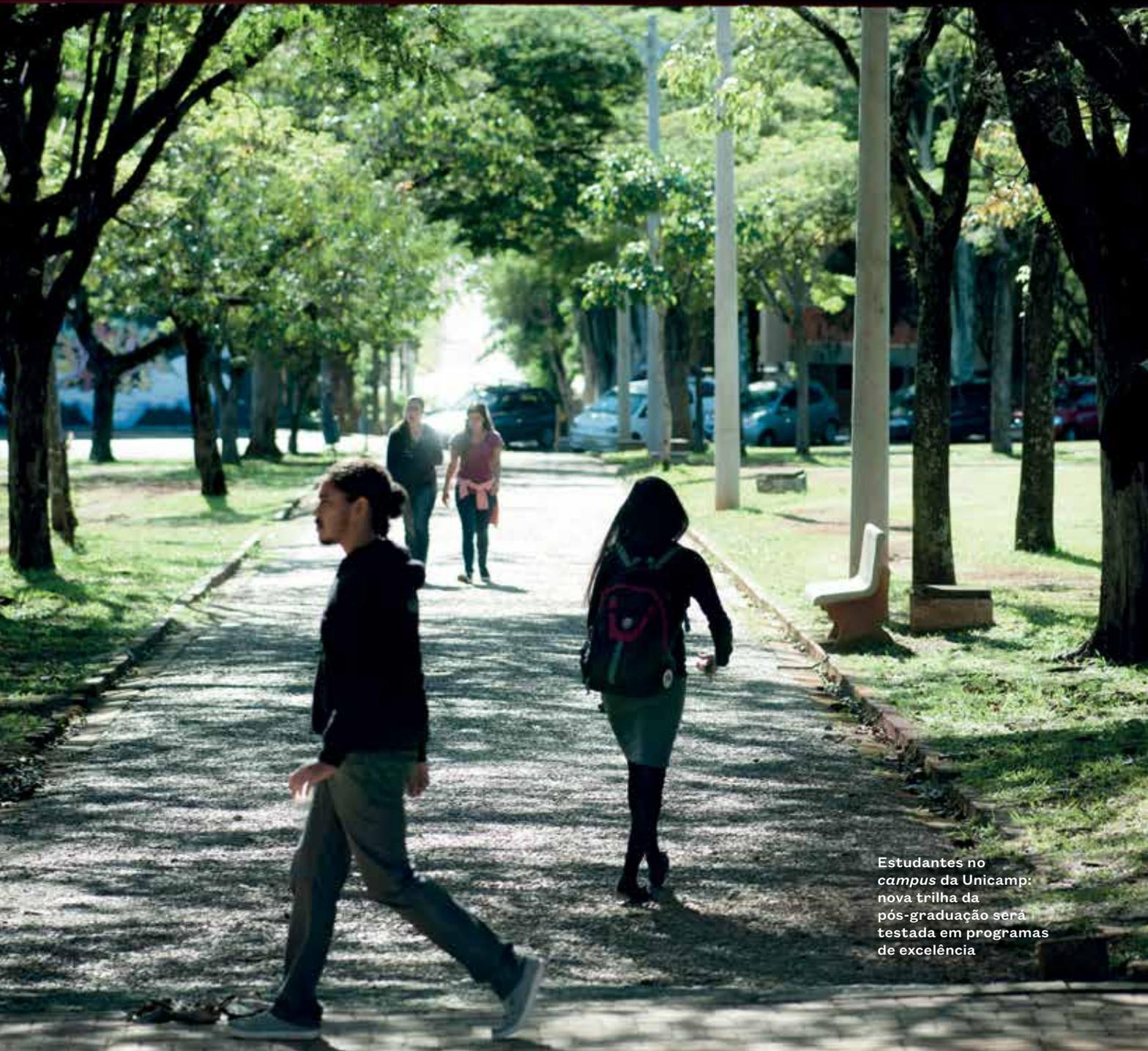
A inovação partiu de Sérgio Mascarenhas de Oliveira (1928-2021), pesquisador do Instituto de Física de São Carlos da USP (ver Pesquisa FAPESP nº 221). Com o apoio do Pipe da FAPESP, a startup foi criada em 2014 por Mascarenhas, pelo farmacêutico-bioquímico Gustavo Frigieri Vilela, também da USP em São Carlos, e o engenheiro Rodrigo Andrade. Targa entrou como investidor-anjo e sócio em 2016. Em setembro passado, a Finep aprovou uma subvenção de R\$ 5,4 milhões para estudos clínicos que irão avaliar o impacto socioeconômico da tecnologia no tratamento emergencial de condições neurológicas no Sistema Único de Saúde (SUS). A empresa acaba de entrar no mercado dos Estados Unidos.

Apesar de o financiamento ser um gargalo importante, ampliar as fontes não resolveria todos os problemas das *deep techs*. De acordo com Peregrino, da Finep, o Brasil precisaria formar mais pesquisadores para garantir capital humano capaz de abastecer um sistema robusto de companhias intensivas em ciência. “Enquanto na Coreia do Sul há cerca de 7.500 pesquisadores para cada 1 milhão de habitantes, aqui temos de 800 a mil pesquisadores para 1 milhão de pessoas”, avalia. Ele observa que os fundadores das *deep techs* nacionais enfrentam dificuldades para montar uma infraestrutura adequada de pesquisa e contratar profissionais especializados. “Em mercados mais maduros, esses desafios estão mais bem encaminhados”, afirma Peregrino. ●

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

PÓS-GRADUAÇÃO

Atalho flexível



Estudantes no campus da Unicamp: nova trilha da pós-graduação será testada em programas de excelência

Novo modelo prevê mestrado com currículos interdisciplinares e chance de migrar para o doutorado após um ano de curso

FABRÍCIO MARQUES

Um novo modelo de pós-graduação vai ser testado a partir de 2025 em um programa-piloto que reúne seis universidades públicas no estado de São Paulo. A ideia é de que os estudantes ingressem em mestrados estruturados de forma bem mais flexível do que o padrão atual. Dependendo da instituição, no primeiro ano do curso os alunos seguirão um currículo de caráter interdisciplinar, com algumas matérias voltadas, por exemplo, ao empreendedorismo e à solução de problemas da sociedade, e serão estimulados a se envolver em atividades de extensão relacionadas a seu tema de pesquisa. Paralelamente, vão elaborar o projeto de pesquisa e procurar um orientador – etapas que, no modelo atual, ocorrem na maioria das vezes antes do ingresso.

Encerrado esse ciclo de 12 meses, os estudantes serão avaliados por uma comissão e terão a oportunidade de seguir diferentes trilhas. A depender do desempenho nas disciplinas e da excelência do projeto de pesquisa apresentado, poderão fazer mais um ano de curso, concluir sua dissertação e receber o título de mestre, como é o padrão, ou então migrar para o doutorado e concluí-lo dali a quatro anos. Uma terceira alternativa, caso o aproveitamento seja considerado insuficiente, é encerrar esse percurso no final do primeiro ano e receber um diploma de especialização.

Esse itinerário acadêmico foi proposto em um protocolo de intenções assinado em novembro por representantes das seis universidades – a de São Paulo (USP), as também estaduais de Campinas (Unicamp) e Paulista (Unesp), e as federais de São Paulo (Unifesp), de São Carlos (UFSCar) e do ABC (UFABC) –, além dos presidentes da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e do Conselho Superior da FAPESP. O modelo vai ser implementado nos

próximos cinco anos com foco em um universo restrito de estudantes. Apenas programas de pós-graduação que tenham as duas notas mais altas na escala de avaliação da Capes, 6 e 7, poderão participar do programa-piloto – eles respondem por cerca de 30% dos cursos de mestrado e doutorado das seis universidades. Mas não se espera que todos adotem o novo percurso, já que a adesão ao modelo será voluntária. O formato atual de doutorado direto, em que estudantes de graduação seguem diretamente para o doutorado sem passar pelo mestrado, embora seja pouco utilizado, continua disponível para todos os programas, independentemente da adesão ao novo modelo.

Nessa fase-piloto, a possibilidade de migrar para o doutorado após 12 meses será limitada a um número pré-definido de bolsas de mestrado, concedidas pela Capes, que podem ser convertidas em bolsas de doutorado, financiadas também pela Capes e complementadas pela FAPESP até alcançar os valores oferecidos pela Fundação. Na prática, cada programa de pós-graduação terá direito a uma ou no máximo duas dessas bolsas de doutorado. A Unicamp, por exemplo, receberá 35 bolsas anuais, distribuídas entre 37 programas, aqueles com notas 6 e 7. O impacto, no primeiro momento, será pequeno para uma instituição que formou 747 doutores e 1.113 mestres em 2023.

De acordo com o engenheiro de materiais Luiz Antonio Pessan, diretor de Programas e Bolsas no país da Capes, o objetivo principal é tornar mais envolvente a formação de pós-graduação para atrair mais estudantes e ampliar o número de doutores. “O Brasil tem 10 doutores para cada 100 mil habitantes, enquanto a média dos países industrializados vinculados à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico [OCDE] é três vezes maior”, afirma. Embora o Brasil tenha atingido a meta, estabelecida no último Programa Nacional de Pós-graduação,

de titular 25 mil doutores e 60 mil mestres por ano, em tempos recentes o sistema perdeu fôlego: passou a ter menos titulados por conta da pandemia, entre outros fatores, e a atrair menos candidatos em seus processos seletivos, em um sinal de exaustão do modelo, apesar de sinais recentes de uma recuperação lenta (ver Pesquisa FAPESP nº 315). A perda de interesse é atribuída a problemas como a duração longa da formação (doutores brasileiros recebem o título com idade média de 38 anos, ante 31 nos Estados Unidos) e o caráter marcadamente acadêmico dos currículos, pouco atraentes para quem busca uma carreira de pesquisador em empresas, no setor público ou em organizações não governamentais.

A arquitetura do modelo busca enfrentar esses problemas. “Hoje, em média, o doutoramento se dá com 38 anos e esse aumento de tempo não resultou em aumento de qualidade. Essa é uma realidade que temos de mudar, simplificando os processos, reduzindo a burocracia e as exigências desnecessárias para a formação de bons pesquisadores”, disse o presidente do Conselho Superior da FAPESP, Marco Antonio Zago, no lançamento do programa. Para o sociólogo Simon Schwartzman, do Instituto de Estudos de Política Econômica, no Rio de Janeiro, a proposta pode ser um passo para corrigir o que ele considera uma anomalia da educação superior brasileira. “No Brasil, o doutorado direto ainda é pouco frequente e prevaleceu a ideia de que o mestrado é um antecedente necessário para o doutorado. Isso é uma aberração brasileira, até porque os mestrados cada vez mais são procu-

rados por quem quer melhorar sua qualificação profissional no mercado de trabalho e não tem interesse em fazer doutorado. O doutorado é para quem vai trabalhar com pesquisa e precisa de uma formação mais aprofundada, mas ela fica longa demais com a etapa do mestrado no meio”, afirma.

O hematologista Rodrigo Calado, pró-reitor de Pós-graduação da USP, conta que acelerar a geração de doutores no país é desejável por vários motivos. “Para a sociedade e para a economia brasileira, é importante contar com pesquisadores de alto nível o mais rapidamente possível, seja para trabalhar na universidade, no setor público ou no privado. E iniciar a carreira mais cedo também faz com que o recurso investido na educação dê retorno logo”, diz. A formação mais curta também permite que o jovem doutor ingresse no mundo do trabalho, comece a construir uma carreira e possa sustentar sua família a partir dos 30 anos, superando incertezas e a dependência de bolsas. Segundo o pró-reitor, a USP titula seus doutores com uma média de idade de 37 anos, um ano a menos do que o patamar brasileiro. “Se conseguirmos reduzir para 34 anos, seria um passo grande, mas o ideal seria diminuir para 31 anos, como nos Estados Unidos. O pico de produção científica das pessoas acontece por volta dos 30 anos de idade”, diz. “O processo hoje é muito desestimulante. Imagine escolher uma profissão sabendo que só vai estar empregado por volta dos 40 anos.” Dos 262 programas de pós-graduação da USP, cerca de 50 têm nota 6 e 7 e estão aptos a testar o modelo.

Na Unifesp, os 13 programas que poderão aderir ao novo modelo são da área da saúde, vinculados à Escola Paulista de Medicina e à Escola Paulista de Enfermagem. Para o pró-reitor de Pós-graduação e Pesquisa da instituição, o arquiteto e urbanista Fernando Atique, o impacto da nova modalidade promete ser sensível. “A formação na área médica é muito longa. Além da graduação, há a residência. Os médicos demoram a fazer mestrado e muitos deixam para fazer o doutorado mais tarde, quando já estão estabelecidos na carreira. Caso completem a pós-graduação aos 30 anos, será um grande ganho”, afirma. Atique conta que boa parte dos doutores formados na Unifesp é de outros estados. “Doutores mais jovens e com bagagem mais dinâmica poderão passar em concursos e qualificar suas instituições, além de trabalhar em grandes centros clínicos e indústrias farmacêuticas.”

Já na UFSCar, oito programas poderão aderir, sendo quatro em humanidades, três em ciências exatas e um na área da saúde. “Os programas vão decidir se querem ou não participar do novo modelo. Já temos experiência com doutorado direto em engenharias e algumas áreas da saúde, mas

Laboratório de Genética do Desenvolvimento, da USP: doutores são titulados na universidade com idade média de 37 anos



Pesquisadores do Centro de Pesquisas em Obesidade e Comorbidades, da Unicamp: 747 doutores e 1.113 mestres formados na universidade em 2023



não nas humanidades, em que a maturação da pesquisa e da formação de doutores é mais lenta”, afirma o sociólogo Rodrigo Constante Martins, pró-reitor de Pós-graduação da universidade. Pelo número de bolsas disponíveis para a universidade – sete por ano –, Constante calcula que a universidade terá entre 28 estudantes de doutorado contemplados nos quatro anos de convênio, por enquanto uma fração dos cerca de 350 doutores titulados a cada ano. “Esperamos que a experiência dê certo e, com o tempo, o financiamento se amplie para que possamos ter mais estudantes beneficiados do que teremos nessa fase-piloto.”

Na avaliação da cientista política e pró-reitora de Pós-graduação da Unicamp, Rachel Meneguello, os mestrados é que sentirão o maior impacto. “Estamos propondo que os ingressantes tenham uma grade curricular mais interdisciplinar, que construam seu projeto de pesquisa e façam estágios extramuros. A ideia não é fazer mestrados profissionais, mas dinamizar a formação para aproximá-la do mundo do trabalho”, afirma. Segundo ela, a aceleração do treinamento de doutores terá resultados só no longo prazo, mesmo porque, como observa, ampliar a quantidade de alunos que fazem o doutorado direto nunca foi algo simples. “Tem que ser um aluno muito bem-preparado para fazer jus a uma oportunidade como essa”, diz. “Certas áreas, como odontologia, computação e algumas engenharias, estão mais interessadas no novo formato, porque já têm mestrados de caráter mais aplicado, mas outras estão avaliando o modelo.”

Em 2022, a Unesp já havia feito um movimento para aperfeiçoar os currículos de pós-graduação, de modo a garantir uma formação abrangente. “Nosso portfólio de disciplinas passou a incluir aulas de ética, empreendedorismo, conhecimento sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, algumas delas feitas de modo híbrido para permitir a participação de estudantes da Unesp em diferentes cidades”, afirma a química Maria Valnice Boldrin, pró-reitora de Pós-graduação da universidade. “Mas esse programa vai além ao criar uma trilha que inclui atividades extramuros. Além de diminuir o tempo de formação dos doutores, ele aperfeiçoa a dos mestres.”

Em meados de 2024, as três universidades estaduais paulistas promoveram uma discussão para propor mudanças conjuntas no formato da pós-graduação de modo a ampliar o interesse dos estudantes (ver Pesquisa FAPESP nº 340). “Logo percebemos que não daria para mudar sem ter o apoio da Capes e da FAPESP. Contar com a Fundação foi fundamental, porque reafirma a vocação da pós-graduação como o lugar de fazer pesquisa”, diz Boldrin.

Pessan, da Capes, afirma que representantes de outros estados estão procurando a agência federal para conversar sobre o modelo – a intenção é implementá-lo com apoio das fundações estaduais de amparo à pesquisa. “O importante é que a gente estimule os programas a se aperfeiçoarem. O sistema de pós-graduação não pode ficar estagnado”, afirma. Ele diz que a Capes está atenta a eventuais mudanças em indicadores dos programas de pós-graduação motivadas pelo novo modelo de forma a não permitir que eles as prejudiquem na avaliação quadrienal. ●



boas práticas

Encontros às cegas

Método rastreia colaborações científicas fora de padrão para detectar artigos comercializados por fábricas de *papers*

Um estudo publicado na revista *Scientific Reports* apresentou um método para identificar trabalhos produzidos por fábricas de *papers* – serviços fraudulentos que vendem manuscritos científicos, frequentemente gerados por programas de inteligência artificial e baseados em dados fabricados, e os submetem a periódicos em nome dos clientes. Em vez de procurar pistas de plágio ou imagens manipuladas, que são os traços mais comuns dos artigos falsificados, o modelo se debruça principalmente sobre características da relação de autores, cuja combinação atípica pode indicar uma origem espúria.

A premissa principal é que, como pesquisadores pagam para terem seus nomes incluídos nos estudos falsificados, isso acaba gerando parcerias improváveis e de padrão muito diferente das que são estabelecidas no mundo real, tais como as que unem jovens pesquisadores e seus ex-orientadores e supervisores ou as ramificações de colaborações consagradas. A

nova abordagem rastreia uma série de atributos incomuns ou suspeitos dos autores: se eles são muito jovens e ao mesmo tempo altamente produtivos (mais de 20 trabalhos publicados em um ano); se não estão conectados a pesquisadores seniores e tendem a colaborar com outros pesquisadores jovens; se participam de redes que se formam aleatoriamente e logo se desfazem. Também é comum que os artigos fabricados tenham uma lista de assinaturas maior do que a média dos de sua área disciplinar – porque os lucros dos serviços trapaceiros crescem à medida que eles conseguem vender um mesmo *paper* para múltiplos clientes.

Impressões digitais de fraude complementares podem ser encontradas em referências bibliográficas (há uma tendência de artigos falsos, por terem conteúdo de baixa qualidade ou repetitivo, citarem outras contrafações em vez de apelarem à literatura consagrada) e no perfil das revistas escolhidas para publicação (periódicos com um corpo de revisores qualificado ou que fazem revisão por pares aberta, na qual a análise dos avaliadores é pública, são mais difíceis de enganar ou de cooptar).

Os resultados obtidos pelo modelo, que analisou trabalhos indexados na base de dados Dimensions, foram comparados com os de outras formas de rastrear a atividade de fábricas de *papers*. Pesquisadores de perfil suspeito detectados pelo novo método apareciam em 7,43% dos 1.858 artigos listados entre 2020 e 2022 no banco de dados do Retraction Watch, um site que compila publicações que sofreram retratação, ou seja, que foram invalidadas, por diferentes motivos – ter origem em uma fábrica de *papers* é um deles.

Constatou-se, também, que estudos vinculados a redes de autores suspeitas estavam ligados a 37% dos artigos apontados como fraudulentos pelo Rastreador de Papers Problemáticos (Problematic Paper Screener), uma ferramenta lançada em 2022 que identifica as chamadas “frases torturadas”, expressões mal traduzidas que evidenciam o uso de programas de inteligência artificial – os textos são submetidos a múltiplas traduções a fim de reduzir a similaridade do conteúdo, em uma tentativa de burlar sistemas de detecção de plágio. O problema é que podem se tornar incompreensíveis: o termo *big data*, por exemplo, consagrado para denominar a utilização de grandes volumes de dados, dava lugar à expressão sem sentido *colossal information* (informações colossais). A ferramenta foi criada por um grupo liderado pelo cientista da computação francês Guillaume Cabanac, da Universidade de Toulouse (ver Pesquisa FAPESP nº 317).

A convergência entre os resultados do novo modelo e os do Rastreador de Papers Problemáticos variou de país para país. Dos 345 artigos de pesquisadores da Arábia Saudita que continham frases torturadas, 317 (ou 92% do total) também foram sinalizados como anômalos pelo novo método. A coincidência foi de

74% em trabalhos de pesquisadores do Irã, de 44% no caso dos Estados Unidos e de 25% no da China. Em números absolutos, o destaque foi a Índia, com 773 estudos com redes de autores anômalas, 46% dos 1.666 com expressões distorcidas, identificados por Cabanac.

Em 2022, o Committee on Publication Ethics, um fórum de editores científicos dedicado a questões de integridade, estimou que 2% dos artigos submetidos para publicação sejam gerados por fábricas de *papers*. De acordo com os responsáveis pelo modelo, o cientista da informação Simon Porter e a epidemiologista Leslie McIntosh, algumas editoras se mostraram mais expostas a manuscritos fraudulentos. A Hindawi, braço da editora Wiley cujas revistas amargaram 8 mil retratações em 2023 por fraude na revisão por pares, é a que apresentou um maior perfil de risco: em 2022, 4% de sua produção publicada estava associada a fábricas de *papers*. Depois do escândalo, a Wiley abandonou a marca Hindawi e incorporou todos os seus títulos. A editora MDPI também teve sua produção bastante afetada, com um índice de 3% de artigos fabricados.

Porter e McIntosh são vice-presidentes da empresa de tecnologia Digital Science, que é ligada ao grupo Springer Nature. Segundo eles, o problema parece estar se tornando mais prevalente. “A partir de 2018, há uma transição no comportamento que dobra a ocorrência relativa de pesquisadores de perfil incomum em um período de quatro anos”, escreveram. Há modos de as fábricas da *papers* tentarem escamotear as impressões digitais das fraudes. Algumas já adicionaram nomes de pesquisadores consagrados, sem que eles tenham conhecimento, na lista de autores de artigos, para forjar uma aparência respeitável à rede de colaboradores – mas o risco de que o truque seja descoberto, com a identificação do estudo fabricado e a revelação do esquema, não é desprezível. Outro recurso, de acordo com a dupla de pesquisadores, é cooptar financeiramente cientistas com carreiras modestas para que assinem os artigos comercializados, dando a eles uma feição menos suspeita, mas isso gera custos adicionais para os serviços fraudulentos.

A disseminação de ferramentas de inteligência artificial promete tornar as fraudes mais sofisticadas e difíceis de detectar apenas com base na análise de textos e dos gráficos. Daí a importância do novo método, que ajudaria a rastrear uma classe mais ampla de artigos com perfis atípicos. “Ao compreender as abordagens tecnológicas adotadas pelas fábricas de *papers*, assim como as estruturas sociais que elas necessitam para operar, a comunidade científica pode desenvolver estratégias que tornem essa operação difícil ou, idealmente, impossível”, escreveram os autores. ●

FABRÍCIO MARQUES

Má conduta em estudos sobre materiais supercondutores tira emprego de pesquisador

O físico Ranga Dias deixou a Universidade de Rochester, nos Estados Unidos. A saída do pesquisador, envolvido em um escândalo de má conduta em estudos sobre materiais supercondutores, foi confirmada em um comunicado da universidade que, contudo, não esclareceu se ele foi demitido ou se houve algum tipo de acordo para que deixasse o cargo. “Ranga Dias não é mais um funcionário da Universidade de Rochester nem tem nenhuma atividade de pesquisa conectada à universidade”, informou um porta-voz da instituição. O pesquisador, que trabalhava em Rochester desde 2017,

não se pronunciou sobre o desligamento. Em agosto, a reitora da universidade, a psicóloga Sarah Mangelsdorf, havia recomendado expressamente a demissão do físico ao Conselho de Curadores da instituição. “Por favor, aceitem minha recomendação para que o Conselho de Curadores revogue o contrato do dr. Ranga Dias como membro do corpo docente da universidade e determine a rescisão imediata de seu emprego”, ela escreveu.

Uma investigação realizada por um painel de três físicos concluiu que o pesquisador manipulou dados em vários estudos. Dois artigos publicados na revista *Nature* foram retratados por inconsistência nos dados, assim como aconteceu com um terceiro *paper* de seu grupo sobre as propriedades elétricas de um material, publicado na revista *Physical Review Letters*. Os materiais supercondutores são capazes de transportar correntes elétricas sem perda de energia, mas os que existem funcionam apenas quando são resfriados a temperaturas muito baixas.

Um dos artigos retratados, publicado na *Nature* em outubro de 2020, alegava que um composto feito de carbono, enxofre e hidrogênio tinha propriedades supercondutoras em temperatura ambiente, ainda que fosse necessário submetê-lo a uma pressão 2,6 milhões de vezes maior do que a da Terra. Suspeitas de manipulação de dados levaram a universidade a promover três investigações e todas elas inocentaram o pesquisador. Em março de 2023, Dias publicou outro artigo na *Nature*, retratado oito meses mais tarde, afirmando que um composto de lutécio, hidrogênio e nitrogênio é supercondutor em temperatura ambiente em pressões 100 vezes menores que as do composto anterior. Uma nova investigação, exigida pela agência federal de fomento à pesquisa National Science Foundation, apurou que havia evidências de fabricação de dados. Dias foi afastado de seu laboratório e da orientação de alunos de pós-graduação em agosto de 2023. Ele tentou processar a universidade, alegando perseguição, mas a Justiça não aceitou o caso.

Fracasso em ensaio clínico encerra trajetória controversa de promessa contra a doença de Alzheimer

A empresa biofarmacêutica Cassava Sciences, dos Estados Unidos, anunciou que sua grande promessa para tratar a doença de Alzheimer, o medicamento experimental simufilam, foi reprovada na etapa final do ensaio clínico. O fármaco, ao contrário do que se esperava, não conseguiu neutralizar as alterações em proteínas no cérebro associadas à eclosão da doença. Os voluntários que tomaram o composto não tiveram desempenho melhor em atividades cognitivas do que os que receberam um placebo.

O fracasso coloca um ponto-final na trajetória de uma droga marcada por controvérsias. Em 2022, a revista *PLOS ONE* havia retratado cinco artigos do

neurocientista Hoau-Yan Wang, da City University de Nova York, um dos descobridores do composto. Dois dos *papers*, assinados também por Lindsay H. Burns, cientista-chefe da Cassava Sciences, tratavam da proteína-alvo do simufilam. Wang teve seu trabalho avaliado por um painel universitário que apontou “má conduta flagrante” associada ao seu trabalho para a Cassava.

A revista *Science* revelou que a Food and Drug Administration, agência que regula o comércio de alimentos e medicamentos nos Estados Unidos, encontrou falhas em procedimentos laboratoriais adotados por Wang em um estudo com simufilam. Ele foi indiciado em junho por fraudar os Institutos Nacionais de Saúde, principal agência de fomento à pesquisa biomédica do país, em aproximadamente US\$ 16 milhões, o equivalente a R\$ 96 milhões. Há dois meses, a Cassava Sciences concordou em pagar US\$ 40 milhões à Comissão de Valores Mobiliários norte-americana depois de ter sido acusada de enganar investidores sobre resultados de ensaios clínicos do simufilam anteriores.

CONTEÚDO EXTRA

Conhece a nossa *newsletter* de integridade científica?



Entre no QR Code para assinar nossas *newsletters*

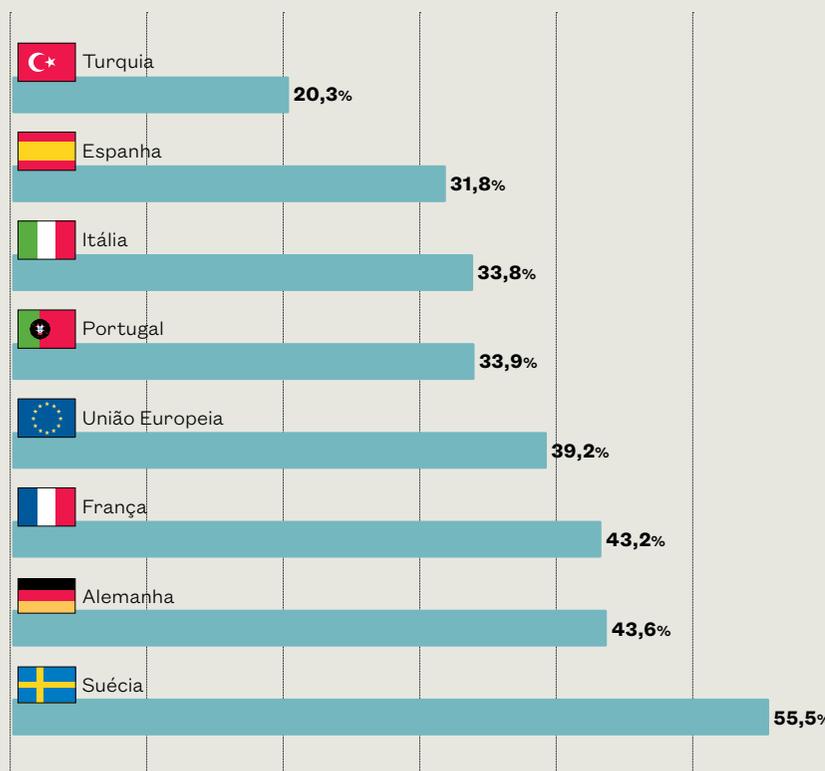


dados_ Ocupações qualificadas e estrutura ocupacional

Trabalho qualificado

Proporção das pessoas com idades entre 25 e 64 anos inseridas nas ocupações dos grupos da Classificação Internacional de Ocupações (Isco) 2 e 3 em relação ao total dos ocupados na mesma faixa etária

PAÍSES SELECIONADOS - 2023, EM %



→ Economias cujas estruturas ocupacionais tenham maior presença de ocupações qualificadas refletem estruturas produtivas mais complexas e, portanto, mais propensas a gerar e difundir inovações. Isso pode ser medido pela participação, no total dos ocupados, das pessoas inseridas nos grupos ocupacionais de caráter técnico, com maiores exigências de qualificação

→ O Eurostat apoia-se no *Manual de Canberra*, da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), para definir que os grupos 2 (profissionais) e 3 (técnicos e profissionais associados) da Isco concentram essas ocupações. Corresponde aos grupos 2 e 3 da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) e da Classificação de Ocupações para Pesquisas Domiciliares (COD)

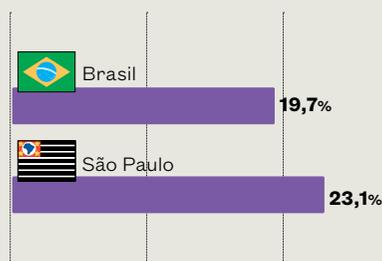
→ Para mensurar esses grupos, no Brasil utilizaram-se as informações da Pnad Contínua, que adota a COD para tanto. Para os países selecionados, obtiveram-se os dados disponibilizados pelo Eurostat. Todos os valores referem-se a 2023 e à população de 25 a 64 anos

→ O gráfico ao lado mostra que, nessa faixa etária, 39,2% dos ocupados da União Europeia inserem-se em ocupações mais qualificadas. Mas, mesmo ali, há importante heterogeneidade entre os países selecionados: varia de 55,5% (Suécia) a 20,3% (Turquia)

Situação nacional

Proporção de pessoas com idades entre 25 e 64 anos inseridas nas ocupações dos grupos COD 2 e 3 em relação ao total dos ocupados na mesma faixa etária

BRASIL E SÃO PAULO - 2023, EM %



→ Já o Brasil (*gráfico ao lado*), embora o contingente de pessoas com tais características (mais de 16 milhões) seja comparável com o da Alemanha, não chega a conter 20% dos ocupados, aproximando-se da situação da Turquia

→ A condição de São Paulo é melhor que a média nacional, mas longe de ser considerada satisfatória

Contra o excesso de cesarianas

Criado há 10 anos, programa evitou mais de 20 mil partos cirúrgicos desnecessários entre 2014 e 2019

GISELLE SOARES

Um programa de incentivo e conscientização de profissionais da saúde, hospitais e gestantes em favor do parto normal indica ser possível reduzir os nascimentos por meio de cesarianas desnecessárias. É o Programa Parto Adequado (PPA). Criado em 2014 pela Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) em resposta a uma ação do Ministério Público Federal, o PPA, por ora, foi implantado em um número pequeno de hospitais particulares – cerca de 140 dos quase 4,5 mil existentes – e ainda é pouco conhecido pelas grávidas. Estudos que avaliam o desempenho da iniciativa, no entanto, mostram resultados animadores.

Um deles foi publicado em setembro no *Cadernos de Saúde Pública* por pesquisadoras da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade de Brasília (UnB). No trabalho, elas compararam a evolução na taxa de partos cirúrgicos em cinco hospitais particulares da cidade de São Paulo que participavam do PPA desde sua primeira fase com a de 13 maternidades privadas paulistas que não integravam o programa.

No período analisado, de 2014 a 2019, os centros realizaram 277.747 partos. Tanto nos participantes do PPA quanto nos outros hospitais houve redução de cesarianas. A diminuição, porém, foi bem mais acentuada (11,5 pontos percentuais) nas maternidades que aderiram ao PPA. Nesse grupo,

a taxa de partos cirúrgicos baixou de 83,8% em 2014 para 72,3% em 2019, enquanto passou de 78,9% para 76,2% nos outros 13 hospitais. Apesar da redução expressiva nos participantes do PPA, a proporção de cesáreas permaneceu muito superior à recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) – no máximo 15%.

Em outro trabalho, publicado em 2021 na revista *BMJ Open Quality*, o médico Romulo Negrini, coordenador de obstetrícia do Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE), e colaboradores avaliaram o impacto do PPA na maternidade da instituição. Em parceria com a ANS e a organização não governamental norte-americana Institute for Healthcare Improvement (IHI), o HIAE participou da concepção do Programa Parto Adequado e adotou o sistema desde o início.

Como resultado, de 2014 a 2019, a proporção de partos vaginais no hospital aumentou de 24% para 30% e a de cesáreas baixou de 76,4% para 70% – a taxa média de partos cirúrgicos nos hospitais particulares brasileiros é superior a 80%. Simultaneamente ao crescimento dos partos naturais, houve queda de 19,2% para 13,2% na proporção de bebês que precisaram ser internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) após o nascimento. Uma consequência dos partos cirúrgicos desnecessários é o nascimento precoce, antes de 39 semanas de gestação, associado a um maior risco de infecções respiratórias e mortes.

“Desde a implementação do PPA, percebemos uma redução de cerca de 500 cesáreas por ano no hospital”, conta Negrini. “Parece pouco, mas é um avanço importante em um país no qual predomina a cultura da cesariana”, afirma.

Em um terceiro estudo, publicado em setembro na revista *Reproductive Health*, a equipe da epidemiologista Maria do Carmo Leal, da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), avaliou quais características do PPA mais contribuíam para a realização do parto natural. Foram entrevistadas 2.473 mulheres que deram à luz em 12 hospitais das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste integrantes do programa. Das 1.671 que entraram no PPA, 37,7% tiveram bebê por parto normal. Essa taxa foi de 24,5% entre as 802 restantes.

A probabilidade de dar à luz pela via natural, porém, chegou a 80% quando os hospitais tinham quatro características: não agendavam previamente o parto; ofereciam à gestante informações sobre as melhores práticas de trabalho de parto; respeitavam o plano de parto escolhido

pela grávida; e permitiam à futura mãe se hidratar, movimentar-se, ter acesso a um chuveiro e a métodos não farmacológicos de aliviar a dor enquanto aguardava o bebê.

Não é de hoje que o Brasil é um dos campeões mundiais de partos cirúrgicos. Uma análise feita por pesquisadores da OMS em 154 países no período 2010-2018 colocou o Brasil na segunda posição, com 55,7% dos partos sendo cirúrgicos, atrás apenas da República Dominicana (58,1%), segundo dados publicados em 2021 na *BMJ Global Health*.

Números do Ministério da Saúde mostram que há pelo menos 15 anos a cesariana é a forma mais comum de nascer dos brasileiros. Ela respondia por 32% dos partos em 1994 e chegou a 50% em 2009. Desde então, a taxa não foi mais inferior à de partos normais (*ver gráfico na página 42*).

Na cesariana, o médico faz um corte na porção inferior do ventre e outro no útero para retirar o bebê. É uma cirurgia útil e importante. Seus benefícios costumam superar os riscos quando o bebê não está bem e precisa nascer imediatamente, quando ele está mal posicionado e não consegue descer pelo canal de parto ou se a mãe tem herpes genital ativa. Ou em situações mais raras, quando a placenta é expulsa antes do bebê (descolamento de placenta) ou há ruptura do útero.

Sem recomendação clínica, porém, a cesariana oferece riscos desnecessários para a mãe e a criança. No Brasil, mulheres sem problemas de saúde que fazem cesariana enfrentam um risco quase três vezes maior de morrer em decorrência de hemorragia pós-parto ou complicações da anestesia do que as que optam pelo parto vaginal. O parto cirúrgico também contribui para elevar a taxa de recém-nascidos a termo precoce, isto é, bebês que nascem na 37ª ou 38ª semana da gestação – o ideal é que ela dure de 39 a 41 semanas. Essa antecipação eleva a ocorrência de problemas respiratórios e a necessidade de internação em UTI.

A pediatra Heloisa Bettiol, professora aposentada da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP, testemunhou essa mudança no cenário de nascimentos desde o início, por meio de estudos que acompanharam todos os nascidos em Ribeirão Preto em 1978, 1994 e 2010. A taxa de cesáreas passou de 30,3% em 1978 para 50,8% em 1994 e 59,1% em 2010. A elevação foi maior entre mães de classes socioeconômicas mais altas, mais

escolarizadas e com acesso à assistência privada. “Ficamos surpresos com o aumento nesse grupo das taxas de prematuridade e baixo peso ao nascer, antes mais comuns em populações mais pobres. Uma das razões foi o aumento de cesáreas, que ocorreu em todos os grupos sociais, em especial entre os mais favorecidos”, conta Bettiol.

O excesso de cesarianas eleva o número de nascimentos precoces, confirmou o pediatra e epidemiologista Fernando Barros, da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), em um artigo publicado em 2018 na revista *BMJ Open*. Ele analisou dados de 2.903.716 bebês nascidos em hospitais de 3.157 cidades brasileiras em 2015 e observou uma prevalência média de cesáreas de 55% e de 10% de nascimentos precoces. A proporção de bebês que nasciam com 37 ou 38 semanas foi mais elevada (40%) nos municípios em que as cesarianas correspondiam a mais de 80% dos partos e menos frequente (22%) naqueles em que menos de 30% das crianças ganhavam a vida por meio do parto cirúrgico (ver Pesquisa FAPESP nº 271).

O exagero de cesáreas levou a organização não governamental Parto do Princípio, que defende os direitos sexuais e reprodutivos da mulher, a entrar no início da década passada com uma ação civil no Ministério Público Federal contra a ANS. Em resposta, em outubro de 2014, a agência, o HIAE e o IHI, com apoio do Ministério da Saúde, assinaram um acordo de cooperação para melhorar a qualidade dos serviços obstétricos e neonatais nas redes atendidas pelos planos de saúde e criaram o PPA.

O objetivo do programa era identificar modelos inovadores e viáveis de atenção ao parto e ao nascimento que valorizassem o parto vaginal. Isso seria alcançado por meio da criação de uma coalizão das lideranças no setor da saúde que garantisse qualidade e segurança na assistência ao parto; do empoderamento das mulheres e famílias para que participassem ativamente da gestação, do parto e do pós-parto; da reorganização da assistência para favorecer a evolução fisiológica (natural) do trabalho de parto e garantir que só se opte pela cesariana quando os critérios clínicos justificarem; e do monitoramento das mudanças.

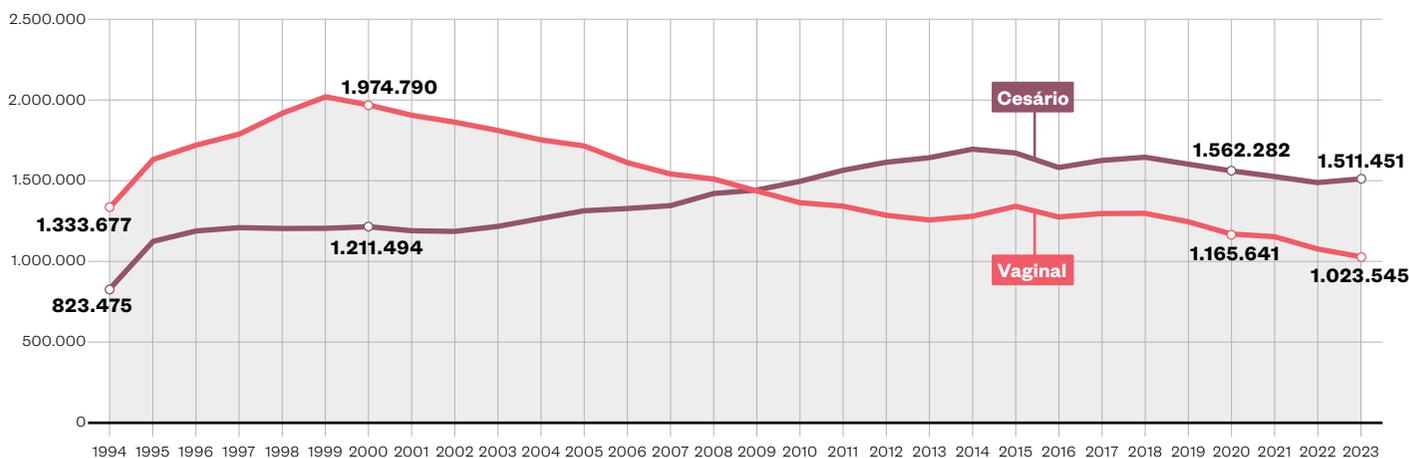
Houve ciclos de aprendizagem com hospitais e operadoras para testar as ações, avaliar os resultados e compartilhar as experiências. Também foram oferecidos treinamentos para capacitar os profissionais da saúde a realizarem partos normais com segurança. Na segunda fase, os hospitais do ciclo inicial se tornaram referência para outros. Nos sites das operadoras, foram criados espaços com informação sobre o PPA para as gestantes.

Na fase inicial, em 2015 e 2016, o programa foi implementado em 35 hospitais e 19 operadoras de planos de saúde. Na seguinte, foi expandido para 108 hospitais e 60 operadoras. Em 2019, ele entrou em sua terceira etapa, agora com o nome de Movimento Parto Adequado, na qual deveria ser disseminado em larga escala. Segundo a ANS, nas duas primeiras fases, mais de 20 mil cesarianas desnecessárias teriam sido evitadas no país.

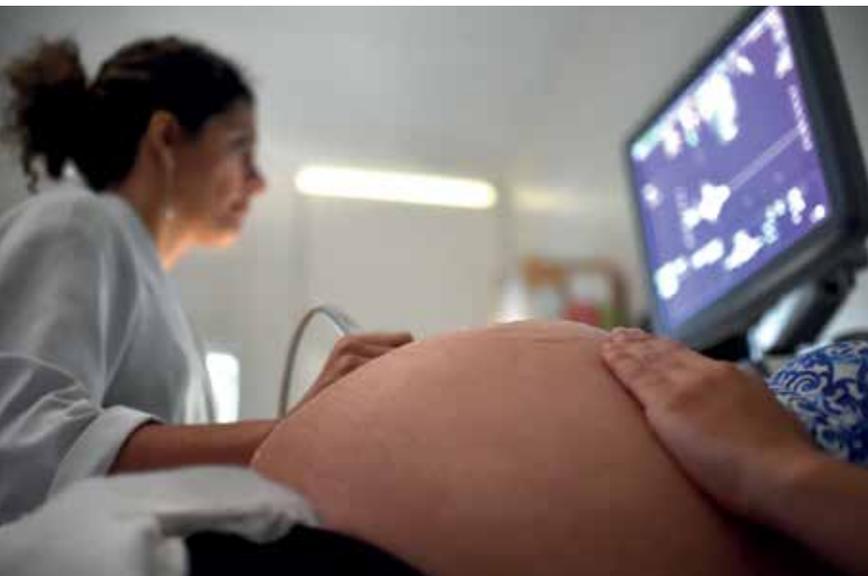
Apesar do potencial do PPA, sua implementação não é simples. Em outro artigo, publicado na revista *Reproductive Health*, o grupo de Leal, da Fiocruz, verificou que a implantação de dois com-

Como nascem os brasileiros

O gráfico mostra a evolução dos diferentes tipos de parto no país nos últimos 30 anos



FONTES: MS/SVSA/CGIAE - SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE NASCIDOS VIVOS (SINASC)



ponentes da primeira fase do PPA – a participação das mulheres e a reorganização do cuidado – foi considerada baixa. O resultado é atribuído à dificuldade de promover mudanças estruturais e culturais nos hospitais privados. “Muitas vezes, a própria mulher opta por marcar o parto sem saber que pode não ser o melhor para o bebê”, afirma Leal. “Mas já começamos a perceber mudanças.”

Programa treinou médicos para realizar o parto vaginal e empoderou mulheres para participarem ativamente do planejamento do parto

Além disso, o programa é pouco conhecido pelas gestantes, segundo estudo publicado na *Reproductive Health* pela enfermeira Andreza Pereira Rodrigues, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Analisando entrevistas com 102 gestantes atendidas em dois hospitais do PPA, ela e colaboradores constataram que a maioria desconhecia a iniciativa e que menos da metade tinha participado de grupos de pré-natal ou visitado a maternidade antes do parto.

Para Barros, da UFPel, é necessário ampliar a comunicação para as mulheres sobre o impacto negativo de cesáreas sem indicação clínica. “Precisamos de uma campanha permanente de esclarecimento, além de mudanças no currículo médico, para reverter a normalização das cesáreas”, pondera o pediatra.

“As cesáreas estão associadas ao aumento de problemas de saúde crônicos na vida adulta, como diabetes, obesidade, asma e doenças inflamatórias”, completa a médica sanitária Carmen Griolo Diniz, da Faculdade de Saúde Pública da USP, coordenadora do trabalho que avaliou o impacto do PPA nas maternidades paulistanas.

Mesmo assim, relata a ginecologista Andrea Campos, aluna de doutorado de Diniz e primeira autora do trabalho publicado no *Cadernos de Saúde*

Pública, algumas razões explicam a preferência pela cirurgia. Uma é a comodidade de agendar a data do nascimento. Outra é a rapidez. “Existe uma cultura de medo em relação ao parto normal por causa de intervenções desnecessárias que historicamente ocorriam, da episiotomia [incisão no períneo para ampliar o canal de parto] às manobras para o parto acontecer”, explica.

Também favorece a opção pela cirurgia o fato de o parto geralmente ser feito pelo médico que acompanha a paciente no pré-natal, e não por plantonistas do hospital, enfermeiras obstétricas ou obstetrias. Além disso, a pressão de familiares e profissionais da saúde pode impactar a decisão da mulher pelo tipo de parto.

Ao comunicar a parentes e amigos que optaria pelo parto normal, a enfermeira Agatha Scarpa ouviu críticas, mas teve os dois filhos nascidos de parto vaginal em hospitais privados. “Venho de um recorte social privilegiado, com formação superior em saúde e condição financeira que me permitiu vivenciar meus partos da forma que escolhi. Isso não corresponde à realidade da maioria das brasileiras”, conta. “Falta às gestantes acesso à informação sobre os benefícios do parto normal e atendimento pré-natal de qualidade, que as ajudem a se vincularem ao local do parto.”

Para a médica e epidemiologista Daphne Rattner, da UnB, coautora do artigo do *Cadernos de Saúde Pública*, uma reforma obstétrica é necessária no país. “Em modelos bem-sucedidos de atendimento à saúde materna, gestações de risco habitual podem ser acompanhadas por enfermeiras obstétricas ou obstetrias, profissionais preparadas para identificar desvios da normalidade e encaminhar ao médico”, afirma a pesquisadora. “Mas há resistência da classe médica”, conta.

Os especialistas consultados por *Pesquisa FAPESP* consideram a participação de profissionais de enfermagem e de obstetrias no trabalho de parto de baixo risco um fator importante para melhorar a assistência às gestantes. Como exemplo, Rattner menciona o caso de Recife. Lá, desde 2019, a prefeitura criou centros de parto normal geridos por enfermeiras obstétricas em quatro maternidades municipais. Neles, a taxa de parto normal assistido por enfermeiras passou de 9,5% em 2019 para 15,5% em 2023. No pré-natal, é informado à gestante em qual maternidade o parto deve ocorrer e ela pode visitar o local. “As visitas buscam fortalecer o vínculo com a unidade de referência e incluem rodas de conversa e apresentação dos setores do hospital”, explica Camila Farias, coordenadora da Política de Atenção à Saúde da Mulher de Recife. ●

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

Entre extremos

Psiquiatra da UFRGS integra grupo internacional que está definindo os estágios de agravamento do transtorno bipolar e coordena levantamento das doenças mentais no Brasil

RICARDO ZORZETTO

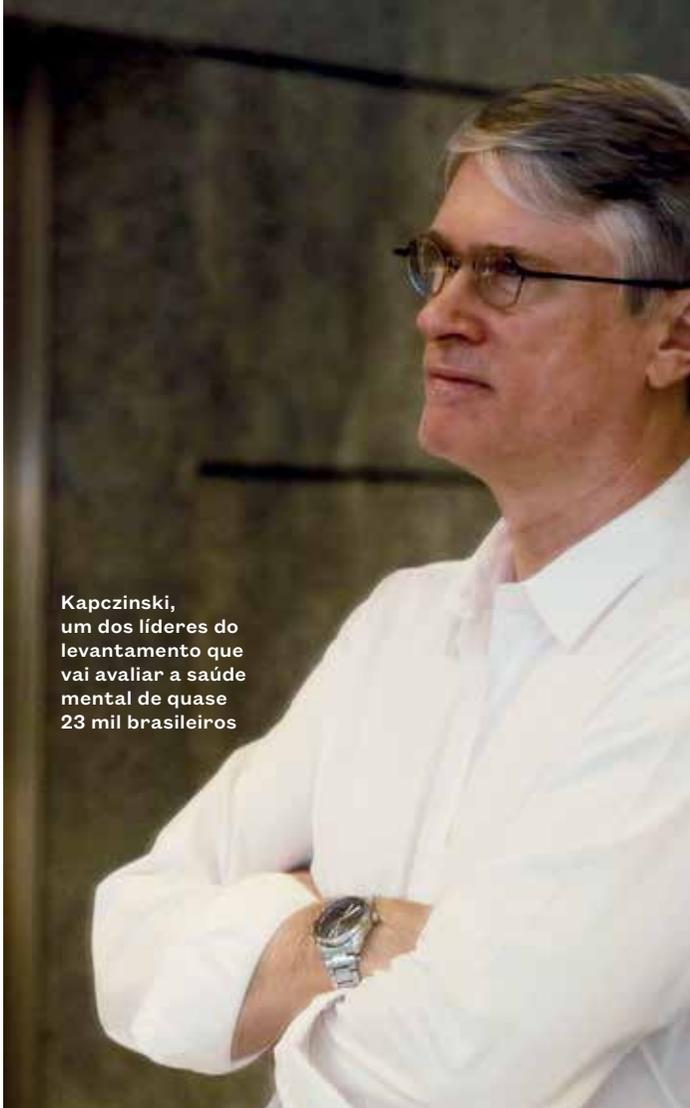
Nos últimos meses, o psiquiatra gaúcho Flávio Kapczinski está empenhado em dois grandes projetos. Um é consolidar, em parceria com colaboradores, um sistema que classifica os graus de evolução do transtorno bipolar. Marcado pela alternância de episódios de depressão com os de mania ou hipomania, essa doença mental afeta 3% da população. Não tratado, o transtorno costuma se agravar até atingir o ponto de reduzir a capacidade de lidar com tarefas simples, como organizar as atividades do dia.

Após mais de 10 anos de discussão, uma força-tarefa internacional de especialistas reunida na Conferência Anual da Sociedade Internacional de Transtorno Bipolar de 2024, realizada na Islândia, chegou a um modelo consensual que organiza a progressão da doença, levando em conta o número de episódios, a ocorrência de comorbidades e o prejuízo funcional.

“Ele deve ajudar os médicos a escolher o tratamento mais adequado para cada caso”, afirma Kapczinski, que é pró-reitor de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e professor emérito da Universidade McMaster, no Canadá.

O segundo grande projeto que Kapczinski tem pela frente é coordenar, em parceria com a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), o primeiro estudo que deve determinar, em uma amostra representativa da população brasileira, a prevalência (frequência de casos) das doenças mentais mais graves.

A seguir, leia os principais trechos da entrevista que Kapczinski concedeu a *Pesquisa FAPESP* no final de outubro por plataforma de videoconferência.



Kapczinski, um dos líderes do levantamento que vai avaliar a saúde mental de quase 23 mil brasileiros

Em outubro, o senhor participou na Islândia de uma força-tarefa internacional para definir os estágios de evolução do transtorno bipolar. A que consenso se chegou?

Propus a criação dessa força-tarefa há 10 anos. Estamos na terceira rodada de trabalhos. Na primeira, o grupo, formado por autoridades internacionais no tema, chegou ao consenso de que o transtorno bipolar pode ter um curso progressivo de agravamento caso não seja tratado. A doença foi descrita faz mais de 100 anos pelo psiquiatra alemão Emil Kraepelin [1856-1926] e, já na época, ele percebeu que alguns casos evoluíam em gravidade. Esses pacientes adoeciam repetidas vezes e voltavam a ser internados. Em certos casos, chegavam a perder a autonomia. Mas as observações eram limitadas, porque ele lidava com pacientes internados em sua clínica.

Essa percepção ficou esquecida?



Há uns 25 anos, quando comecei a trabalhar com transtorno bipolar, não se tinha mais essa visão. Acreditava-se que a esquizofrenia produzia grande perda funcional a partir da juventude e que o transtorno bipolar ocorria em episódios, sem perdas funcionais. Ou seja, quando o episódio era tratado ou contornado, a pessoa regredia ao nível de base, sem prejuízos. Isso começou a ser questionado com os primeiros *case registries* [estudos de acompanhamento da população de países inteiros], feitos nos países escandinavos. Nesses estudos, os pesquisadores notaram que, a cada internação, aumentava a probabilidade de o paciente com transtorno bipolar voltar a ser internado e, no longo prazo, desenvolver prejuízos funcionais e episódios mais graves.

Como esses dados influenciaram a área?

Os dados populacionais da Dinamarca embasaram o modelo teórico de evolução da

doença que eu e colaboradores propusemos em 2010. Esse modelo classifica a evolução em quatro graus. Chamamos a fase mais inicial de latente. É quando a pessoa ainda não manifesta sinais da doença, mas apresenta risco aumentado de desenvolvê-la. Esse risco pode se apresentar na forma de oscilações de humor ou de depressão na adolescência. Ele é maior quando há casos de transtorno bipolar entre parentes de primeiro grau e é potencializado pelo consumo de drogas, em especial a cocaína. No estágio 1, a doença se mostra pura, sem comorbidades, com o quadro de depressão se alternando com o de mania [estado de muita energia, euforia, impulsividade] ou hipomania [uma mania de menor intensidade]. No 2, ela aparece acompanhada de outro problema, como transtorno do pânico ou dependência de álcool, o que torna o tratamento mais complicado. No estágio 3, os pacientes têm prejuízo funcional, e, no 4, não conseguem manter uma vida autônoma.

O modelo foi aceito pelos pares?

Outros grupos viram a doença de forma um pouco diferente. O grupo da psiquiatria infantil Anne Duffy, da Queen's University, no Canadá, achou que o mais importante é olhar para as fases iniciais da vida. Para eles, problemas de sono, ansiedade e déficit de atenção na infância já representam as manifestações iniciais da doença quando a criança tem pais ou irmãos com transtorno bipolar. De resto, o modelo segue mais ou menos o que propusemos para os adultos. Para Michael Berk, da Universidade Deakin, na Austrália, o mais importante era o número de episódios que a pessoa havia vivido. O estágio mais inicial desse modelo é o da propensão. A pessoa que tem mais risco de desenvolver o problema, mas não experimentou nenhum episódio. No estágio 1, aparecem sinais de depressão, ansiedade, alterações no sono. No 2, surge o primeiro episódio de mania ou hipomania. A partir do segundo evento de mania ou hipomania, a doença se torna diferente e passa a se repetir. Mais adiante, fica crônica. Uma diferença em relação ao que propusemos é que o nosso sistema leva em conta a funcionalidade da pessoa, a capacidade de realizar as atividades do dia a dia.

As três propostas existiam em paralelo?

Sim. Na primeira reunião da força-tarefa, chegou-se a um consenso mais rudimentar: havia um estágio inicial, menos complicado e sem comorbidades, no qual a pessoa funciona bem, e um tardio, com comorbidades e prejuízo funcional, mais difícil de tratar. Isso era insuficiente, mas não conseguíamos progredir. Criamos, então, uma nomenclatura universal. Definimos o que era episódio; recorrência; neuroprogressão [agravamento à medida que ocorrem os episódios]; fatores de risco etc. Mas a proposta de um modelo único de estadiamento [classificação dos estágios de progressão da doença] ficou estagnada. Recentemente, passamos a liderança da força-tarefa para Ralph Kupka, da Universidade Médica de Amsterdã, nos Países Baixos. Ele e Afra van der Markt, da mesma instituição, criaram um sistema engenhoso, que leva em conta o número de episódios, a ocorrência de comorbidades e o prejuízo funcional. Esse modelo acomoda uma ampla gama de quadros e venceu o debate na Islândia.

dia. Ele está agora sendo consolidado e escrito. Deve ser publicado em meados de 2025, para que estudos avaliem a sua capacidade de prever a resposta ao tratamento.

Como um modelo de estadiamento pode ajudar a tratar melhor a doença?

Ele deve ajudar os médicos a escolher o tratamento mais adequado para cada caso. Um exemplo: uma pessoa que tem pais ou irmãos com transtorno bipolar e já apresentou um quadro de depressão tem alto risco de converter para doença bipolar se receber tratamentos para resolver só a depressão. O médico terá de levar essa informação em conta ao escolher o medicamento. Alguns antidepressivos podem desencadear a chamada virada maníaca [passagem da fase de depressão para a de mania].

Após um episódio de mania, não tem mais volta?

Depois do primeiro episódio de mania ou hipomania, o que era depressão passa a ser outra doença. Não volta a ser só depressão. As informações do estadiamento podem nos ajudar a tratar melhor essas pessoas desde a fase inicial. Também devem permitir enfatizar que, primeiro, é preciso cuidar das comorbidades, quando elas existem. Uma pessoa com transtorno bipolar e síndrome do pânico ou abuso de substâncias, o mais comum é o de álcool, responde mal ao tratamento se, antes, não forem tratados o pânico ou o abuso de álcool. Com as comorbidades controladas, o tratamento tende a ser mais eficaz. O estadiamento também permite separar os indivíduos por grau de complexidade.

Por que essa separação é importante?

Para usar de modo mais eficiente os recursos do sistema público de saúde. Não é desejável que um paciente com transtorno bipolar identificado, que responde bem ao tratamento, seja atendido em um centro de alta complexidade. Esses casos podem ser tratados no posto de saúde, com apoio de um Caps [Centros de Atenção Psicossocial], onde estão os especialistas. Os casos mais complexos têm de ser cuidados pelos Caps, em contato com um centro de referência de grau terciário, em geral um hospital universitário, onde podem ser realizadas internações.

Já é possível saber como está a aceitação?

O modelo não é aceito de forma fácil. Nós, proponentes, identificamos vantagens. Quem é contrário diz que a base de dados não é suficiente e, por isso, pode gerar confusão. Os críticos falam que o sistema de estadiamento poderia estigmatizar as pessoas e não seria útil, porque, na clínica, eles não veem a progressão ocorrer. O grupo a favor fez uma réplica, afirmando que o que se observa nos consultórios é diferente do que se vê na população de um país. As evidências são de que o que propomos será visto ao se acompanhar um número grande de casos por um tempo longo. Para nós, é importante que as pessoas entendam que o transtorno bipolar, se não tratado, é uma doença progressiva, assim como outras doenças mentais. É preciso olhar de forma abrangente para o prejuízo que a doença não tratada causa na vida das pessoas, inclusive para que elas saibam em que estágio se encontram e o que podem fazer para retroceder no estadiamento ou impedir sua progressão. Os críticos dizem que dar o diagnóstico e informar o estágio pode gerar estigma. Nós acreditamos que, quanto menos se fala sobre o assunto e quanto menos informação se dá, maior é o estigma.

Quando o transtorno geralmente se manifesta?

“

É importante que as pessoas entendam que o transtorno bipolar, se não tratado, é uma doença progressiva

Ele ocorre mais comumente entre os 18 e os 35 anos. É uma doença de adultos jovens. Entretanto, quando a gente olha em detalhe, percebe que as pessoas que a manifestaram aos 18, 25 ou 30 anos frequentemente já tinham problemas de sono ou de déficit de atenção na infância, de comportamento impulsivo ou uso inadequado de álcool e drogas na adolescência. Muitos já apresentavam sintomas que permitiam fechar o diagnóstico de depressão, mas não o de bipolaridade. Essas pessoas tratam a depressão por anos até que uma análise mais detalhada revela sintomas de hipomania. O atraso no diagnóstico do transtorno bipolar é prejudicial e resulta em mais episódios. E um número maior de episódios causa impacto no cérebro.

Afetam o restante do organismo também?

De certo modo, sim. O indivíduo deixa de dormir bem e passa a ter uma má saúde cardiovascular e metabólica. Essas pessoas também têm muita dificuldade de aderir a dietas e a uma rotina de exercícios. Frequentemente se tornam sedentárias e têm um padrão dietético desfavorável. Indivíduos com o transtorno bipolar não tratado morrem 10 anos mais cedo do que as pessoas não bipolares.

O transtorno mental leva a um padrão de comportamento que afeta a fisiologia?

Há um debate sobre isso. O conhecimento científico que se acumulou na área indica que é uma doença que afeta os ritmos biológicos, a estabilidade da dieta, do sono, do autocuidado e propicia o abuso de substâncias. Tudo isso parece levar a uma aceleração do envelhecimento, com mortes precoces.

Os medicamentos disponíveis para tratar a doença bipolar funcionam bem?

Cada caso precisa de um tratamento diferente. A doença bipolar é crônica, para a vida toda, assim como a hipertensão. Vários dos medicamentos usados para tratar diferentes fases do transtorno bipolar têm eficácia muito boa. Mas os tratamentos também podem produzir agravos. Alguns aumentam o apetite e podem levar ao ganho de peso e a problemas metabólicos.

O senhor falou que a eficácia é boa. Qual a proporção de casos que resolvem?

É difícil chegar a um número geral. A doença tem a fase da mania, que é a mais grave e a mais fácil de tratar. A depressão pode ser tratada de modo eficaz com vários medicamentos. Não há uma medida do sucesso do tratamento das duas fases.

Qual o peso do componente genético?

A herdabilidade é de 80%, a mais alta entre as doenças mentais. Traduzindo a herdabilidade em uma linguagem comum, temos que 10% das pessoas que têm um familiar de primeiro grau afetado também desenvolvem a doença. Na população geral, isso ocorre com 3%. Das pessoas com pai e mãe bipolares, 70% também têm a doença. Ainda assim, uma proporção importante não desenvolve o transtorno. Isso mostra que a influência genética não é determinística. Ela aumenta a probabilidade. A causa mais importante é a hereditária. Vários genes estão associados ao aumento do risco de desenvolver transtorno bipolar, cada um com um efeito pequeno.

Há problemas que potencializam o risco?

Traumas na infância, particularmente o abuso sexual, aumentam a probabilidade de desenvolver o problema. O uso de cocaína amplia o risco. O de maconha também, mas de forma menos pronunciada.

Quando uma pessoa que suspeita ter transtorno bipolar deve procurar ajuda médica?

Quando o grau de sofrimento for suficientemente alto para prejudicar relações familiares ou o desempenho no trabalho. Ou ainda tão intenso a ponto de levar o indivíduo a deixar de trabalhar, a usar álcool e drogas para amenizar o sofrimento ou a pensar em suicídio.

Como é o acesso ao diagnóstico e ao tratamento disso no Brasil?

Ter acesso a bons cuidados de saúde mental é difícil no mundo desenvolvido e ainda mais difícil em nações emergentes, como a nossa. Segundo dados da OMS [Organização Mundial da Saúde], nos países emergentes, de cada quatro pes-

“

Dez por cento das pessoas que têm um familiar de primeiro grau bipolar também desenvolvem a doença

soas com problemas com doença mental grave, só uma obterá tratamento.

O que é mais desafiador: identificar a doença ou encontrar o tratamento adequado?

Na verdade, lidar com o aumento da energia, da criatividade. Socialmente, o aumento da performance é desejável. A sociedade premia pessoas com alta capacidade de trabalho, de liderança e de pensar soluções criativas. Nas fases difíceis, de depressão, a pessoa sofre e não produz. Ninguém quer isso. Agora, é difícil convencer as pessoas que estão com hipomania de que essas características, que ela e a sociedade consideram boas, são sintomas de uma doença que precisa ser tratada. Hoje sabemos que grandes criadores – pintores, por exemplo – com doença bipolar eram mais produtivos quando estavam com o humor estável, tinham um relacionamento estável, emprego estável.

A superprodutividade da euforia é só aparente?

Na euforia franca, ou seja, no episódio maníaco, não há produtividade. A pessoa se descola da realidade. Tem comportamentos extremos, briga, se mete em confusões, perde o emprego. Mas, nas fases em que ela está apenas acelerada, dizemos hipertímica, flertando com a hipomania, ela pode ter um grande des-

taque. Essas pessoas desenvolvem um comportamento carismático e comunicativo. Têm raciocínio rápido e grande habilidade de lidar com problemas. Isso confere vantagens e cria um dilema, porque não se quer perder essas qualidades. O tratamento não elimina essas habilidades, mas evita que a pessoa caia nos extremos, que são destrutivos. Quando percebe isso, ela se engaja no tratamento.

Qual a frequência do transtorno bipolar?

No mundo, o transtorno bipolar do tipo 1 [com mania e depressão] afeta 1% das pessoas. O tipo 2 [com hipomania e depressão] atinge 2%. Então, a estimativa global é de 3%. No Brasil, ainda não temos uma estatística nacional. A maior parte dos dados brasileiros é baseada em informações fornecidas por serviços de saúde. Esses números são subestimados porque não incluem informação sobre as populações sem acesso a esses serviços. Por isso, estamos começando, em colaboração com a equipe de Raquel De Boni, da Fiocruz, um estudo para determinar, de modo pioneiro, a prevalência no Brasil das doenças mentais: ansiedade, depressão unipolar, transtorno bipolar, esquizofrenia, dependência química, transtornos do espectro autista e transtorno de estresse pós-traumático. Devemos ir a campo em 2025.

Quantas pessoas serão ouvidas?

Quase 23 mil, com idades entre 18 e 75 anos, em todo o território nacional. Será uma amostra probabilística representativa da população. O estudo tem duas partes. Em uma delas, 7,8 mil adultos responderão a um questionário de rastreamento para transtornos mentais. Depois, 20% deles serão entrevistados por vídeo por um especialista que dará o diagnóstico. Na outra parte, 15 mil alunos, professores e técnicos de 50 universidades públicas passarão pelo rastreamento. Desses, 20% farão a entrevista de diagnóstico. Um ano depois, todos os que passarem pela entrevista de diagnóstico serão convidados a repeti-la. Assim, veremos a incidência desses problemas [o número de casos novos que surgem por ano]. Será a primeira vez que teremos, de forma probabilística, a porcentagem da população afetada por essas doenças mentais. ●

Menos vida nas matas

Ainda que as populações de algumas espécies de plantas e animais consigam se reproduzir com a volta das chuvas, os efeitos da seca e dos incêndios podem durar anos

CARLOS FIORAVANTI

Em um sábado de outubro, o biólogo Adalberto Val, especialista em peixes do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), tirou um tempo para visitar o mercado municipal de Manaus, um prédio em estilo neoclássico no centro da cidade. Nas barracas de peixes, tudo parecia normal, mas ele logo percebeu que algo não ia bem.

“Pescadores e comerciantes comentavam que a quantidade diminuiu e o preço para os consumidores estava mais alto”, ele relatou.

A redução da oferta de peixes, o alimento básico dos moradores da região, é apenas uma consequência visível das intensas secas dos últimos anos – a de 2024 foi uma das piores da história, prejudicando diretamente cerca de 700 mil pessoas nos estados do Amazonas, Acre, Roraima, Amapá, Rondônia e Pará. Rios com centenas de metros de largura, como o Solimões e o Tapajós, tornaram-se riachos correndo entre

bancos de areia. Às margens, milhares ou talvez milhões de peixes mortos. Não há números precisos. “Nem sequer conseguimos levantar todos os lugares e a intensidade em que a mortalidade se deu”, diz Val.

As temperaturas mais altas – que alimentaram a seca e, em outras partes do país, os incêndios florestais, mais frequentes nos últimos anos – têm efeitos menos visíveis. Como detalhado pelo grupo do Inpa em um artigo de março de 2024 na *Animal Reproduction Science*, em águas mais quentes, os espermatozoides do tambaqui (*Colossoma macropomum*) perdem mobilidade e velocidade e apresentam mais deformações, reduzindo as taxas de fecundação dos ovos e, portanto, prejudicando a reprodução dessa espécie.

Ainda que as populações de algumas espécies de peixes consigam se reproduzir, reanimadas com as chuvas que voltaram no final do ano, os efeitos dos extremos climáticos, principalmente para as espécies maiores e com menor taxa de

Um tuiuí protege o ninho em meio aos incêndios florestais no Pantanal em junho de 2024



fecundidade, como o pirarucu (*Arapaima gigas*), podem durar dois ou três anos. Com base em situações semelhantes em anos anteriores, vários estudos recentes indicam que as populações não só de peixes, mas também de outros animais, além de plantas, que voltarem a crescer nas matas ressecadas, provavelmente serão de menor porte e menos diversificadas que as de antes desses episódios de clima abrasador.

“Normalmente não se associa incêndios com rios, mas os peixes são bastante prejudicados”, diz Val. Segundo ele, espécies de peixes de respiração aérea, como o próprio pirarucu, a piramboia (*Lepidosiren paradoxa*) e o poraquê (*Electrophorus electricus*), que saem à superfície da água quando precisam de ar, podem respirar fumaça tóxica e até mesmo morrer por causa disso. Além disso, acrescenta o biólogo, as cinzas geradas pela queima de vegetação aumentam a alcalinidade da água, atingindo outras espécies.

Queimadas frequentes da vegetação nativa podem levar a uma seleção das espécies mais resistentes a altas temperaturas. Em um experimento no Inpa, o biólogo Derek Campos verificou que representantes de uma família de peixes, os caracádeos, são bastante sensíveis e morrem quando a temperatura ultrapassa 32 graus Celsius (°C). Entre os caracádeos estão espécies muito consumidas na região amazônica, como tambaquis e jaraquis (*Semaprochilodus* spp.). De acordo com esse trabalho, detalhado em um artigo de fevereiro de 2018 na *Journal of Thermal Biology*, um peixe de pequeno porte, o acará (*Pterophyllum* spp.), hoje bastante procurado como espécie ornamental, foi o que se mostrou capaz de resistir até 39 °C.

“CENÁRIO APOCALÍPTICO”

No final de seu doutorado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o biólogo Ismael Verrastro Brack fez parte de um grupo de quase 20 pessoas que, de setembro a novembro de 2020, avaliou o impacto do incêndio que havia destruído mais de 90% dos 108 mil hectares (ha) da reserva do Sesc Pantanal, em Barão de Melgaço, Mato Grosso.

“Em dois lugares mais abertos havia dezenas de animais mortos”, relata. Carcaças de antas (*Tapirus terrestris*), queixadas (*Tayassu pecari*), veados-catingueiros (*Mazama gouazoubira*), cutias (*Dasyprocta azarae*), macacos-pregos (*Sapajus cay*), onça-parda (*Puma concolor*) e outros animais misturavam-se à vegetação queimada. “Tudo cinza, um cenário apocalíptico”, define o biólogo. A destruição intensa ocorreu em um ano atípico, muito seco e com influência do fenômeno climático El Niño, resultando em queimadas de grandes proporções, muito maiores que as comuns tanto no Pantanal quanto no Cerrado (ver reportagem “Incêndio na beira do rio”, disponível apenas no site).

Em colaboração com funcionários do Sesc, os pesquisadores encontraram centenas de carcaças de animais de médio ou grande porte. De acordo com projeções detalhadas em um artigo de novembro na *Journal of Applied Ecology*, cerca de 50 mil mamíferos devem ter morrido apenas nessa reserva de janeiro a outubro de 2020.

Uma equipe coordenada pelo médico-veterinário Walfrido Moraes Tomas, da Embrapa Pantanal, de Corumbá, Mato Grosso do Sul, também foi a campo e procurou animais mortos ao longo de 114 mil km de linhas retas, os chamados transectos. As projeções, detalhadas em dezembro de 2021 na *Scientific Reports*, indicaram que 17 milhões de vertebrados devem ter morrido com os incêndios de 2020 em todo o Pantanal.

“As populações poderiam se recuperar em alguns anos se não houvesse mais incêndios”, comenta Brack. O problema, ele acrescenta, é que o fogo reapareceu nos anos seguintes (ver Pesquisa FAPESP nº 342). Em 2024, a área atingida por queimadas foi 150% maior que a do ano anterior, de acordo com o MapBiomias. Os animais que sobreviverem tendem a ter menos alimentos, menos água e dificuldades para encontrar parceiros na época de reprodução.

As queimadas modificam também a estrutura da floresta, de acordo com um experimento conduzido entre 2019 e 2020 na Reserva Extrativista (Resex) Tapajós-Arapiuns, na região de Santarém, no Pará. Pesquisadores da Universidade Federal do Pará (UFPA) avaliaram 3.620 árvores e palmeiras de 326 espécies em 16 áreas, classificadas em três categorias: floresta antiga não queimada, ou queimada uma vez (em 2015) ou duas vezes (em 2015 e 2017). Os incêndios de 2015 na Resex foram desencadeados por um período de seca severa associado ao El Niño de 2015, que persistiu até 2016, atingindo 1 milhão de hectares (ha); os de 2017 se alimentaram de outro período de seca intensa, dos efeitos persistentes do El Niño e da queima da madeira que dessecau no ano anterior, acrescentando centenas de milhares de ha às áreas já carbonizadas.

Como detalhado na *Environmental Research Letters* de outubro, o volume da floresta – a biomassa – acima do solo diminuiu 44% em florestas queimadas uma vez e 71% nas queimadas duas vezes. Houve também uma redução de 50% da diversidade de espécies nas áreas que passaram por dois incêndios, após os quais predominavam espécies pioneiras, de porte pequeno e crescimento rápido, e menos suscetíveis ao fogo.

No Cerrado, os constantes incêndios naturais selecionaram populações de árvores com cascas

mais espessas, capazes de resistir a altas temperaturas. Porém, sob queimadas muito frequentes, algumas espécies podem adquirir um porte menor ou mesmo morrer. “As árvores são pouco resistentes a queimas muito frequentes, anuais ou bianuais, quando não há tempo de os indivíduos jovens desenvolverem uma casca espessa”, diz a bióloga Vânia Regina Pivello, da Universidade de São Paulo (USP). Em um artigo de abril de 2011 na *Fire Ecology*, ela já alertava sobre os danos à biodiversidade causados pela intensificação das queimadas na Amazônia, diferenciando-a do Cerrado, onde muitas plantas, principalmente as rasteiras, beneficiam-se do fogo periódico.

Não são só as árvores que encolhem após sofrerem os efeitos do fogo frequente. Várias espécies de sempre-vivas (*Comanthera* spp.), algumas já em risco de extinção, podem apresentar porte menor e crescimento mais lento se submetidas a incêndios anuais, em comparação com as plantas que não viveram essa situação, de acordo com experimentos conduzidos pelo biólogo Gudryan Baronio, também da USP, no Parque Nacional das Sempre-Vivas, em Minas Gerais.

Era uma boa região para avaliar os efeitos do fogo porque os coletores de sempre-vivas, que as usam na produção de artesanato na região, estimulam a floração por meio de queimadas controladas. Com o acompanhamento da equipe do parque, os pesquisadores estudaram duas áreas, cada uma com oito parcelas (quatro queimadas experimentalmente e quatro mantidas sem fogo),

no início e no fim da estação seca, respectivamente em maio e setembro de 2019.

O objetivo, como descrito em um artigo publicado em novembro na revista científica *Flora*, era verificar não apenas os efeitos imediatos da queimada nas plantas, mas também os decorrentes da época em que é feita. O chamado fogo tardio, no final da seca, tende a ser naturalmente mais intenso que o precoce, no início da seca, quando a vegetação e o solo ainda guardam alguma umidade.

“Depois de dois anos, a cobertura da vegetação herbácea que passou pelo fogo precoce se recuperou quase completamente, mas na do fogo tardio se recuperou apenas parcialmente”, conta Baronio. “Nas duas, porém, a altura das plantas que rebrotaram foi em média 4 centímetros (cm) menor, em comparação com o grupo-controle.” Dependendo da espécie, as sempre-vivas adultas geralmente têm de 20 cm a 60 cm de altura.

Esse trabalho integra um projeto de Pivello apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e resultou em algumas recomendações para os coletores de flores. “Queimar todo ano, nem pensar, pois não há tempo de a vegetação rupestre se recuperar”, diz ela. “Precisamos repensar quando, onde e como usar o fogo controlado, que é uma estratégia importante para o manejo tradicional da vegetação e para os gestores do parque, a fim de diminuir material combustível e evitar os incêndios florestais, de difícil controle.” ●

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



Queimada controlada no Parque Nacional das Sempre-Vivas no município de Diamantina (MG), em julho de 2023

A seca invisível

Esgotamento dos reservatórios subterrâneos de água ameaça florestas e rios

GILBERTO STAM



Rios secos em Manaus (AM), novembro de 2023: redução do nível dos aquíferos agrava a estiagem

Na Amazônia, as águas subterrâneas funcionam como um reservatório que sustenta as árvores nos períodos de seca. Quando a estiagem é prolongada, porém, o nível dos aquíferos cai, agravando a seca e deixando a floresta mais vulnerável a incêndios, especialmente nos anos marcados pelo fenômeno climático El Niño.

As conclusões fazem parte de um estudo de pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), publicado em dezembro na revista *Science of the Total Environment*, e lançam um alerta sobre a gestão de águas subterrâneas, acumuladas entre as rochas ou em seus poros.

“Quando a floresta não tem de onde tirar água, qualquer faísca pode começar um incêndio, que se alastra com mais facilidade”, comenta o geógrafo da USP Bruno Conicelli, um dos autores do artigo. A partir de dados de satélites de sensoriamento remoto, ele calculou o nível dos aquíferos da Amazônia de 2004 a 2016 e comparou com dados de incêndio. As queimadas mais extensas ocuparam as regiões onde os aquíferos estavam mais secos.

“Como os aquíferos guardam quantidades gigantescas de água, cerca de 97% da água doce líquida do planeta, seu nível demora mais a se recompor, enquanto os rios, com 1% das reservas de água doce, enchem quase instantaneamente com a

chuva intensa”, esclarece o geólogo da USP Ricardo Hirata, coautor do trabalho.

Esse fenômeno é mais visível nos rios temporários das regiões áridas e semiáridas, que secam durante a estiagem e voltam a correr logo que a chuva recomeça. Nesses locais, os aquíferos geralmente são mais profundos que a superfície e mesmo que os leitos dos rios.

“Na Amazônia, os aquíferos levam meses para se recompor após a volta das chuvas”, observa Conicelli. Segundo ele, uma sequência de secas, como a dos últimos anos, não permite que os aquíferos se recuperem. As plantas com raízes menos profundas são as primeiras a sofrer com a falta de água.

As variações das áreas tomadas pelos incêndios podem ser explicadas tanto pela seca nos aquíferos quanto pela exploração da floresta. A fronteira agrícola de Mato Grosso, por exemplo, sofreu muitos incêndios, embora a seca nos aquíferos não tenha sido tão severa. Por outro lado, o fogo foi intenso em regiões da Amazônia que secaram mais, como o norte, perto da fronteira com a Venezuela, a região central e a foz do rio Amazonas. Perto dos Andes, onde chove mais, houve menos fogo.

PERDENDO ÁGUA

A água subterrânea que aflora nas nascentes mantém os chamados rios perenes – que correm o ano todo – em períodos de seca. Por outro lado, alguns rios podem

perder água, que infiltra no leito e volta para os aquíferos.

A maioria (55%) dos rios brasileiros perde água, de acordo com um estudo de novembro publicado na revista *Nature Communications*. Em áreas de extensa agricultura irrigada, como na bacia do rio São Francisco, a proporção de rios que cedem água para os aquíferos supera os 61%.

“Essa perda não significa que a maioria dos rios esteja secando, mas pode se tornar significativa em termos de vazão se o nível do aquífero diminuir”, esclarece o engenheiro civil Edson Wendland, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da USP, supervisor do trabalho.

Um trabalho desse tipo, publicado em 2020 na revista *Water*, indicou que a maior responsável pela redução da vazão dos rios na bacia do rio São Francisco foi a queda no nível d’água dos aquíferos que abasteciam os rios. A extração de água para a irrigação foi apontada como a provável principal causa do problema.

“A gestão de rios e aquíferos deve ser feita de forma integrada”, defende o engenheiro civil da EESC José Gescilam Uchôa, principal autor do estudo na *Nature Communications*. Segundo ele, o monitoramento dos recursos hídricos seria importante principalmente nas áreas de agricultura irrigada. ●

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

Sinuca reprodutiva

Grãos de pólen lançados em alta velocidade desalojam aqueles trazidos de outras flores, presentes no bico de polinizador

GILBERTO STAM

Quando sugam o néctar da flor de *Hypenia macrantha*, erva que cresce em beiras de rio no Cerrado, os beija-flores são surpreendidos por uma erupção de grãos de pólen, a partícula reprodutiva masculina, que grudam em seu bico. Levadas a uma flor da mesma espécie na fase fêmea, os grãos poderão fecundar os óvulos. Se, no entanto, a ave visitar outra flor na fase macho, uma nova explosão poderá remover parte dos polens que já estavam lá, aumentando as chances de reprodução da última planta visitada, segundo artigo publicado em outubro na revista *The American Naturalist*.

“Trata-se de um exemplo raro de competição masculina nos vegetais”, observa

o botânico Vinícius Brito, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), um dos autores do artigo. Segundo ele, o pólen é arremessado por um mecanismo floral semelhante a uma catapulta, e desloca os que já estavam lá como se fossem bolas de sinuca. Para verificar a eficiência desse sistema, os pesquisadores coloriram grãos de pólen com pontos quânticos, que são nanopartículas que fluorescem sob luz ultravioleta. Assim, poderiam localizá-las depois de transportadas.

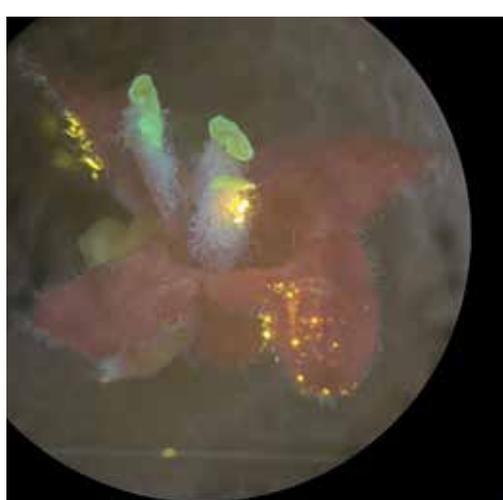
Depois, usaram um crânio de beija-flor para depositar o pólen colorido no bico e contaram quantos grãos ficaram presos, usando um microscópio. Introduzido em uma flor, cujo pólen não tinha recebido a coloração, o bico destravou a catapulta e os pesquisadores contaram quantos grãos

coloridos continuavam aderidos ao bico. Segundo Brito, a explosão removeu, em média, 40% do pólen do bico. Em uma das flores, a remoção chegou a 75%.

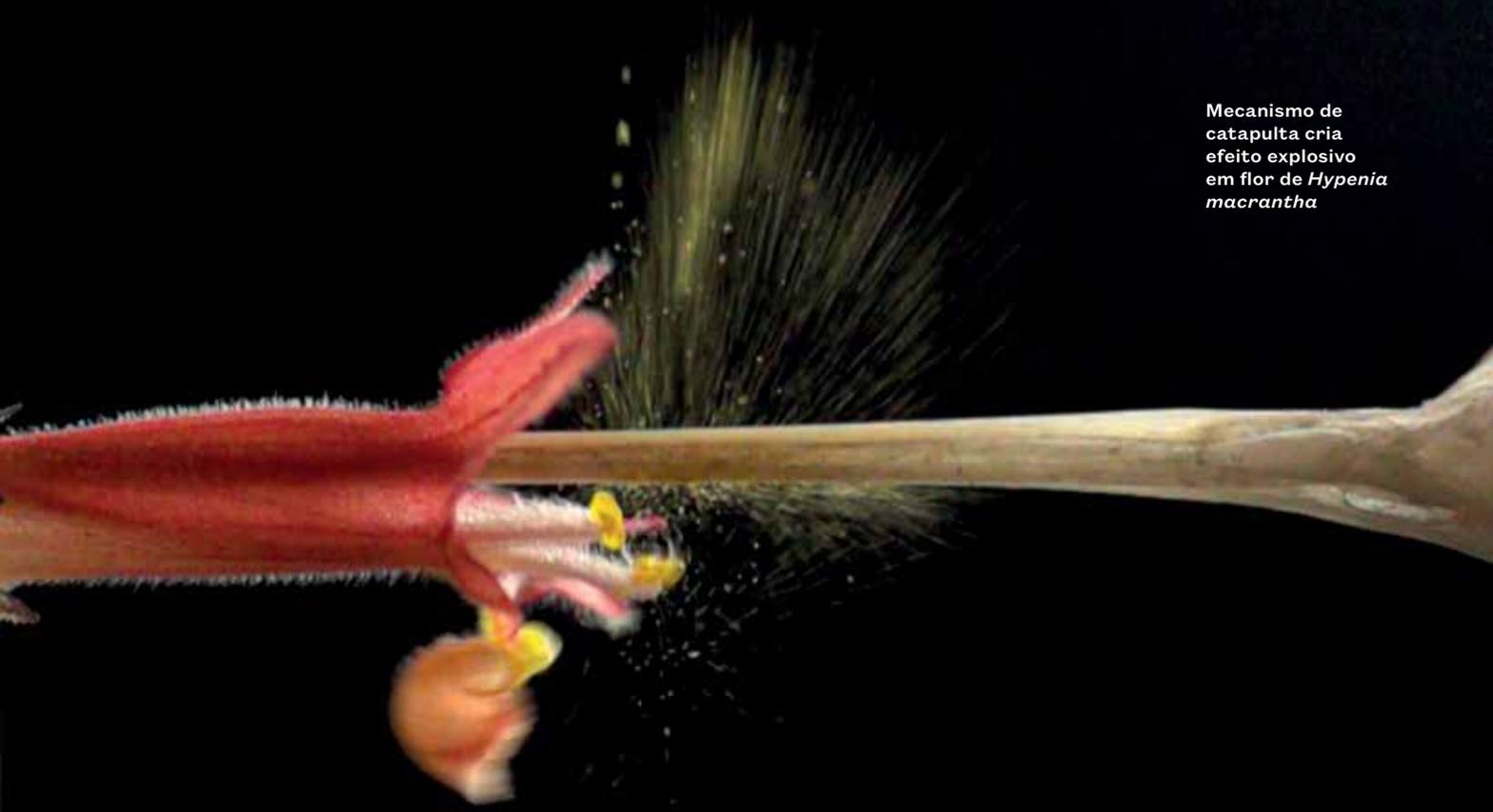
A velocidade da erupção, medida em vídeo, foi de 2,62 metros por segundo (m/s), cerca de 9,5 quilômetros por hora (km/h), o equivalente à de uma pessoa em corrida moderada. Isso faz da ejeção de *H. macrantha* uma das mais rápidas entre as plantas. A distância para a campeã, no entanto, é enorme. A amora-branca (*Morus alba*) lança seus grãos a cerca de 170 m/s, o equivalente a 612 km/h – quase o dobro de um carro de Fórmula 1. Segundo Brito, a explosão de pólen é um mecanismo relativamente comum nas plantas, mas seus efeitos na competição masculina ainda são pouco conhecidos.



Crânio de beija-flor com pólen depositado (acima) e grãos marcados com pontos quânticos (à dir.)



Mecanismo de catapulta cria efeito explosivo em flor de *Hypenia macrantha*



3

“É a primeira demonstração de que uma flor pode remover o pólen de outra e substituí-lo pelo seu”, sublinha o botânico Arthur Domingos de Melo, da Universidade Federal de Sergipe, que não participou do estudo. Segundo ele, os botânicos suspeitavam que os grãos de pólen disputassem espaço no corpo de polinizadores, mas era difícil testar a hipótese de um embate físico direto. “Os autores encontraram um ótimo modelo para os experimentos.”

MUNDO MASCULINO

“A possibilidade de rastrear o pólen com os pontos quânticos poderá revelar mecanismos desconhecidos da função masculina nas plantas”, sugere o botânico sul-africano Bruce Anderson, da Universidade de Stellenbosch, na África do Sul, em entrevista por chamada de vídeo a *Pesquisa FAPESP*. Ele é o primeiro autor do artigo e o responsável por adaptar a tecnologia dos pontos quânticos para colorir o pólen.

“Durante um século, os estudos da reprodução das plantas priorizaram estruturas femininas, como frutos e sementes”, lembra Anderson. Além de serem mais visíveis, é fácil identificar a origem, já que elas se desenvolvem presas à flor, enquanto os polens, levados

por aves, insetos ou pelo vento, são difíceis de rastrear.

O sul-africano estudava a competição reprodutiva em plantas que, como as orquídeas, guardam seu pólen em pequenas bolsas que grudam nas patas do inseto. Segundo ele, como o espaço no polinizador é reduzido, esses pacotes podem grudar em cima dos grãos reprodutivos de outra flor, que ficam inutilizados. “É uma planta difícil de estudar porque a estrutura masculina é muito pequena”, observa Anderson, que veio ao Brasil em busca de uma planta com estruturas maiores. Quando tocou pela primeira vez a flor de *H. macrantha*, em uma visita com Brito ao Parque Estadual do Rio Preto, em Minas Gerais, logo imaginou que a explosão poderia ser um exemplo de competição masculina.

Cerca de 94% das plantas têm flores hermafroditas, muitas delas com uma fase masculina e outra feminina. Quando a ave destrava a catapulta de *H. macrantha*, a flor, que estava na fase masculina, começa uma transição de dois dias para a fase feminina. A partir daí, ela se torna capaz de receber o pólen de outras flores. Segundo Brito, como a erva tem até

10 flores, parte delas na fase masculina, a ave pode visitar mais de uma flor na mesma planta, o que amplifica a força competitiva. “A cada flor, mais pólen fica grudado no bico, substituindo o de plantas visitadas antes”, ressalta.

Entre os animais, há uma variedade de formas de competição de esperma. As libélulas, por exemplo, têm pênis ornados com ganchos, que recolhem o esperma deixado por rivais e inserem o seu no fundo do trato reprodutivo da fêmea.

Outra estratégia é o chamado plug copulatório, aplicado por machos de diversos grupos, como abelhas, répteis e primatas. Depois da cópula, a secreção do macho coagula e fecha o trato reprodutivo da fêmea. Ainda que a fêmea possa retirar essa tampa, o esperma do macho ganha tempo para fecundar o óvulo.

“Costumamos pensar que as plantas se reproduzem passivamente, mas elas travam batalhas semelhantes às dos animais”, ressalta Anderson. “O Brasil tem uma quantidade enorme de espécies que podem nos ajudar a entender a competição do pólen nas plantas”, destaca o pesquisador, que pretende voltar ao país em breve para novos estudos. ●

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

O sexto sentido das trutas

Descrição detalhada da linha lateral, que permite aos peixes perceber o entorno, ajuda a entender como essa espécie lida com as mudanças ambientais

MARIA GUIMARÃES

Quando se tornam peixinhos capazes de nadar e saem dos ninhos de cascalho no fundo de rios da América do Norte, as trutas-de-brook (*Salvelinus fontinalis*) enfrentam desafios à sobrevivência. Precisam perceber obstáculos no espaço, encontrar alimento e, sobretudo, escapar de predadores – que podem ser adultos da própria espécie. Detalhes de como se forma o sistema sensorial típico de peixes que ajuda a detectar esses perigos e oportunidades, a linha lateral, indicam que ele se altera conforme as circunstâncias experimentadas pelas trutas à medida que crescem, em um ajuste fino que pode ser afetado por mudanças de temperatura previstas pelos modelos de aquecimento global, e que já estão acontecendo, de acordo com artigo publicado em julho na revista *Journal of Morphology*.

“A água é densa o suficiente para que o animal detecte um objeto apenas pelas mudanças de fluxo causadas por esse objeto na água”, explica o zoólogo Pedro Rizzato, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP). “É como um sexto sentido dos peixes”, compara, uma habilidade de tato à distância capaz até de detectar diferenças de textura. Os receptores, chamados neuro-

mastos, ficam distribuídos na superfície da pele e também podem estar abrigados em canais por baixo dela. Cada escama que recobre o poro de abertura de um canal tem um furo por cima e outro por baixo, formando uma linha visível da cabeça à cauda, daí o nome “linha lateral”.

Essa organização pode variar entre espécies. As trutas estudadas não têm a linha lateral tão desenvolvida quanto se esperaria no momento em que começam a nadar, ainda jovens. Peixes de regiões temperadas têm mais receptores do que os tropicais e estudos recentes vêm documentando uma variação dos tipos de organização desses sensores. “Em águas paradas é mais favorável ter receptores de superfície, enquanto nas movimentadas eles estão concentrados em canais dentro da pele”, detalha Rizzato. Segundo ele, há uma hipótese – ainda não consensual – de que essa organização permite filtrar a turbulência da água e evita uma estimulação sensorial excessiva.

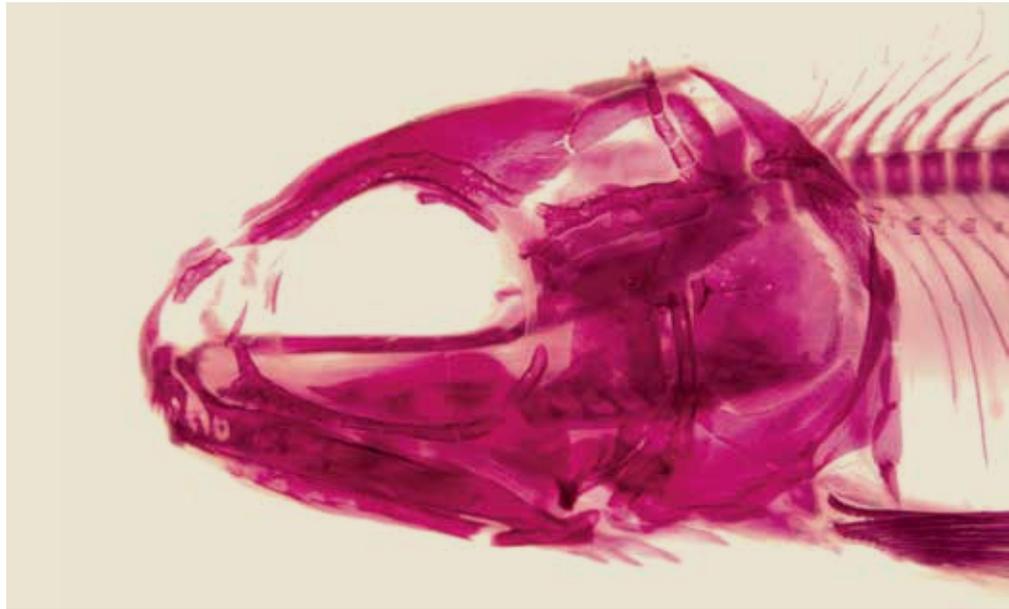
O trabalho recente do zoólogo contribuiu para esmiuçar como a distribuição dos neuromastos varia no desenvolvimento das trutas, em uma parceria com duas evolucionistas norte-americanas da Universidade de Rhode Island, nos Estados Unidos: Aubree Jones, que fez a pesquisa como parte de seu doutorado, e sua orientadora, Jacqueline Webb.

“Eu já era influenciado pelo trabalho do grupo [de Webb] e elas vieram conversar depois que apresentei meu trabalho em um congresso, assim iniciamos a parceria”, conta Rizzato.

Da família dos salmões, as trutas integram um grupo de peixes de importância comercial, o que adiciona interesse em conhecê-las. A espécie em questão vive em regiões temperadas, na América do Norte, e habitualmente migra rio acima para se reproduzir. O ciclo de vida é ritmado pelas estações bem marcadas, e o desenvolvimento é lento.

Segundo Rizzato, nas primeiras fases da vida, os neuromastos estão à flor da pele. À medida que os peixinhos se destacam do chão para a coluna-d’água, a corrente se torna mais rápida e os receptores são engolfados por uma invaginação que os transfere para dentro de canais. Esse processo leva oito meses desde a fertilização – no caso desses peixes, ao menos seis meses depois da eclosão. É lento: em algumas espécies tudo isso se dá em cerca de um mês.

Para investigar esse desenvolvimento, o grupo analisou peixinhos desde recém-eclodidos, com cerca de 1,5 centímetro (cm), até os juvenis de quase 1 ano, que chegam a 8 cm. Os adultos da espécie podem chegar a mais de 40 cm de comprimento. As observações envolveram





Trutas jovens de 36 mm: com os ossos destacados em vermelho (à esq.) para revelar os canais ósseos onde se alojam estruturas sensoriais (à dir.), tingidas como pontos brilhantes

uma série de metodologias, incluindo o estudo de cortes ao microscópio, o exame de peixes preservados em álcool, a microscopia eletrônica de varredura, a tomografia computadorizada e a diafanização, tratamento que torna transparentes os tecidos superficiais, enquanto ossos e cartilagens são tingidos com cores diferentes, o que permite distingui-los. Foi utilizada ainda uma outra técnica, que usa corantes fluorescentes que se ligam especificamente aos receptores da linha lateral. “O corante se liga aos receptores ativos, que brilham”, descreve Rizzato. “Dessa forma, fizemos uma descrição detalhada que não tinha sido realizada para nenhuma espécie de peixe.”

EXPERIMENTO NATURAL

Os peixes do estudo têm algo que os diferencia do padrão natural da espécie: vivem em açudes, onde não podem migrar, como fariam se habitassem um rio em que precisassem galgar na época da reprodução, para na maturidade descer em direção à jusante. Essa situação, que acontece em consequência de alterações humanas ao ambiente, faz parte do interesse da evolucionista Aubree Jones. “Eu queria ver como as represas afetam a migração dos peixes”, conta. Mas, antes de comparar a vida em água parada àquela nos rios, ela encontrou uma oportuni-

dade experimental para verificar como a temperatura afeta o desenvolvimento.

Assim, criou três condições experimentais em que os peixes cresciam em temperaturas na média térmica dos rios da região, ou aquecidos 2 graus Celsius (°C) ou 4 °C a mais. “Descobrimos que a estrutura dos neuromastos se mantém nessas condições”, afirma ela. O que muda é o tamanho dos neuromastos, que são menores, e a velocidade de desenvolvimento, mais rápido. Os dados integram sua tese de doutorado, defendida em setembro de 2023, e ainda não foram publicados.

De acordo com Jones, essas mudanças podem levar a um descompasso entre o desenvolvimento das jovens trutas e as condições ambientais. “Os filhotes são noturnos, o que lhes permite evitar serem comidos pelos adultos da mesma espécie, que se alimentam de dia.” Uma maturação sensorial mais rápida, sem o tempo para que o animal atinja tamanhos mais robustos, pode representar perigo.

Quando começou o trabalho, há cerca de seis anos, a evolucionista via as temperaturas experimentais como fictícias, de certa maneira. Mas rapidamente viu aquelas condições se tornarem a realidade em parte dos habitats desses peixes. “As coisas estão mudando tão depressa, que é difícil produzir resultados signifi-

cativos a tempo”, lamenta. “Uma temperatura 4 °C maior está logo ali.”

O problema pode ser mais grave do que isso, alerta o biólogo Adalberto Val, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa). “A mudança climática é muito mais ampla do que a temperatura crescente; o aumento do gás carbônico tem um efeito brutal na água, que se torna acidificada.” Os peixes estão sempre dentro da água, respirando pelas brânquias e têm sensores epidérmicos afetados pela acidez. “A tomada de oxigênio precisa se dar no pH correto”, exemplifica o pesquisador. Essas mudanças de temperatura e acidez, e seu efeito sobre os peixes, são justamente a especialidade de Val, como ele contou em entrevista publicada em setembro (ver Pesquisa FAPESP nº 343).

Val se preocupa com o impacto das mudanças sobre os peixes amazônicos. Afinal, eles evoluíram em contato com um ambiente equatorial, em que as condições se alteram pouco entre estações. A maneira como peixes de regiões temperadas, mais habituados a flutuações, adaptam-se às mudanças pode dar pistas de como seria a remodelação da linha lateral nos trópicos. “Seria interessante comparar para entender”, reflete. ●

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

A busca por cidades mais resilientes

Diretora brasileira de programa das Nações Unidas diz que os centros urbanos têm papel importante no processo de adaptação e mitigação das mudanças climáticas

RENATA FONTANETTO

Quase 60% dos mais de 8 bilhões de habitantes da Terra moram atualmente em áreas urbanas. Até 2050, as estimativas preveem que essa proporção poderá crescer mais 10 pontos percentuais. Dados do mais recente relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que as cidades produzem cerca de 70% das emissões totais de gases de efeito estufa que elevam a temperatura do planeta. Apesar de sua grande pegada de carbono e de serem particularmente vulneráveis aos efeitos do aquecimento global, as cidades também podem ser um espaço-chave de adaptação e mitigação das mudanças do clima. É o que diz a economista brasileira Anacláudia Rossbach, 54 anos, desde agosto de 2024 diretora-executiva do Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-Habitat), sediado em Nairóbi, capital do Quênia.

Rossbach tem mais de 20 anos de experiência na área de políticas urbanas e de habitação social. Formada pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), trabalhou na prefeitura de São Paulo, no Banco Mundial e na Cities Alliance, parceria internacional entre países para ajudar as cidades a lidar com a pobreza urbana e o desenvolvimento sustentável. Durante a 29ª Conferência das Partes das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP29), que ocorreu em novembro em Baku, no Azerbaijão, o UN-Habitat lançou o “World cities report 2024”. O relatório reúne dados sobre resiliência climática, sustentabilidade urbana, impactos socioeconômicos e intervenções políticas, juntando informações nacionais e municipais, por meio de fontes governamentais e acadêmicas. Nesta entrevista, concedida por e-mail a *Pesquisa FAPESP*, Rossbach comenta alguns dos principais pontos do documento.



Desde agosto de 2024, a economista é diretora-executiva do programa UN-Habitat

As cidades estão mais expostas aos efeitos das mudanças climáticas?

A concentração de pessoas, negócios, instituições e infraestrutura em áreas urbanas as torna vulneráveis a eventos extremos. Com base num artigo publicado na revista *Environmental Research Letters* em 2018, o relatório do UN-Habitat indicava que um aumento de 2 graus Celsius (°C) na temperatura global até 2050 irá expor 2,7 bilhões de pessoas, a grande maioria situada na África e na Ásia, a riscos climáticos moderados ou altos. Segundo outro relatório técnico de 2018, elaborado pela Rede de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Urbanas e por outras instituições, haverá mais de 800 milhões de pessoas morando em 570 cidades costeiras onde o nível do mar pode subir pelo menos 0,5 metro e ocorrer inundações até meados deste século. O mesmo documento ressalta que, na década de 2050, mais de 1,6 bilhão de residentes urbanos estarão expostos

a temperaturas extremas de pelo menos 35 °C por três meses consecutivos. É por isso que as cidades devem estar na linha de frente para enfrentar o desafio das mudanças climáticas, tanto em termos de mitigação e adaptação quanto na construção de resiliência. Embora alguns acordos internacionais sobre mudanças climáticas reflitam compromissos nacionais, como o de Paris e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas [ODS], todas as decisões demandam implementação local. Mas as cidades não devem agir sozinhas. Governos locais devem ser apoiados por uma rede de atores operando em diferentes escalas.

Enquanto as cidades representam um risco, elas também podem ser vistas como solução para as mudanças do clima. Poderia explicar essa aparente contradição?

Até recentemente, as cidades eram perce-

bidas como parte do problema, devido a expansões desordenadas, assentamentos informais e uma inação climática. Esse discurso está lentamente mudando. Por mais que as cidades ainda emitam muitos gases poluentes, dados do relatório mostram que as emissões *per capita* em nível urbano são frequentemente menores do que a média *per capita* nacional, particularmente em contextos bem planejados e geridos. Isso significa que áreas urbanas têm o potencial de ser mais eficientes do ponto de vista da emissão de carbono. O problema é que, em âmbito global, as áreas verdes reduziram sua participação no espaço urbano de 19,5% em 1990 para 13,9% em 2020. Segundo um estudo de 2020 publicado na revista *International Journal of Digital Earth*, somente algumas grandes cidades, especialmente na América do Norte e na Europa, vêm conseguindo reverter esse encolhimento das áreas verdes urbanas. Isso indica que, com políticas regulató-

rias e planejamento adequado, as áreas urbanas podem desempenhar um papel significativo na regeneração do planeta. As cidades podem implementar políticas exclusivamente urbanas para reduzir emissões. Elas atuam como centros de inovação e de defesa contra as mudanças climáticas. É possível pensar em medidas de urbanização que beneficiam o planeta e não o contrário, como redes de transporte mais eficientes, conservação ou restauração de ecossistemas, construções urbanas mais inteligentes e adaptadas ao clima, bem como medidas que incentivam a reciclagem de diferentes materiais.

Quais outros setores podem contribuir para a mitigação dos gases que causam o aquecimento do planeta?

A transição energética é atualmente uma história de sucesso global e nacional na mitigação das mudanças climáticas. Em 2023, pela primeira vez, as energias renováveis – como a solar, a eólica, a hídrica e outras – foram responsáveis por 30%

“
As áreas urbanas têm o potencial de ser mais eficientes do ponto de vista da emissão de carbono

da produção de eletricidade no mundo. No entanto, muitas medidas do lado da demanda e da oferta devem ser implementadas para atingir as metas de neutralidade de carbono de cidades e governos nacionais, como maior eficiência energética na construção e operação de edifícios, estímulos a um tipo de mobilidade que favoreça caminhadas, uso de bicicletas e transporte público e adoção de veículos elétricos. Também é preciso disseminar uma economia circular, que favoreça o retorno, a reutilização e a reciclagem de diversos materiais, incluindo os catadores de lixo. No relatório, citamos o exemplo de Belo Horizonte. O estado de Minas Gerais conta com uma lei de 2011 que instituiu o programa Bolsa Reciclagem, que oferece incentivo financeiro a cooperativas de catadores.

As cidades deveriam priorizar quais medidas de adaptação às mudanças climáticas?

Ressalto a necessidade de criar resiliên-

Áreas verdes urbanas crescem apenas em algumas grandes cidades dos Estados Unidos e da Europa, como Milão, na Itália



FOTO EMANUELE CREMASCHI/GETTY IMAGES

cia. No UN-Habitat, estamos acostumados a trabalhar com assentamentos informais e locais com alta vulnerabilidade social para criar resiliência climática por meio da adaptação. Ter infraestruturas urbanas resilientes ao clima, com especial atenção à oferta de serviços básicos, como água e saneamento, é prioridade. Ao mesmo tempo, as cidades devem estimular o emprego de soluções baseadas na natureza e alinhar as agendas das mudanças climáticas e da preservação da biodiversidade. Essas medidas podem produzir respostas relativamente econômicas às mudanças climáticas, particularmente quando aliadas à questão da segurança alimentar e a oportunidades de subsistência para a população mais vulnerável. Outro aspecto a ser considerado é que projetos que visam à resiliência e à manutenção dos meios de vida da população podem incluir medidas de reassentamento urbano, como em casos de inundação causada pela elevação da água do mar. Isso foi feito no arquipélago de Fiji, na Oceania, que precisou realocar famílias que viviam na baía de Natewa para uma localidade mais no interior de uma das ilhas a partir de 2009. No entanto, não houve consulta adequada aos moradores durante a elaboração técnica do projeto. Esse é um claro exemplo de como os reassentamentos são um desafio, mesmo que, em muitos casos, necessários.

Os riscos associados às mudanças climáticas são maiores nas cidades costeiras ou nas do interior?

Os resultados do relatório sugerem que quase nenhum residente urbano ficará imune às mudanças climáticas. É importante salientar que as cidades do interior também estão expostas a inundações causadas por chuvas devido à drenagem inadequada e ao aumento da cobertura de concreto, asfalto e outros materiais que impedem a infiltração de água. Outros impactos das mudanças climáticas, específicos do contexto urbano, incluem a formação de ilhas de calor, fenômeno climático caracterizado pelo aumento da temperatura nas cidades em comparação com as zonas rurais. Assim como ocorre nos casos de elevação do nível do mar e em inundações costeiras, as pessoas mais pobres e vulneráveis tendem a ser desproporcionalmente expostas a situações de calor extremo.

O relatório também alerta sobre ser necessário ir além de simplesmente medir a exposição ao risco. Investigar as vulnerabilidades em âmbito local também é importante. Como essas duas variáveis devem convergir em um plano de ação climática adequado?

Compreender a exposição ao risco – em particular, ao aumento do nível do mar, calor, secas e inundações – é importante. Porém entender como grupos específicos são afetados é o primeiro passo para a ação climática. Uma família com uma casa resistente é menos vulnerável do que uma em um assentamento informal. Pessoas com mobilidade reduzida ou sem mobilidade são mais vulneráveis do que aquelas que podem se mover facilmente para fora das áreas de risco. A topografia, a infraestrutura e os serviços disponíveis para as comunidades fazem diferença. Aqueles mais vulneráveis a choques econômicos – frequentemente mulheres, meninas e idosos – também

são mais vulneráveis às mudanças climáticas. É necessário apoio específico para construir resiliência e protegê-los.

Planos de ação climática mal elaborados podem agravar as desigualdades?

Apesar das boas intenções de algumas ações de adaptação e mitigação climática, vimos que as intervenções podem gerar novas vulnerabilidades e, inadvertidamente, exacerbar desigualdades sociais quando não são planejadas e executadas de forma inclusiva, particularmente para os residentes urbanos mais pobres, os povos indígenas e as comunidades migrantes. No relatório, destacamos resultados indesejados de medidas de mitigação de inundações em cidades de diversas regiões do mundo, que resultaram em gentrificação de certas regiões e má adaptação. Esse foi, por exemplo, o caso do projeto Big U, na cidade de Nova York, nos Estados Unidos, que pretendia criar um anel de parques contra inundações no perímetro ao sul da ilha após a passagem do furacão Sandy, em 2012. O projeto original consultou os moradores, mas foi alterado em 2018 de forma arbitrária. As cidades só são, de fato, resilientes na medida em que seus habitantes mais vulneráveis também o são.

Poderia dar exemplos e indicar como as políticas públicas podem ser aprimoradas para evitar o aumento das desigualdades?

Elas devem ser inclusivas e reconhecer a contribuição da governança informal e das perspectivas das comunidades com experiências locais sobre os riscos das mudanças do clima. Também é de suma importância ter sistemas robustos de dados para informar a tomada de decisões com base em evidências. Os governos municipais devem investir em medir e monitorar os impactos da inclusão e da equidade das ações climáticas. Dados separados por bairro, renda, gênero e outros indicadores devem informar os tomadores de decisão se suas políticas estão bem projetadas e se os impactos das ações se distribuem de maneira equitativa. ●

“
Entender como
grupos específicos
são afetados
é o primeiro
passo para
a ação climática

Esta entrevista faz parte da Climate Change Media Partnership 2024, uma bolsa de jornalismo organizada pela Earth Journalism Network, da Internews, e pelo Stanley Center for Peace and Security.

Da floresta para o ar

Ao descer para perto da superfície, as partículas de aerossóis formadas pela liberação do gás isopreno geram núcleos de condensação de nuvens



Gás emitido pelas árvores da Amazônia aumenta em 100 vezes a produção de núcleos de condensação, as sementes das nuvens

MARCOS PIVETTA

Um mecanismo de defesa que surgiu e desapareceu várias vezes ao longo da história evolutiva de diferentes linhagens de plantas, especialmente em árvores de ambientes quentes, exerce um papel crucial na Amazônia sobre um dos parâmetros mais importantes do clima terrestre: a quantidade de nuvens do céu. Como forma de lidar provavelmente com picos de estresse térmico, as folhas das árvores emitem um composto volátil, o gás isopreno (C_5H_8). Durante o dia, sob a luz solar, o isopreno se degrada rapidamente após ser liberado. Mas, sob determinadas condições noturnas, o composto permanece no ar por mais tempo, ganha altitude e se transforma em um ingrediente essencial da química atmosférica, uma espécie de difusor dos processos que resultam em nuvens. Essa é a conclusão principal de dois novos estudos, feitos por grupos internacionais com a participação de brasileiros, publicados simultaneamente em dezembro na revista *Nature*.

Molécula da família dos terpenos, que abrange os principais compostos voláteis emitidos pelas plantas, o isopreno liberado pelas folhas das árvores que escapa do seu fim precoce reage com outros gases e desencadeia uma série de reações na baixa e na alta troposfera, a camada mais superficial da atmosfera terrestre. Essas interações aumentam em dezenas de vezes a taxa de formação de partículas de aerossóis e, posteriormente, de núcleos de condensação, o embrião das nuvens. O mecanismo turbina não apenas a gênese de nuvens sobre a Amazônia, mas também sobre o oceano Atlântico e provavelmente outras partes do globo. Aproximadamente dois terços da superfície do planeta são permanentemente cobertos por nuvens, um ingrediente do clima que pode tanto esquentar co-

mo resfriar uma região, além de levar umidade por meio das chuvas.

Os artigos mostram em detalhes a sequência de interações físico-químicas entre o isopreno e outros compostos que levam à formação de enormes quantidades de partículas de aerossóis na alta troposfera da Amazônia, a altitudes entre 8 e 15 quilômetros (km). Essas partículas apresentam inicialmente alguns nanômetros (nm) de diâmetro e, com o tempo, vão se agregando a outros aerossóis e crescem de tamanho. Elas podem ser transportadas para diversas partes do globo em razão da circulação atmosférica e têm um papel importante na gênese dos núcleos de condensação das nuvens. Quando atingem a baixa troposfera, entre 1 e 2 km de altitude, os núcleos com pelo menos 50 nm de diâmetro funcionam como suportes do vapor d'água, que se condensa (vira líquido) e dá origem às nuvens. Sem os núcleos, não há nuvens, que podem ser de bom tempo ou de chuva.

A descoberta do jogo de interações iniciado pela emissão do isopreno, que se torna um gás a temperaturas superiores a 34 graus Celsius ($^{\circ}C$), explica um fenômeno observado há duas décadas nos céus da Amazônia. No início dos anos 2000, pesquisadores tomaram conhecimento da existência de concentrações de aerossóis na alta troposfera da grande floresta tropical que eram 160 vezes maiores do que as medidas perto da superfície. No entanto, não havia uma explicação consistente para o achado até a publicação dos novos trabalhos. “Agora, resolvemos esse mistério e mostramos que um composto orgânico liberado pela própria floresta, o isopreno, inicia o processo de formação desses aerossóis”, diz o físico Paulo Artaxo, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP), coautor de um dos estudos, que receberam destaque de capa na *Nature*. “É muito importante entendermos o processo de

formação das nuvens para aprimorarmos nossos modelos de previsão meteorológica e climática.”

Um dos artigos se baseia em dados de processos químicos obtidos em sobrevoos sobre a Amazônia com o avião Halo, do Centro Aeroespacial Alemão (DLR), entre dezembro de 2022 e janeiro de 2023. Essas atividades fizeram parte do projeto Chemistry of the Atmosphere: Field Experiment in Brazil (Cafe-Brazil), experimento de campo conduzido dois anos atrás. “Realizamos 136 horas de voo e percorremos 89 mil km sobre a Amazônia”, conta o meteorologista Luiz Augusto Machado, do IF-USP e colaborador do Instituto Max Planck de Química, da Alemanha, que supervisionou todos os voos e participou de alguns. O avião Halo decolava de Manaus ainda antes de o dia amanhecer para flagrar as interações físico-químicas do isopreno sem a influência da

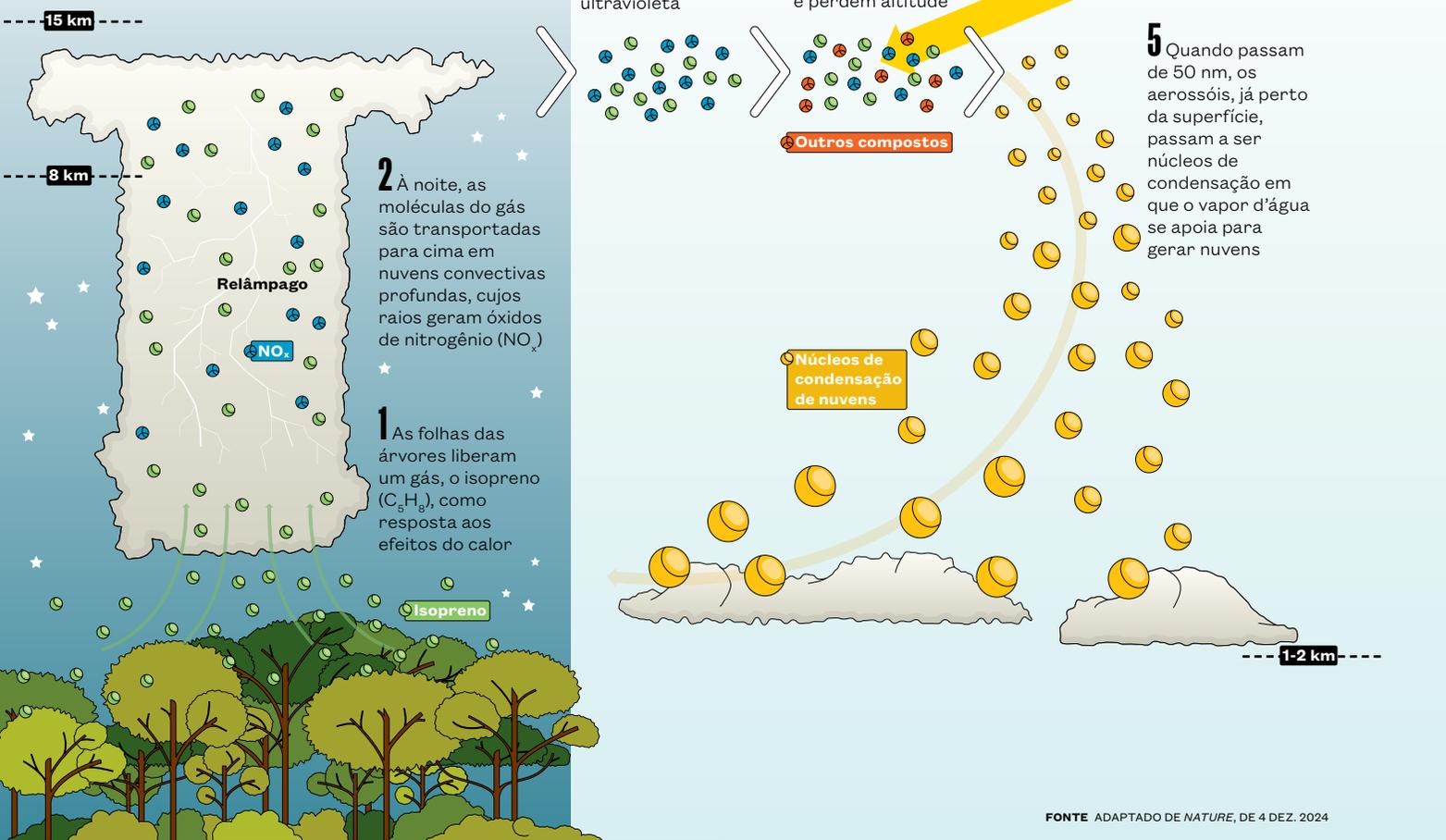
luz solar e podia permanecer no ar por 10 horas seguidas registrando parâmetros da atmosfera.

O segundo trabalho foi feito nas dependências da Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (Cern), na Suíça, na câmara Cloud (Cosmic Leaking Outdoor Droplets). Esse aparelho reproduz as condições e os processos que ocorrem na atmosfera. “O Cloud é um cilindro de aço inoxidável de 3 metros de altura, que é suprido de ar ultralimpo com as mesmas proporções de nitrogênio e oxigênio que temos na atmosfera”, conta a meteorologista brasileira Gabriela Unfer, que faz doutorado no Instituto Leibniz de Pesquisa Troposférica, em Leipzig, na Alemanha. Unfer é a única brasileira que assina os dois artigos sobre os aerossóis de alta altitude.

Para que o sistema Cloud possa simular as condições da atmosfera de uma região do globo,

Das árvores para os céus

Gás isopreno liberado pela floresta sobe até a alta atmosfera e acelera a formação de núcleos de condensação, que descem para perto da superfície e geram nuvens



é preciso que a câmara seja abastecida com informações meteorológicas e químicas relativas a esse ponto do planeta. “Os dados de campo obtidos nos voos do programa Cafe-Brazil serviram de base para que as corretas configurações de temperatura, umidade e concentração de gases pudessem ser simuladas no Cloud. Foi assim que reproduzimos em laboratório a formação de aerossóis de alta altitude desencadeada pelas emissões de isopreno das plantas”, explica Unfer.

O aspecto mais surpreendente dos estudos é que os aerossóis formados entre 8 e 15 km de altitude devem sua existência a processos que se iniciam no meio das árvores da Amazônia. “Se a floresta tropical continuar a ser desmatada, isso terá um impacto no processo de produção de aerossóis na alta troposfera e, por conseguinte, na formação de nuvens mais perto da superfície”, comenta o meteorologista Micael Amore Cecchini, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP, outro autor de um dos *papers* que participou da campanha Cafe-Brazil.

A chave de todo o processo é o isopreno, composto volátil orgânico incolor, com um levíssimo aroma que pode remeter a borracha ou petróleo. A liberação dessa molécula gasosa, expelida como uma espécie de transpiração da vegetação, é um mecanismo evolutivo que auxilia as plantas, em especial as dos trópicos, a se proteger dos efeitos negativos dos picos de calor. Perto da superfície, na baixa atmosfera, o isopreno dura minutos ou poucas horas. Durante o dia, sob a luz solar, ele reage com o ozônio e outros compostos e desaparece rapidamente quase por completo da atmosfera.

Mas as moléculas de isopreno que não foram destruídas e as emitidas depois do pôr do sol pelas árvores da Amazônia escapam desse fim precoce e são transportadas à alta atmosfera pela ação de tempestades noturnas. Por volta dos 15 km de altitude, onde a temperatura é inferior a -30 °C, o isopreno não se degrada como ocorre perto da superfície e interage com outros compostos. A produção noturna de raios durante as tempestades faz com que o isopreno se ligue a moléculas de óxidos de nitrogênio e forme rapidamente uma enorme quantidade de partículas de aerossol de alguns nanômetros. “Na alta atmosfera, o isopreno acelera em 100 vezes a velocidade de formação de aerossóis”, comenta Machado. A velocidade de deslocamento dos aerossóis na alta troposfera chega a 150 km por hora. Por isso, é razoável supor que eles migrem



para regiões muito distantes da Amazônia, onde perderiam altitude e se aglutinariam até formar núcleos de condensação de nuvens entre um e dois km acima da superfície.

É provável que esse mesmo mecanismo de formação de aerossóis em altitudes elevadas também ocorra em outras partes do globo, especialmente sobre as florestas tropicais do Congo, na África, e no Sudeste Asiático. O isopreno é o principal composto volátil emitido pelas plantas. Cerca de 600 milhões de toneladas são liberadas para a atmosfera anualmente. “Esse tipo de formação de partículas de aerossol na alta troposfera deve ocorrer não apenas na Amazônia, mas em todas as florestas tropicais, visto que todas emitem muito isopreno”, diz, em entrevista a *Pesquisa FAPESP*, o meteorologista Joachim Curtius, da Universidade de Frankfurt, principal autor do estudo com os dados do experimento Cafe-Brazil. “A floresta amazônica sozinha é responsável por mais de um quarto das emissões totais de isopreno.”

O passo seguinte dos estudos é tentar entender em mais detalhes de que maneira ocorre o crescimento e o transporte dos aerossóis na alta troposfera da Amazônia e como se dá sua descida para as proximidades da superfície terrestre. “Não sabemos quantas dessas partículas são perdidas por colisões com outras partículas e em outras interações e quantas ‘sobrevivem’ e se tornam núcleos de condensação nas baixas altitudes dos trópicos, onde as nuvens se formam”, comenta Curtius. Nesse processo, o isopreno é apenas a ponta do iceberg, ou melhor, da nuvem. ●

Avião Halo sobrevoa a Amazônia para realizar medições da química da atmosfera

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

Desenho de um copo do tipo tulipa brasileira otimizado, com boca de corneta, para manter a cerveja gelada por mais tempo

Cerveja gelada por mais tempo

Copo alongado de base estreita e com boca de corneta faz a bebida esquentar menos enquanto é consumida

DANILO ALBERGARIA

Diferentemente de outros povos, que tomam cerveja a temperaturas mais elevadas, a maioria dos brasileiros gosta de consumir a bebida extremamente gelada. Com essa preferência em mente, o engenheiro mecânico Cláudio Pellegrini, da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), de Minas Gerais, usou conhecimentos de sua especialidade, a mecânica de fluidos, para determinar qual formato de copo faria a cerveja esquentar o menos possível enquanto é consumida.

Resultados obtidos por modelagem matemática chegaram a uma espécie de regra geral que seria válida e poderia ser adaptada para qualquer tipo de taça (tulipa, *pint* ou caneca), desde que o principal objetivo do recipiente fosse manter o líquido gelado por mais tempo: a circunferência do copo deve aumentar

progressivamente no sentido de baixo para cima. A partir de uma base estreita, o diâmetro do recipiente só se amplia em direção à boca, mais larga, e obedece a uma função matemática crescente denominada monótona (ou monotônica).

A regra gera um copo alongado com a chamada boca de corneta, que propicia a menor troca de calor entre o líquido e o ambiente. Com exceção de seu topo, onde se encontra a boca de corneta, o recipiente apresenta linhas predominantemente retas na maior parte de sua extensão. Copos bojudos em sua base ou a meio caminho de sua boca, como os que se assemelham à tulipa brasileira, não seriam ideais para manter a cerveja gelada por mais tempo, segundo o trabalho.

Pellegrini usou equações para descrever a transferência de calor entre o copo e o ambiente ao longo do tempo para definir qual seria a curvatura mais eficaz de modo a minimizar esse processo. A análise incluiu um aspecto dinâmico do sistema: a transferência de calor diminui à medida que a quantidade de cerveja no recipiente também se reduz (em razão de seu consumo). Copos com boca de corneta minimizam a troca térmica porque a cerveja fica por mais tempo em sua base, mais estreita e com menor área de contato com o ambiente.

“O estudo pode ser usado para guiar a fabricação de copos mais eficazes, pois aponta para um design que não é produzido atualmente”, diz o engenheiro mecânico. Dos modelos comerciais mais conhecidos, o copo tipo pilsen (alto, com boca aberta e base pequena) é provavelmente o que mais se aproxima do modelo ideal. Pellegrini disponibilizou em outubro no repositório arXiv um *preprint* (artigo não publicado e sem revisão por pares) em que fala do trabalho. O texto atualiza e desenvolve uma abordagem apresentada em artigo publicado em 2019 na *Revista Brasileira de Ensino de Física*.

No artigo anterior, por não haver fixado as dimensões dos recipientes modelados, Pellegrini chegou a soluções de pouca serventia prática: os copos ideais para conservar a cerveja fria por mais tempo tinham capacidade entre 2 litros (L) e 103 L. A abordagem no trabalho atual incluiu mais detalhes dos recipientes. O pesquisador utilizou dimensões fixas para tipos clássicos de copos, como o *pint* americano, com capacidade para 473 mililitros (mL), a tulipa brasileira (300 mL) e a caneca (473 mL). Também definiu parâmetros básicos de sua geometria: a altura e o tamanho de suas circunferências da base e da boca. Com essas adaptações, o novo estudo apresenta soluções próximas da realidade. O desenho modificado do copo do tipo tulipa brasileira que ilustra esta reportagem é uma delas.

Para modelar matematicamente o problema, Pellegrini adotou algumas suposições ideais para conceber os copos. Foram desconsideradas a espuma, que ajuda a manter a cerveja gelada, e a transferência de calor pelo toque das mãos no copo. O cálculo se concentrou no calor que atravessa o vidro na parte lateral do copo e no que entra por cima, devido ao contato entre o ar e a cerveja. O fundo do copo foi concebido como isolado do ambiente externo (na realidade é apenas um vidro mais grosso) e a temperatura do líquido considerada homogênea.

Pellegrini estava interessado apenas em copos de vidro e não em recipientes com isolamento térmico, que se tornaram populares nos últimos anos. O mais famoso deles, o chamado copo Stanley, utiliza um design eficaz já conhecido há muito tempo: o isolamento térmico causado pelo vácuo entre a parte interna em contato com o líquido e a parte externa em contato com o ambiente.

O artigo é muito bem-humorado, repleto de tiradas espirituosas. Ao consi-

derar o copo americano, tão comum nos botecos brasileiros, Pellegrini conclui que ele mantém a cerveja gelada pelo processo mais primitivo. “Devido à baixa capacidade [do copo], a cerveja é consumida tão rapidamente que não tem tempo de esquentar”, diz. A afirmação remete a uma nota de rodapé. “E não, você não conhece ninguém que beba *tão devagar*”, comenta.

Para o físico Peter Schulz, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), o trabalho de Pellegrini é bem-vindo. “É uma agradável surpresa”, diz ele. “A ciência se leva a sério demais e o artigo indica que há uma vontade geral de diminuir um pouco a sisudez dos trabalhos científicos.” Na avaliação de Vanderlei Bagnato, físico licenciado da Universidade de São Paulo (USP) e hoje na Universidade Texas A&M, dos Estados Unidos, o estudo sinaliza como a criatividade pode ser usada não apenas na produção de ciência nova, que avança as fronteiras do conhecimento, mas também para resolver problemas do cotidiano com o emprego de um saber já estabelecido. “Apesar de não gerar ciência, o artigo mostra o valor do conhecimento para otimizar o dia a dia”, comenta Bagnato.

O pesquisador da UFSJ aponta ainda outro motivo que o levou a se debruçar sobre um tema aparentemente tão banal. “Os jovens não têm demonstrado interesse em áreas do conhecimento que não têm muita aplicação prática”, conta Pellegrini, professor há 33 anos. Por isso, ele fez um estudo didático. Propositalmente, evitou utilizar simulações computacionais e experimentos para indicar como a transferência de calor pode ser utilizada para obter respostas a perguntas simples com o emprego de uma abordagem estritamente analítica. Deu certo. ●

Para medir a temperatura passada

Inteligência artificial desenvolvida no país estima histórico de temperatura de equipamentos estratégicos para a extensão da vida útil da usina de Angra 1

DOMINGOS ZAPAROLLI



Um sistema de inteligência artificial capaz de estimar o histórico de temperatura de equipamentos auxiliou na tarefa de determinar a vida útil de componentes estratégicos essenciais para a renovação da licença operacional da usina nuclear Angra 1, localizada no município de Angra dos Reis, no litoral fluminense. A licença de operação da instalação venceria em 31 de dezembro de 2024 e a estatal Eletronuclear reivindicava a extensão do licenciamento por mais 20 anos na Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). No final de novembro, após avaliação técnica e de segurança, a comissão autorizou a extensão da vida útil operacional de Angra 1 até 2044.

Batizado de Sistema de Vida Qualificada (SVQ), o software foi desenvolvido por pesquisadores do Laboratório de Monitoração de Processos (LMP) do Programa de Engenharia Nuclear do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe-UFRJ). “O SVQ usa dados coletados por sensores atuais para

conhecer a temperatura passada, com a qual os equipamentos operavam em uma época em que não havia ainda sensores do gênero em operação nas usinas nucleares”, descreve o físico Roberto Schirru, coordenador do LMP. “O SVQ também será capaz de prever a temperatura futura.”

A temperatura operacional é o principal fator a determinar a obsolescência de equipamentos e dispositivos elétricos em uma usina nuclear, entre eles motores, válvulas, bombas e cabos. A exposição à radiação e à umidade também é parâmetro relevante, mas em menor escala.

Angra 1 entrou em operação comercial em 1985 e tem potência instalada de 640 megawatts (MW), energia suficiente para atender a uma cidade de 2 milhões de habitantes. Quando foi construída, as usinas nucleares ainda não eram aparelhadas com sensores de temperatura instalados nos equipamentos situados no interior do edifício que abriga o reator nuclear, como ocorre hoje. A usina brasileira só implantou esses dispositivos em 2015.

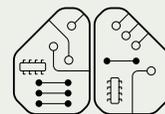
A equipe do LMP usou os dados obtidos dos sensores entre 2015 e 2020, ano em que a primeira versão do SVQ foi elaborada, para desenvolver

Prédio onde fica a turbina geradora de energia de Angra 1



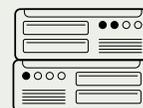
Por dentro do SVQ

Saiba como funciona o software criado pela equipe da Coppe-UFRJ



O que é

Uma ferramenta de inteligência artificial baseada em redes neurais profundas capaz de inferir o histórico de temperatura de equipamentos de uma usina nuclear e calcular a vida útil deles



Como funciona

O SVQ usa dados coletados por sensores atuais para conhecer a temperatura passada, com a qual os equipamentos operavam numa época em que não havia sensores similares em operação nas usinas



Por que é importante

Dados do SVQ foram usados para obtenção em dezembro da renovação da licença operacional da usina de Angra 1 até 2044

FONTE ROBERTO SCHIRRU E ANDRESSA NICOLAU (COPPE-UFRJ)

modelos matemáticos de variação da temperatura operacional dos equipamentos. Juntou a esses dados informações do histórico de temperatura ambiente no interior do edifício do reator desde sua entrada em operação, obtidas por meio do Sistema Integrado de Computadores de Angra (Sica), também criado pelo LMP. Além da temperatura ambiente, o Sica monitora mais de 6 mil parâmetros de segurança da usina.

O SVQ, explica Schirru, foi treinado com redes neurais profundas a correlacionar os dados dos sensores instalados nos aparelhos depois de 2015 com as informações fornecidas pelo Sica para estabelecer padrões e, assim, inferir a temperatura nos equipamentos no período de 1985 a 2015 – os primeiros 30 anos de operação da usina. Para validar os dados, a equipe do LMP também calculou com o SVQ a temperatura dos equipamentos entre 2015 e 2020. Depois, comparou com os dados reais obtidos com os sensores instalados.

Em artigo publicado em 2023 na revista *Progress in Nuclear Energy Journal*, os pesquisadores da UFRJ informam que os resultados obtidos apresentam um erro médio inferior a 2 graus Cel-

sus (°C) em 89% dos casos estudados. “Com informações sobre o histórico da temperatura operacional, os engenheiros de Angra 1 passam a ter uma referência mais precisa para avaliar o tempo de vida útil dos equipamentos”, destaca Schirru.

Os equipamentos de uma usina nuclear são projetados para uma vida útil de 40 anos. Como detalha o engenheiro eletrônico Marcos das Candeias da Silva, do Departamento de Sistemas Elétricos e de Instrumentação e Controle da Eletro nuclear, responsável pela operação de Angra 1, os fabricantes estipulam o tempo de vida nominal dos equipamentos usando como referência os limites estabelecidos de temperatura e radiação nos quais eles estarão inseridos.

“Um equipamento certificado para 40 anos de uso sob uma temperatura ambiente hipotética de 50 °C terá uma vida útil maior se a temperatura efetiva na qual ele operou for menor, por exemplo, que 35 °C ou 40 °C – e uma vida útil menor, se a temperatura for maior que os 50 °C projetados”, exemplifica o engenheiro.

Para estimar a vida útil, os técnicos usam a equação de Arrhenius, que permite calcular a va-

riação da constante de velocidade de uma reação química – das que provocam desgaste das peças, no caso – com a temperatura. O método foi criado pelo físico-químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927), vencedor do Prêmio Nobel de Química em 1903.

Candeias é responsável pelo Programa de Qualificação Ambiental de Equipamentos Elétricos de Angra 1. Ele relata que o SVQ demonstrou que todos os equipamentos elétricos da usina trabalharam ao longo dos últimos 40 anos com temperaturas menores do que aquelas para as quais foram projetadas. “O sistema permitiu a manutenção da qualificação ambiental dos equipamentos para além da vida nominal prevista”, afirma.

Foram avaliados em torno de 1.500 equipamentos e mais de 100 tiveram suas vidas prolongadas. Os ganhos com a extensão do uso dos equipamentos são múltiplos. “Além da economia financeira, não perdemos tempo de operação da usina com as trocas, caso fossem necessárias. Por fim, evitamos o descarte desnecessário de materiais que ainda são úteis”, relaciona o engenheiro.

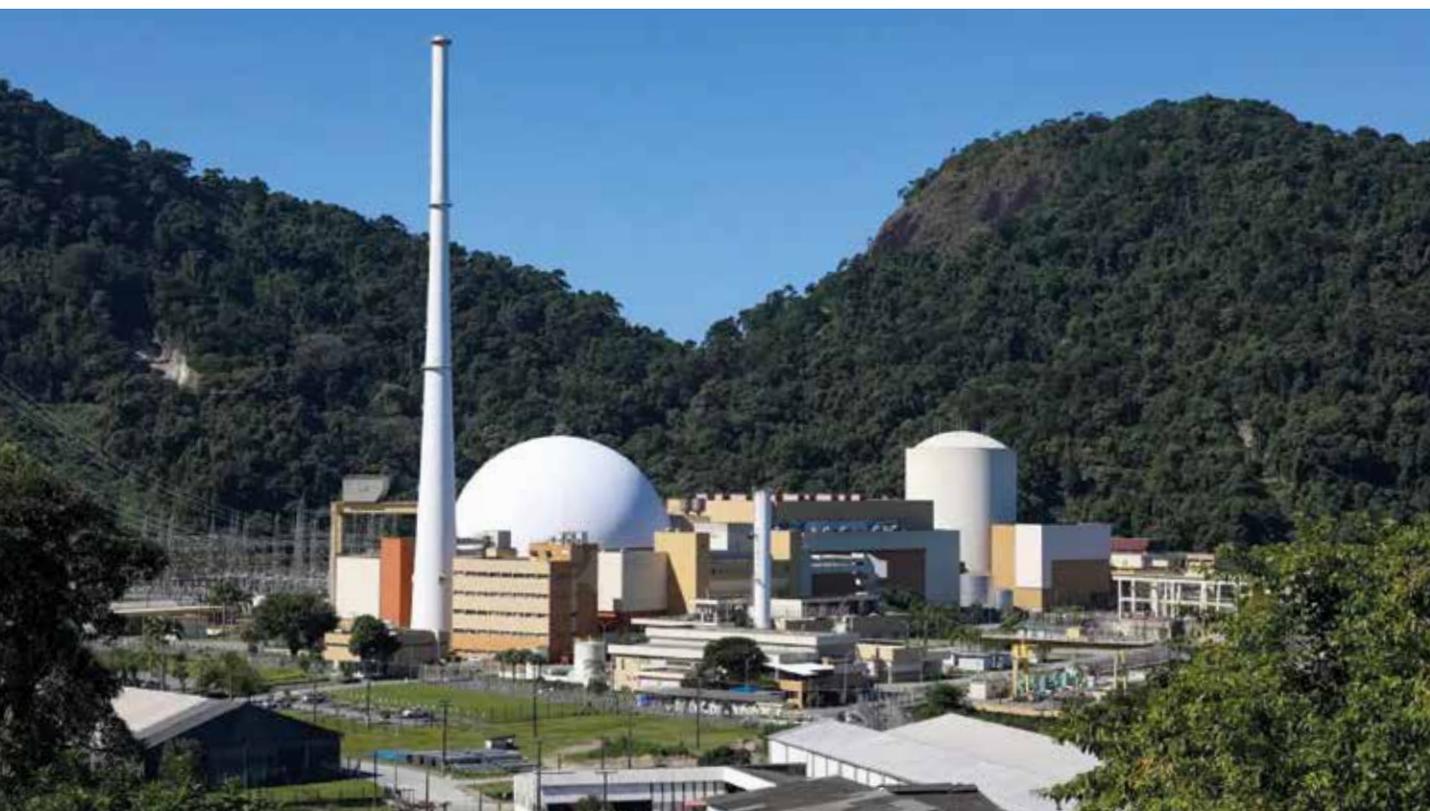
Sem o SVQ, os gestores da Eletronuclear teriam que realizar a troca dos equipamentos conforme a vida útil certificada de cada um deles ou confiar exclusivamente na ação de inspeção e teste dos itens. “Angra 1 é a única usina no mundo a contar com um sistema de IA dando suporte às decisões técnicas sobre a necessidade ou não de renovação de suas peças”, afirma Candeias.

O processo de inspeção da usina contou com um sistema de avaliação da radiação criado no país

Em julho de 2024, após 10 dias de inspeções, uma equipe de especialistas da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) publicou uma avaliação de segurança operacional de Angra 1, em que destacou positivamente o programa de gerenciamento de envelhecimento da usina e enfatizou a importância do uso do software de inteligência artificial SVQ criado na Coppe-UFRJ para gerenciar o envelhecimento da usina.

A equipe liderada pelo físico húngaro Gabor Petofi, diretor sênior de segurança nuclear da Aiea, ainda recomendou que as práticas de Angra 1 sejam compartilhadas com a indústria nuclear globalmente. De acordo com a Associação Nuclear Mundial, existem em operação no mundo 437 reatores nucleares, a maioria construída nos anos 1970, 1980 e 1990. A praxe internacional é

Vista da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, formada pelas usinas Angra 1, 2 e 3 (em construção)





Sala de controle de Angra 1, a primeira planta nuclear do país

o licenciamento dessas usinas por 40 anos, com a posterior renovação de licença a cada 20 anos.

“O SVQ tem uma relevância enorme. Para ser segura, uma usina nuclear precisa saber o histórico operacional de seus equipamentos desde o momento em que eles entraram em atividade. Instalações antigas, como Angra 1, não têm esse histórico, pois não contavam com sensores que fornecessem essas informações. O SVQ é capaz de estimar os dados do passado com boa precisão”, diz o engenheiro electricista Cláudio Márcio do Nascimento Abreu Pereira, professor de métodos computacionais do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) do CNEN.

A equipe do LMP já desenvolveu uma segunda versão do SVQ, entregue em 2024. Os técnicos da Eletronuclear estão no momento sendo treinados para o uso da nova ferramenta. De acordo com a física Andressa Nicolau, gerente do projeto SVQ no LMP, enquanto o primeiro modelo fornece apenas dados de temperatura até 2020, a nova versão do software permitirá aos engenheiros da Eletronuclear retreinar o algoritmo com dados atuais, coletados por meio dos sensores instalados, obtendo uma reavaliação contínua das condições operacionais.

A nova versão também possibilitará inferir a temperatura futura e projetar a vida útil dos equipamentos ao longo dos anos e corrigir automaticamente a previsão feita de acordo com as condições reais que a usina apresente com o passar do tempo. “O engenheiro poderá ainda estabelecer novos parâmetros de avaliação e retreinar o software de acordo com as novas necessidades”, acrescenta Nicolau.

O processo de inspeção da vida útil de Angra 1 também conta com um sistema próprio de avaliação da radiação desenvolvido no país. Radiação é o segundo fator de maior impacto no envelhecimento dos equipamentos de uma instalação nuclear. O sistema utiliza um dosímetro de alanina/ESR para medir a radiação. O dosímetro é uma

pequena caixa que contém alanina, um dos aminoácidos que os seres vivos usam para sintetizar proteínas. Após a exposição à radiação, a alanina é levada para um laboratório, onde um espectrômetro de ressonância de spin (ESR) mede a dose de radiação recebida. Sistemas análogos são empregados para a medida de radiação em tratamentos radioterápicos complexos e processos industriais.

A equipe do físico Oswaldo Baffa, do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP-USP), desenvolveu, com apoio da FAPESP, um sistema baseado nesses dispositivos para medir a radiação que incide sobre os equipamentos de Angra 1. O aparelho está em operação desde 2015.

Segundo Baffa, os dosímetros de alanina apresentam uma importante vantagem. “São capazes de medir desde doses de radiação muito baixas, inferiores a 1 gray (Gy), até doses elevadas de milhares de Gy”, explica – gray é a unidade de medição de radiação absorvida. As usinas nucleares tradicionalmente utilizam dosímetros de luminescência ou de termoluminescência, que não operam com uma abrangência tão ampla de faixas de radiação, informa o pesquisador da USP.

Até sua adoção por Angra 1, só havia uma referência na literatura científica sobre o uso dos dosímetros de alanina/ESR em usinas nucleares. Era um trabalho de 2008 de cientistas da Coreia do Sul, mas que não chegou a ter aplicação prática. Em 2022, a equipe do Departamento de Física da USP publicou um artigo na revista *Radiation Physics and Chemistry* com a avaliação da medição da radiação nos equipamentos de Angra 1 realizada por meio de 85 dosímetros de alanina/ESR. Os autores do trabalho concluíram que os dados obtidos em todas as aferições apresentam radiações menores do que o valor esperado para 40 anos de operação, que é de 400 Gy. Os resultados foram comparados com os níveis de radiação definidos em um relatório de análise de segurança da usina.

Além de Angra 1, o parque eletronuclear brasileiro também conta com Angra 2, com potência de 1.350 MW, que entrou em operação comercial em 2001. A usina mais recente possui sensores de temperaturas e de radiação. A expectativa entre os técnicos da Eletronuclear é de que o SVQ e o dosímetro de alanina/ESR também exerçam papel relevante em seu processo de renovação de licenciamento, previsto para 2040. ●

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

Dotado de inteligência artificial e visão computacional, o equipamento é controlado remotamente e pode operar 24 horas por dia



Os robôs entram no campo

Empresa desenvolve plataforma para monitorar a lavoura e eliminar plantas e insetos que reduzem sua produtividade

YURI VASCONCELOS

A usina sucroenergética Cruz Alta, em Olímpia, no oeste paulista, ganhou um aliado para controlar plantas invasoras que reduzem a produtividade de seus canaviais. Desde abril de 2024, a unidade, pertencente ao grupo francês Tereos, usa em caráter experimental duas plataformas robóticas autônomas, com 2,5 metros (m) de altura, 2 m de profundidade e 12 m de envergadura, para pulverizar herbicida nas plantações. Graças ao seu sistema de inteligência artificial (IA), visão computacional, sensores e outros recursos tecnológicos, o robô Solix AG Robotics diferencia a cultura agrícola de interesse das espécies de ervas daninhas e aplica o pesticida de forma seletiva.

“Os resultados dos primeiros testes do projeto-piloto são promissores. Tivemos uma redução de cerca de 50% no uso de defensivos agrícolas”, diz o engenheiro-agrônomo José Olavo Bueno Vendramini, superintendente de Excelência Agrônômica e Negócios Agrícolas da Tereos. “Projetamos que essa inovação trará um impacto positivo na produtividade agrícola a médio e longo prazo com a diminuição de plantas daninhas e o crescimento saudável da cana-de-açúcar.” A Tereos é pioneira no uso do Solix em canaviais. Estudos mostram que a infestação por plantas invasoras pode reduzir em 40% a produtividade dessa cultura agrícola.

O Solix AG Robotics foi desenvolvido pela Solinftec, empresa brasileira fundada em 2007 por sete engenheiros cubanos que migraram para o país a fim de

criar soluções de automação para o setor sucroalcooleiro. Com sede em Araçatuba (SP), a fabricante, referência em inovações baseadas em robótica e IA para o campo, tem centros de tecnologia nos Estados Unidos e na China e escritórios comerciais no Canadá e na Colômbia.

A Tereos é um dos 20 clientes da Solinftec no mundo que usam o Solix. Até o fim de 2024, 40 robôs estavam em atividade no Brasil – em São Paulo, Goiás, Bahia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul – e outros 50 operavam nos Estados Unidos e Canadá. Além de canaviais, o equipamento, lançado no mercado em 2023 a um preço em torno de R\$ 350 mil, vem sendo usado em pastagens e nas lavouras de algodão e grãos. Um dos primeiros clientes para a soja é o Grupo Baumgart. Em setembro, 10 unidades

do Solix iniciaram a operação em uma fazenda goiana de 13 mil hectares. No meio-oeste norte-americano, os robôs atuam nas culturas de milho e soja.

CAÇADOR NOTURNO

O desenvolvimento do Solix começou em 2019. “Participaram do projeto nossos times de pesquisa e desenvolvimento do Brasil, composto por cerca de 50 técnicos e pesquisadores, e dos Estados Unidos, umas 20 pessoas. Lá, nossa unidade fica em Lafayette, estado de Indiana, e tem parceria com a Universidade Purdue”, conta o engenheiro-agrônomo Bruno Pavão de Assis, chefe de Operações Robóticas da Solinftec.

A plataforma, esclarece Pavão, foi pensada para reduzir o uso de agrotóxicos e promover a sustentabilidade no campo. Dotada de painéis solares e baterias, ela é composta por três módulos: Scouting, Sprayer e Hunter. “O objetivo do Scouting é fazer um levantamento de dados da cultura e seu monitoramento. Ao percorrer as fileiras da lavoura, ele informa, por exemplo, a população de plantas por hectare, a taxa de crescimento delas e se há infestação de pragas e ervas daninhas”, explica.

O Sprayer é o responsável pela pulverização de herbicidas, enquanto o Hunter, totalmente desenvolvido no país – o Scouting e o Sprayer foram um projeto conjunto com a unidade de Lafayette –, é um robô de atuação noturna com foco

na eliminação de insetos-praga na fase adulta. “Por meio de comprimentos específicos de onda de luz, ele atrai os insetos e os aniquila por eletrochoque”, diz Pavão. “Até onde sabemos não existe outra solução robótica no mundo com essas três características do Solix.”

Ao percorrer a lavoura à noite, o Hunter combate insetos antes que eles atinjam a fase de ovoposição, ou seja, a saída do ovo da fêmea. O objetivo é controlar populações de mariposas, besouros, gafanhotos, entre outros insetos prejudiciais à agricultura.

A criação desse módulo foi apoiada pelo Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas na Agricultura (Agrimip) da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Botucatu. “Participamos desde a concepção da ideia até a realização de testes de efetividade da tecnologia”, diz a engenheira-agrônoma Regiane Cristina de Oliveira, coordenadora do Agrimip.

“Em laboratório, fizemos a liberação de insetos-alvo e investigamos se o aparelho era capaz de atraí-los. Testamos também as frequências de luz para saber quais seriam as mais adequadas. Uma das nossas preocupações era saber se a tecnologia não tinha o potencial de atrair polinizadores, como abelhas”, declara Oliveira, destacando que os resultados obtidos já foram divulgados em congressos e eventos científicos da área.

Para o engenheiro-agrônomo Raul Guedes, do Departamento de Entomo-

logia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais, o fototropismo positivo (atração pela luz) é um fenômeno conhecido e documentado em insetos noturnos, sendo, inclusive, o princípio de uso de armadilhas luminosas. Ele destaca também que a mortalidade de insetos por eletrochoque é um princípio corriqueiro, observado em raquetes elétricas populares usadas contra mosquitos.

“A curiosidade aqui é um robô emitindo a faixa de luz de interesse e atraindo insetos-praga alados”, afirma Guedes, que não participou do desenvolvimento do Solix. “Mas é preciso cautela. A atração de insetos por luz é reconhecidamente pouco seletiva, podendo incorrer na eliminação potencial de várias espécies de insetos, inclusive alguns benéficos, como vespas e moscas parasitoides de hábito noturno.”

Graças ao aparato tecnológico embarcado no Solix AG Robotics, sua operação pode ser realizada a distância. Para se deslocar sem pisar nas linhas de plantio, o Solix usa GPS de alta precisão, que reduz o erro de posicionamento a poucos centímetros, e câmeras com visão computacional. A inteligência artificial da plataforma, baseada em redes neurais convolucionais (algoritmos de aprendizagem profunda que reconhecem imagens), também auxilia na condução do robô e na identificação das plantas invasoras. Sensores de infravermelho são usados para navegação noturna.

“O robô passa 24 horas por dia na lavoura”, diz Pavão. Além da potencial redução do uso de agrotóxicos – já que a pulverização só é feita onde é identificada a presença de ervas daninhas –, o engenheiro destaca que o aparelho evita a deriva, que é o desvio da trajetória das gotas de pesticida para fora da lavoura.

Isso acontece por três motivos: o Solix Sprayer opera em velocidade mais baixa do que as máquinas convencionais usadas para pulverização, usa eletroválvulas de rápido acionamento nas pontas do pulverizador que diminuem a interferência do vento na formação das gotas e tem um sistema que fornece informações sobre a velocidade do vento e recomenda os melhores horários de pulverização. ●



Uma versão do robô foi projetada para controlar insetos-praga de hábitos noturnos

A cientista amiga do rei

Especialista em química sustentável, pesquisadora da USP foi premiada com cátedra em ciências ambientais criada pelo monarca sueco Carl XVI Gustaf

YURI VASCONCELOS

No esforço para descarbonizar o planeta, a engenheira química Liane Marcia Rossi, doutora em química e professora do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP), dedica-se a uma área científica de ponta: a captura de dióxido de carbono (CO₂) e seu uso como matéria-prima para fabricar combustíveis e produtos químicos. Remover o CO₂ diretamente da atmosfera ou de fontes emissoras resultantes de atividade humana é um dos caminhos para combater o aquecimento global.

A base para novas descobertas nessa área vem de um campo de pesquisa antigo, a catálise. Realizar a transformação da molécula de CO₂ em produtos de valor econômico agregado é um desafio que pode ser vencido pelo uso de catalisadores e por ajustes nas condições da reação. Rossi e colaboradores do IQ-USP desenvolveram um novo processo para conversão de CO₂ em metanol baseado em um catalisador feito de óxidos de titânio e rênio. O combustível poderá auxiliar a transição energética em setores difíceis de eletrificar, como o transporte marítimo.

Realizada no âmbito do Centro de Pesquisa para Inovação em Gases de Efeito Estufa (RCGI), financiado por FAPESP e Shell, a investigação levou à criação de uma startup. “Seu objetivo é desenvolver essa tecnologia até ela atingir maturidade comercial”, informa Rossi, que é a diretora do Programa de Captura e Utilização de Carbono do RCGI.

Por seus trabalhos na área da química verde e catálise, a pesquisadora foi premiada com a Cátedra Rei Carl XVI Gustaf em ciências ambientais, concedida por um fundo presidido pelo monarca sueco. Rossi é a 28ª titular da cátedra, que pela primeira vez agraciou um pesquisador da América Latina. Por um aplicativo de videoconferência, ela concedeu a entrevista a seguir.



Rossi foi a primeira pesquisadora da América Latina a ocupar a cátedra sueca

Como capturar carbono da atmosfera pode ajudar a combater o aquecimento global?

Há duas formas de fazer isso. Um caminho é a captura direta do ar. É uma tecnologia cara porque o CO₂ que já foi emitido está numa concentração muito baixa, o que dificulta sua captura, mas é suficiente para provocar o aquecimento global, que está na origem das mudanças climáticas. Outro caminho, que parece mais promissor, é a captura de carbono na fonte geradora ou emissora [ver Pesquisa FAPESP nº 340]. Ao invés de deixá-lo ir para a atmosfera e se diluir nos gases que a compõem, captura-se o gás na fonte, quando a concentração de dióxido de carbono é maior. Em ambos os casos, deve-se investir em sua estocagem ou utilização.

Que fontes geradoras são essas?

Processos industriais, especialmente a fabricação de cimento ou aço, geração de energia, como a queima de combustíveis fósseis em termelétricas, exploração de



petróleo, entre outras. No Brasil, também há emissão de carbono na fabricação de etanol durante o processo de fermentação do açúcar e na queima do bagaço para cogeração de energia. O carbono liberado na fermentação do açúcar é de alta qualidade e poderia ser usado diretamente em processos de conversão em outros produtos. Já o carbono capturado de termelétricas e de outras indústrias exige processos de purificação dispendiosos para ser reutilizado.

Onde o carbono capturado pode ser armazenado?

A tecnologia de estocagem mais conhecida é a que se faz diretamente em poços de petróleo para a recuperação avançada do óleo. O CO₂ é injetado nos reservatórios, aumentando a eficiência de produção, e fica armazenado. Mas o Brasil tem boa capacidade para estocagem em reservatórios rochosos. Há no país grande coincidência entre a localização das usinas de etanol e as formações geológicas do subsolo apropriadas para a estocagem.

No armazenamento, contudo, não se cria valor para o carbono; apenas evita-se que ele permaneça ou vá para a atmosfera.

A opção seria fazer uso do CO₂ capturado?

Sim. Há várias possibilidades, desde usos mais simples e diretos, após apenas uma etapa de purificação, na indústria de bebidas e alimentos. Outra possibilidade é usar o CO₂ como fonte de carbono em processos químicos que alteram sua estrutura molecular e levam a diferentes produtos químicos. Isso envolve ajustes precisos das condições de reação, como a presença de outros reagentes, temperatura e pressão, além do uso de catalisadores – substâncias que promovem a reação entre dois ou mais reagentes, mas que não participam do produto final. O grande desafio é achar a formulação de um catalisador que direcione para uma dada reação, ou seja, que ao final dela gere principalmente um determinado produto. Em geral são obtidas misturas de produtos.

Que produtos podem ser gerados a partir da transformação do CO₂?

Um dos caminhos para transformar o CO₂ em produtos químicos ocorre por meio da reação dele com o gás hidrogênio [H₂], com o uso de catalisadores que realizam reações de hidrogenação. Podemos fazer sua conversão em três produtos principais: monóxido de carbono [CO], metano [CH₄] e metanol [CH₃OH]. Esses produtos são constituídos por apenas um átomo de carbono. Nesse processo, não são formadas ligações entre átomos de carbono; o que muda são os átomos vizinhos a eles. O monóxido de carbono não é um produto acabado, mas um intermediário químico. Na indústria química, é usado principalmente combinado com H₂, formando o chamado gás de síntese. Ele é empregado para a produção de metanol, hidrocarbonetos, parafinas [substâncias constituintes da gasolina] e olefinas [um grupo de hidrocarbonetos usados na fabricação de polímeros]. Esse processo de conversão de gás de síntese em parafinas e olefinas é conhecido há 100 anos, mas ainda não é economicamente atrativo. Já a produção de metanol, a partir de gás de síntese e misturas deste com CO₂, é um processo amplamente utilizado. Hoje, o gás de síntese é produzido principalmente a partir de fontes fósseis, do carvão e do gás natural. Aqui temos uma questão em aberto: é viável usar o CO₂ como a fonte de carbono renovável para a produção de metanol? A viabilidade depende de fatores como o custo e a disponibilidade de H₂ verde, energia limpa, a eficiência do processo e os catalisadores. Na conversão direta de CO₂ em outros produtos, como o metanol, a necessidade do uso de H₂ é o maior problema.

Por quê?

Por causa do custo energético e do impacto ambiental da produção de hidrogênio. O ideal é que se use hidrogênio verde, obtido a partir da eletrólise da água com uso de fontes renováveis de energia. Mas ele ainda é muito mais caro do que o hidrogênio convencional, gerado a partir do gás natural e que provoca emissões de CO₂ no ambiente [ver Pesquisa FAPESP n° 333].

Em que estágio se encontra a transformação de CO₂ em metanol?

Estamos investigando a conversão direta do CO₂ em metanol sem necessariamente isolar primeiro o monóxido de carbono. Pesquisamos também a produção de álcoois superiores, que têm dois ou mais átomos de carbonos em sua estrutura, como o etanol [C₂H₆O]. No caso do metanol, tivemos uma tese de doutorado bem-sucedida, da química Maitê Lippel Gothe, orientada pelo professor Pedro Miguel Vidinha Gomes, do IQ-USP. Também depositamos uma patente relacionada a um novo catalisador que transforma CO₂ em metanol de forma bastante seletiva. Há dois anos, criamos uma startup, a Carbonic, para desenvolver essa tecnologia até que ela atinja maturidade comercial.

O que significa a seletividade de um catalisador?

Significa que, ao ser empregado na reação de transformação do CO₂, o catalisador maximiza a formação de um único produto – no caso, a proporção de metanol é superior a 90%. Nessa conversão, metano é o produto minoritário e há traços de CO. Isso é esperado porque nesses processos catalíticos existem várias reações que ocorrem simultaneamente.

Quais são as aplicações do metanol?

A produção global de metanol é de cerca de 100 milhões de toneladas por ano. Ele é um produto químico empregado tanto como solvente ou reagente em indústrias tradicionais quanto em setores de energia limpa. É usado na produção de biodiesel, formaldeído e ácido acético, bem como na produção de olefinas, aromáticos e até gasolina, por meio de processos catalíticos específicos. Dependendo da legislação do país, pode ser utilizado como aditivo da gasolina ou na forma pura. No Brasil, misturamos etanol na gasolina, mas em outras nações isso é feito com metanol. Conforme a origem das matérias-primas e da energia utilizada, o metanol é classificado em cores. Quando feito a partir de fontes fósseis, como carvão e gás natural, é classificado como cinza, pois durante sua produção há emissão de dióxido de carbono. Mas, se durante a produção for implementado algum processo de captura desse CO₂, passa a ser chamado de azul. Já o metanol verde é gerado a partir de biomassa, resíduos orgânicos ou CO₂ capturado

de algum outro processo com o uso de energia limpa. Nessas três rotas emprega-se hidrogênio. O que muda, além da fonte do carbono, é o uso de hidrogênio verde – esse também é um requisito para a produção do metanol verde. Para que o metanol seja neutro ou até negativo em carbono, o ideal é o uso de CO₂ biogênico ou capturado diretamente do ar.

O metanol verde, portanto, pode ser útil para a transição energética.

Sim. Ele tem recebido mais atenção em setores difíceis de eletrificar, como o transporte marítimo. Uma das grandes apostas é adaptar motores que hoje empregam óleo pesado, de origem fóssil, para funcionar com metanol e, assim, acelerar a transição de combustíveis fósseis para os sustentáveis de baixo carbono. O fato de ser um produto biodegradável, líquido e passível de ser transportado em condições atmosféricas normais também é vantajoso. Não é preciso pressurizar ou resfriar o metanol para estocagem e transporte, o que acontece com outros potenciais combustíveis do futuro, como a amônia e o hidrogênio. Isso torna o metanol fácil de se transportar, armazenar e abastecer usando infraestrutura e procedimentos de segurança já estabelecidos. É um combustível de queima mais

limpa e não produz fuligem. O metanol cinza diminui em 15% as emissões de carbono e o metanol verde pode alcançar uma redução de 95%. Se o setor marítimo se interessar pelo metanol, teremos um mercado grande. A projeção de consumo é cinco vezes maior do que a produção atual de metanol. E o setor marítimo não quer o metanol cinza, mas o verde.

O catalisador criado pelo seu grupo é uma inovação mundial?

Escolhemos um metal, o rênio, pouco usado em processos catalíticos industriais. Já tínhamos conhecimento de que ele era empregado para redução de ácidos carboxílicos, que têm estrutura semelhante à do dióxido de carbono. Por isso, decidimos testar o óxido de rênio junto com outros óxidos que servem como suporte. A história da síntese do metanol a partir de fontes fósseis data de 1923. Os primeiros catalisadores, à base de óxido de cromo, foram usados industrialmente por cerca de 40 anos. Na década de 1960, foram desenvolvidos outros catalisadores, à base de cobre, zinco e alumina. Chamados de CZA, ainda são os mais empregados na produção de metanol. O novo desafio, contudo, é fazer metanol a partir do CO₂ – e não mais de carvão ou gás natural. Muitos grupos de pesquisa têm investido no próprio CZA, adaptando-o para a conversão direta do dióxido de carbono em metanol. Mas esses catalisadores ainda têm problemas quanto à estabilidade e à seletividade. Novos catalisadores são desejáveis e devem contribuir para aumentar a viabilidade desse processo.

O que precisa ser superado?

A conversão de CO₂ em metanol é uma tecnologia com grande potencial, mas enfrenta desafios técnicos, econômicos e de escala. É necessário um ajuste das condições de reação para elevar a atividade, a seletividade e a durabilidade do catalisador. A reação funciona assim: quanto maior a temperatura da reação, maior a conversão do CO₂. Mas, à medida que você eleva a temperatura do processo, cai a produção de metanol e aumenta a de metano ou monóxido de carbono. Um ponto-chave é encontrar um catalisador que seja ativo, promovendo a conversão, na temperatura mais baixa possível. No nosso sistema, a condição ótima para a reação acontecer é com 200 graus Cel-

“
Seria fantástico sintetizar etanol a partir do dióxido de carbono gerado nas usinas sucroalcooleiras



A pesquisadora e o rei Carl XVI Gustaf durante evento no Palácio Real sueco

sius [°C]. Se elevamos para 250 °C ou 300 °C, a seletividade para metanol cai e passamos a produzir outros gases. Sabemos que o catalisador comercial CZA, em condições usuais [220 °C a 300 °C de temperatura e 5 a 10 megapascal de pressão], tem uma seletividade para o metanol de 40% a 60%, conforme reportado na literatura.

Em que estágio está o trabalho da Carbonic?

A startup, da qual faço parte, foi criada em 2022 para desenvolver soluções para o combate às mudanças climáticas. No curto prazo, buscamos amadurecer a tecnologia de conversão de CO₂ em metanol verde. Temos bons resultados em laboratório, mas o futuro da tecnologia depende de um processo de escalonamento bem-sucedido. A ideia é poder empregar o CO₂ biogênico das usinas de etanol. É um processo longo. Normalmente, para sair da escala de bancada e chegar ao nível de demonstração leva-se em torno de 10 anos.

Seu grupo também pesquisa a conversão de gás carbônico em etanol?

Dois alunos de doutorado fazem estudos nessa linha. Seria fantástico sintetizar etanol e outros álcoois superiores a partir do CO₂ gerado nas usinas. Estaríamos fechando o ciclo, usando o CO₂ emitido

na produção do etanol para gerar mais etanol. Chegar a um catalisador capaz de formar etanol ao invés do metanol requer uma formulação mais complexa, pois é necessário formar novas ligações carbono-carbono de forma controlada, mantendo a formação de oxigenados. Tivemos êxito no desenvolvimento de catalisadores à base de ferro e cobre com excelente atividade, contudo a seletividade para etanol ainda é baixa, menor que 5%. No futuro, queremos explorar outras rotas de conversão de CO₂ em etanol.

O prêmio recebido na Suécia tem relação com seus estudos focados em novos catalisadores e na conversão de CO₂ em produtos ambientalmente sustentáveis?

De certa forma, sim. Trabalho há muito tempo com química verde, uma filosofia aplicada em todas as áreas da química cujo objetivo é reduzir a geração de resíduos, minimizar ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas, utilizar recursos renováveis, entre outros. Eu me interessei por esse tema no início de minha carreira, nos anos 2000. A catálise, que também é um dos princípios da química verde, pois usa reagentes mais amigáveis para realizar transformações químicas, já estava presente em meus estudos na década de 1990.

Como se deu sua indicação para a Cátedra Rei Carl XVI Gustaf em ciências ambientais?

Meu nome foi sugerido em 2022 pela professora Belén Martín-Matute, da Universidade de Estocolmo. Eu a conheci virtualmente em 2020 quando fui convidada para dar um seminário para um consórcio de universidades nórdicas focado no tema de emissões de carbono. As universidades suecas fazem indicações para essa cátedra, criada em 1996 para celebrar o 50º aniversário do rei sueco, e anualmente um ou dois cientistas estrangeiros são selecionados. O premiado deve fazer uma estadia como professor visitante por um ano na Suécia, realizando atividades relacionadas às ciências ambientais em colaboração com pesquisadores locais. No meu caso, está sendo um pouco diferente. Já fui três vezes para a Suécia para estadias de até três meses e pedi uma extensão da cátedra por mais 12 meses. Estou proferindo palestras em

várias universidades, realizando visitas a grupos de pesquisas e colaborando com colegas da Universidade de Estocolmo.

O que faz lá?

Temos um projeto na área de conversão de CO₂ para metanol com uma estratégia diferente. A ideia é fazer a conversão em condições mais amenas usando uma combinação de captura de CO₂, a catálise heterogênea, a minha especialidade, e a catálise homogênea, aquela em que o catalisador está solúvel na mesma fase [líquida] dos reagentes. Queremos desenhar um processo mais sustentável em termos de consumo de energia, temperatura e o que for necessário para contornar os problemas da produção de metanol verde e outros produtos de valor econômico agregado.

Já teve alguma interação com o rei Carl XVI Gustaf?

Encontrei com o monarca em duas ocasiões. Na primeira, um evento para convidados no Palácio Real, dei uma palestra sobre os desafios que o Brasil enfrenta para estabelecer uma economia de baixo carbono. Mostrei que o país tem um caminho muito promissor para a transição energética. A consolidação do etanol como combustível e da tecnologia de motores flex pode fazer a diferença. Na segunda, o rei participou de um simpósio em homenagem à cátedra que ocupo. O foco foi minha pesquisa em catálise e a conversão de CO₂ em produtos sustentáveis. Embora o rei não seja um especialista em química sustentável, percebi nele um interesse genuíno pela área das ciências, em especial as ambientais. Comecei minha palestra falando do momento extremamente crítico que o Brasil vivia naquela ocasião [setembro de 2024], quando focos de queimadas atingiram diferentes regiões do país, gerando mais CO₂ na atmosfera e contribuindo para o agravamento climático. Enalteci a contribuição de Svante Arrhenius, químico sueco que em 1896 calculou a relação entre a concentração de CO₂ atmosférico e a temperatura da superfície da Terra. Há mais de 100 anos, ele concluiu que as emissões antropogênicas de CO₂, resultantes da queima de combustíveis fósseis, poderiam ser suficientemente grandes para afetar o clima na Terra por meio do agravamento do efeito estufa. ●

Riqueza no território



Bancos comunitários oferecem alternativas financeiras para promover a economia solidária em regiões marginalizadas por meio de linhas de crédito e moedas atreladas ao real

CHRISTINA QUEIROZ

Em 1998, uma comunidade composta por 40 mil pessoas que viviam nas proximidades de um antigo lixão, em Fortaleza, obteve empréstimo de R\$ 2 mil de uma organização não governamental (ONG). As pessoas estavam organizando mutirões para construir casas e escolas e discutindo formas de melhorar a qualidade de vida na região.

Decidiram, então, aproveitar a mobilização do grupo e utilizar o dinheiro para fundar um banco, criando a moeda palma, pareada ao real, para ser utilizada por moradores em negócios do próprio bairro. O objetivo era incentivar o desenvolvimento do comércio local, evitando que as pessoas gastassem seus escassos recursos em estabelecimentos de outras regiões. Acusado de ser uma iniciativa clandestina, o banco Palmas chegou a enfrentar processos judiciais do Banco Central, antes de ter sua legalidade reconhecida, no começo do ano 2000. Inspirado pela instituição cearense, o Brasil conta hoje com 167 bancos comunitários, segundo Ariádne Scalfoni Rigo, da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

O Palmas é considerado o primeiro banco comunitário do Brasil e foi fundado pelo educador popular Joaquim Melo, que vive no bairro, e pela Associação dos Moradores do Conjunto Palmeiras. “Essas instituições não têm fins lucrativos e prestam serviços financeiros solidários, com a proposta de fomentar a criação de redes locais de produção e consumo, especialmente em territórios de baixa renda”, explica o professor Eduardo Diniz, do Centro de Estudos em Microfinanças e Inclusão Financeira da Fundação Getúlio Vargas (Cemif-FGV), que há 20 anos pesquisa o tema. Em julho de 2024, Diniz organizou um seminário na FGV, reunindo pesquisadores brasileiros e estrangeiros dedicados a mapear e analisar o fenômeno em diferentes partes do mundo. A base do funcionamento desses bancos são as moedas

sociais, que podem ser utilizadas em pagamentos, financiar linhas de crédito e custear benefícios sociais (ver infográfico na página 78). Para iniciar sua operação, a instituição precisa receber um aporte em reais, emitindo o valor equivalente em moeda social, que tem circulação restrita nas comunidades que a adotam e é aceita como meio de pagamento em estabelecimentos cadastrados pelo banco comunitário emissor.

De acordo com Diniz, as instituições financeiras devem seguir regras estabelecidas pelo Banco Central, entre elas que as moedas sociais tenham paridade financeira com o real e o banco conte com uma reserva equivalente em seus cofres. “Ou seja, todo o valor emitido em moeda social precisa contar com um lastro”, reforça.

Outros serviços prestados pelos bancos envolvem empréstimos, em moeda social, a juro zero para pessoas que não têm dinheiro para atender às suas necessidades básicas, como compra de alimentos e remédios. Além disso, as instituições ofertam linhas de microcrédito para pequenos produtores e comerciantes locais a juros abaixo dos valores de mercado. As taxas podem variar de 1% a 3% ao mês, sendo que o valor arrecadado pelo banco é utilizado para custear suas operações ou pode retornar ao caixa. “Ao oferecerem microcrédito a juros baixos, esses bancos possibilitam a abertura de pequenos negócios e a geração de trabalho em regiões vulneráveis, contribuindo para a descentralização do desenvolvimento no Brasil”, avalia o engenheiro Luiz Arthur Silva Faria, um dos coordenadores do Observatório de Bancos Comunitários e Moedas Sociais Digitais e professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). “Os comerciantes podem trocar moeda social por reais no próprio banco, quando necessário. Essa possibilidade é fundamental para garantir a adesão de quem precisa adquirir mercadorias fora do bairro”, prossegue Faria, que, assim como Diniz, integra a Associação de Pesquisa em Inovação Monetária e Sistemas de Moeda

Comunitária e Complementar, rede internacional de pesquisadores, fundada em 2011.

Joaquim Melo, hoje coordenador institucional do banco Palmas, recorda que, no início, a comunidade do Conjunto Palmeiras morava em espaços feitos com caixas de papelão. Diante daquela situação precária, as pessoas se uniram para organizar mutirões e construir residências, escolas e igrejas. Só depois dessa iniciativa é que a prefeitura decidiu instalar serviços de saneamento e eletricidade no bairro, o que valorizou os imóveis. Com isso, as famílias começaram a vender suas casas e a abandonar o lugar, utilizando o dinheiro da negociação para pagar dívidas ou ter algum alívio financeiro. “Somos uma comunidade organizada e, em 1997, começamos a pensar em formas de utilizar essa união para melhorar a economia local”, lembra Melo. Como parte das ações, realizaram uma pesquisa, identificando que a população do bairro gastava, mensalmente, cerca de R\$ 4 milhões, especialmente em itens básicos, como comida e medicação. “No entanto, mais de 90% desse valor era utilizado em negócios de fora de nosso território. Assim, percebemos que a própria comunidade estava se empobrecendo ainda mais”, recorda.

Em seus primeiros anos de atuação, o banco Palmas recebeu doações internacionais de ONG e instituições como a Universidade de Oxford, no Reino Unido. Sua história ganhou um novo capítulo quando o governo federal estabeleceu,

em 2003, a Secretaria Nacional de Economia Solidária (Senaes) no Ministério do Trabalho e Emprego, sob a liderança do economista Paul Singer (1932-2018), da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (FEA-USP) (ver Pesquisa FAPESP nº 267). Singer convidou Melo para atuar em programas de capacitação do governo, com o objetivo de disseminar a experiência do banco Palmas pelo Brasil.

A geógrafa Carolina Pupo, que defendeu doutorado em 2021 na USP sobre bancos comunitários e moedas sociais, conta que, entre 2003 e 2015, a Senaes lançou editais de fomento que resultaram na criação de dezenas de novos bancos. “Naquele momento, essas organizações financeiras solidárias transformaram-se em um dos instrumentos do Estado para combater a extrema pobreza”, afirma Pupo, que também faz parte do Observatório de Bancos Comunitários e Moedas Sociais. Segundo a pesquisadora, as organizações locais ampliaram seu alcance territorial a partir do momento em que foram reconhecidas formalmente por meio de políticas públicas do governo federal.

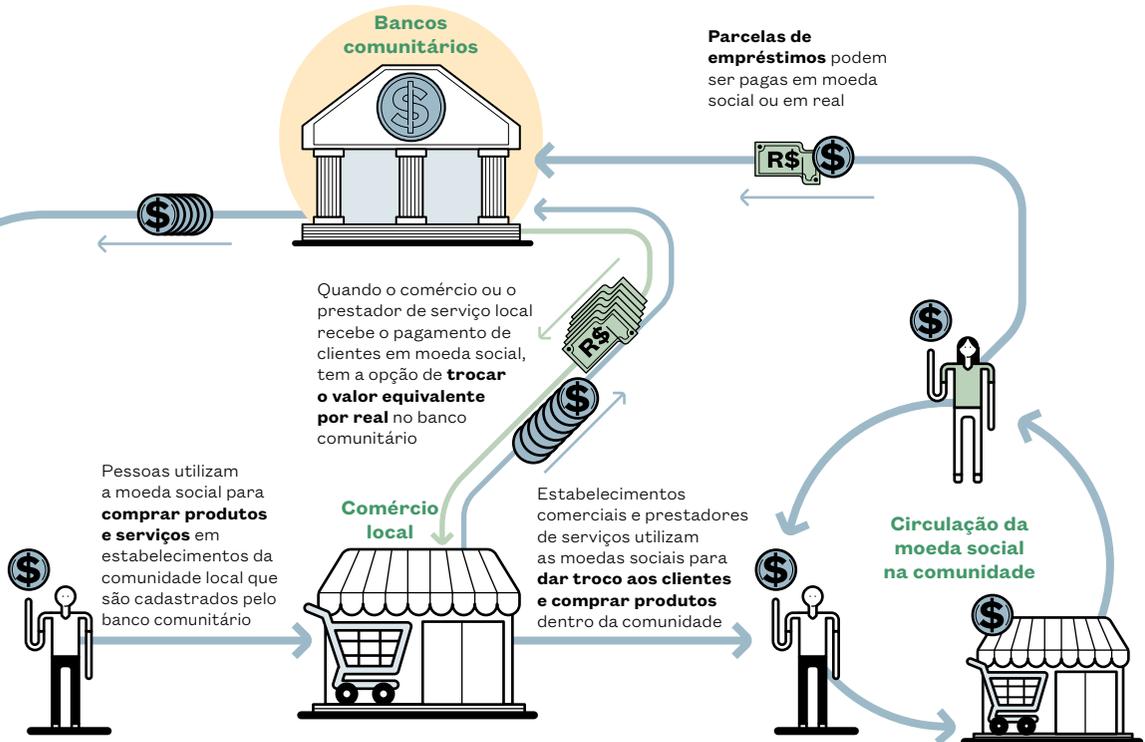
No início, todas as moedas sociais que circulavam no país eram emitidas em papel, relata Rigo, da UFBA. Assim como o real, elas contam

Circulação de moedas sociais

Bancos comunitários precisam sensibilizar a comunidade local para utilizar esse meio como forma de pagamento

Formas de lançar moedas sociais nos territórios

- Microcrédito
- Remuneração
- Troca de real por moeda social
- Pagamento de benefícios sociais



FONTE ARIÁDNE SCALFONI RIGO (UFBA)



Moeda social de Maricá (acima) contribuiu para o desenvolvimento do comércio local. Ao lado, Joaquim Melo, fundador do banco Palmas

com elementos de segurança, entre eles a confecção em papel-moeda, faixa holográfica e numeração seriada. Em 2015, elas começaram a ser digitalizadas, a partir da plataforma E-dinheiro Brasil, concebida pela Rede Brasileira de Bancos Comunitários, encabeçada por Melo. Com isso, os moradores de bairros que abrigam esse tipo de instituição se inscrevem na plataforma para receber acesso a um aplicativo ou a um cartão magnético e, assim, podem comprar nos estabelecimentos comerciais credenciados de sua região. “As operações realizadas na plataforma E-dinheiro geram pequenas taxas, que são usadas para o custeio de seu funcionamento e para alimentar os fundos de bancos comunitários”, explica Rigo. Em 2016, com a extinção da Senaes, os bancos comunitários perderam apoio institucional. Sem esse suporte, a manutenção dessas instituições passou a depender de parcerias com universidades e ONG, e muitas fecharam as portas.

Outra iniciativa relacionada às moedas sociais são os bancos comunitários estabelecidos por prefeituras. Um desses exemplos está em Maricá, cidade com 200 mil habitantes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Em 2013, a prefeitura do município criou a moeda social mumbuca e passou a utilizá-la no pagamento de benefícios sociais. De acordo com Diniz, da FGV, o projeto começou pequeno e cresceu gradativamente. No final de 2023, 93 mil pessoas de baixa renda eram beneficiadas. O programa foi impulsionado pelas receitas oriundas de *royalties* de petróleo e pela elaboração do programa Renda Básica de Cidadania (RBC), em 2019. O pesquisador relata que Maricá era uma cidade dormitório, com pouca atividade comercial e dependente economicamente de centros como Niterói e Rio de Janeiro. “A adoção da moeda social movimentou a economia local, de forma que, nos últimos cinco

anos, a quantidade de novos negócios no setor de comércio aumentou em cerca de 50%”, afirma.

Desde 2019, o economista Fábio Domingues Waltenberg, coordenador do Centro de Estudos sobre Desigualdade e Desenvolvimento da Universidade Federal Fluminense (UFF), desenvolve estudo para medir os impactos das políticas de transferência de renda e da moeda social em Maricá. Por meio de análises quantitativas e entrevistas com cerca de 5 mil pessoas, o estudo identificou, por exemplo, que os domicílios beneficiários do programa RBC aumentaram em 5% o consumo de bens e serviços, especialmente a aquisição de itens alimentícios e medicamentos, em relação a domicílios vulneráveis, porém não beneficiários do programa. A pesquisa é financiada pela organização sem fins lucrativos de pesquisa aplicada Jain Family Institute, de Nova York.

Waltenberg pondera, no entanto, que outras políticas, para além dos programas de transferência de renda pagos por meio da moeda social, colaboraram com o cenário. “As receitas provenientes da exploração do petróleo ofereceram a Maricá uma oportunidade única para implementar medidas inovadoras que, no curto prazo, estão melhorando a vida das pessoas e atraindo migrantes de outras cidades”, afirma o pesquisador. Nesse sentido, ele recorda que o município viu sua população aumentar em 55%, entre os Censos de 2010 e de 2022. “Sustentar essa bonança no médio prazo constitui um desafio, visto que as receitas do petróleo só devem estar disponíveis por mais 15 anos”, alerta Waltenberg.

Apesar de reconhecer que a moeda social vem colaborando com o desenvolvimento socioeconômico de Maricá, o economista Lauro Emilio Gonzalez Farias, coordenador do Cemif-FGV, destaca que é preciso continuar realizando estudos empíricos para identificar a relação de causalidade entre a iniciativa e a melhoria nas condições econômicas da cidade. “Outro desafio é evitar a captura política do projeto”, destaca.

Inspiradas pela experiência de Maricá, 15 prefeituras do país vêm investido em medidas similares, sendo a maioria delas no estado do Rio de Janeiro, como Niterói. Em 2021, o município criou a moeda social arariboia, que hoje movimentava cerca de R\$ 19 milhões por mês e é utilizada por 100 mil pessoas. Atualmente, há um projeto de lei em análise na Câmara de Vereadores do Rio de Janeiro para implementar a moeda social carioquina na capital fluminense. “No caso dos bancos de prefeituras, a adesão às moedas sociais é mais fácil, porque os comércios que não as aceitam ficam de fora de um circuito que movimentava milhões de reais”, assinala Waltenberg, ao comparar essa experiência com a atuação de bancos em comunidades. Já nos bancos em comunidades, é preciso realizar um esforço de convencimento para que a população adote a moeda social. Para isso, alguns comércios, por exemplo, oferecem descontos para quem opta por pagar com esse tipo de recurso. Pupo reconhece os benefícios da moeda social de prefeituras, mas por outro lado destaca que a ideia original é, de certa forma, desvirtuada. A pesquisadora considera que um dos problemas enfrentados é a entrada de grandes estabelecimentos comerciais nesse circuito. “Com isso, a maior parte do dinheiro pago em moeda social deixa de ir para o vendedor do bairro e beneficia uma grande rede de supermercados, por exemplo”, critica.

Ainda em relação aos desafios, Diniz aponta a falta de regulamentação das moedas sociais, o que limita a disseminação do modelo por mais cidades brasileiras. Essa situação pode mudar com a possível aprovação do Projeto de Lei nº 4.476/2023, atualmente em discussão na Câmara dos Deputados, que estabelece a definição de moedas sociais e regula a sua emissão. De acordo com o pesquisador, o

projeto já foi aprovado na Comissão de Finanças e Tributação e, agora, está na Comissão de Constituição e Justiça.

Além do Brasil, outros países também desenvolveram modelos de moedas sociais. As primeiras do mundo foram a austríaca *wrögl* e a suíça *wir* (esta ainda circula), criadas como reflexo da crise de 1929. De acordo com Diniz, estima-se que há atualmente cerca de 10 mil moedas sociais no planeta, sendo que a maioria funciona de forma digitalizada. No livro recém-publicado *Remaking money for a sustainable future* (Bristol University Press, 2024), inédito no Brasil, a espanhola Ester Barinaga, da Universidade Lund, na Suécia, e da Escola de Negócios de Copenhague, na Dinamarca, analisa experiências de moedas sociais desenvolvidas em diferentes partes da Europa. “Na Europa, a criação dessas moedas está, em geral, relacionada às crises econômicas. Nessas ocasiões, as pessoas buscam meios alternativos para garantir sua subsistência”, conta a pesquisadora, formada em administração de empresas, em entrevista a revista *Pesquisa FAPESP*.

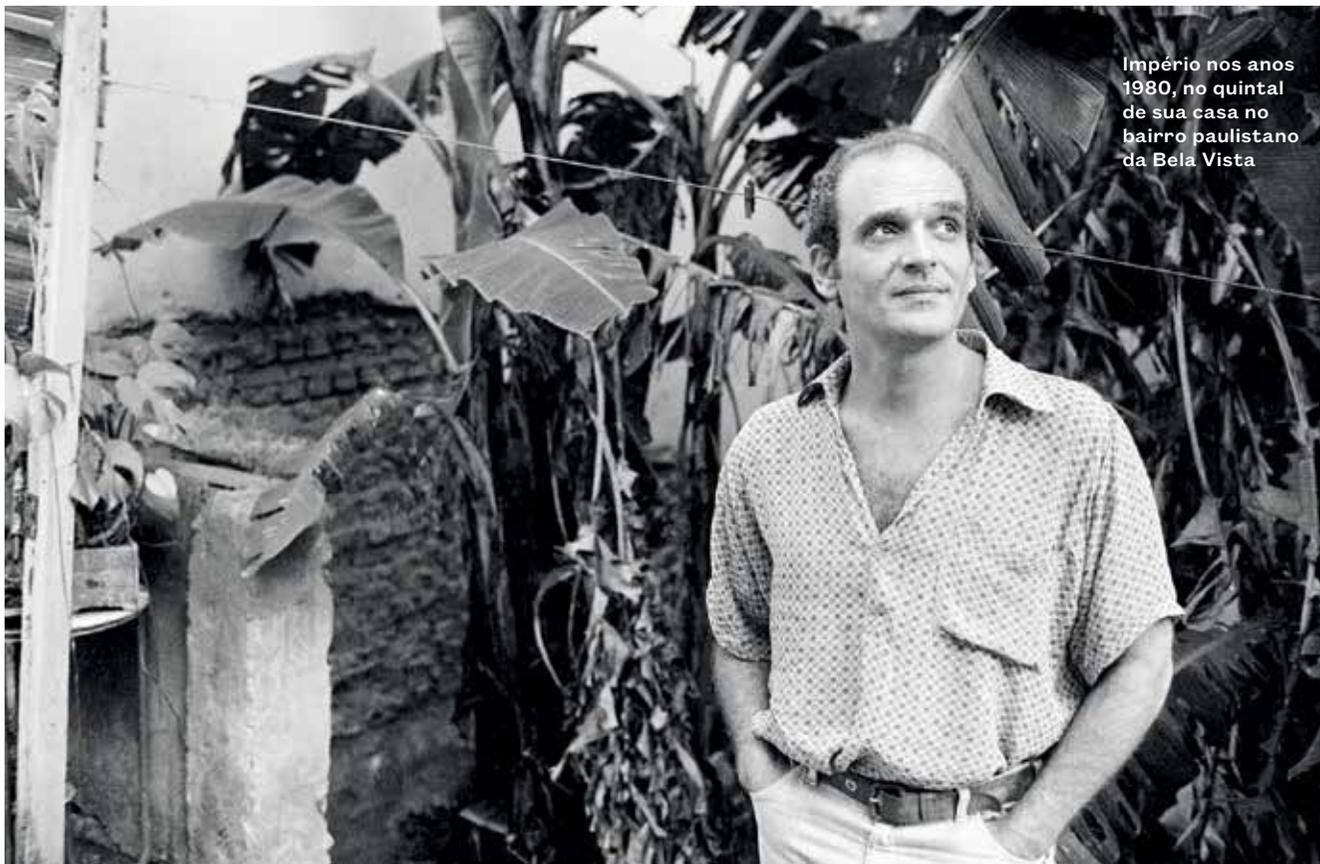
Um dos casos analisados por Barinaga no livro é a moeda *vilawatt*, pareada com o euro e elaborada pela prefeitura da cidade de Viladecans, na Espanha, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos moradores e fomentar o desenvolvimento de novos modelos energéticos. Assim, donos de casas e edifícios antigos que enfrentam problemas com calefação e falta de eficiência energética recebem subsídios, em moeda social, para realizar melhorias nos imóveis, entre elas a troca de janelas e a instalação de sistemas de aquecimento sustentáveis, como painéis solares. “Esses materiais são adquiridos de comerciantes locais que aceitam a moeda *vilawatt*, fortalecendo a economia da região”, comenta Barinaga. Além disso, taxas municipais podem ser pagas com a moeda social, incentivando sua circulação na cidade em maior escala do que o euro, que tende a ser economizado para gastos em grandes centros urbanos, como Barcelona.

No Brasil, os bancos comunitários e as moedas sociais devem ganhar um novo impulso com a recriação da *Senaes* pelo governo federal, em 2023. Fernando Zamban, da Secretaria Nacional de Economia Popular e Solidária do Ministério do Trabalho e Emprego, afirma que a proposta, agora, é implementar um sistema nacional de finanças solidárias, que terá os bancos comunitários como uma de suas estratégias principais. “Além disso, também estamos estudando formas de viabilizar o pagamento de benefícios sociais por meio de moedas comunitárias”, finaliza Zamban. ●



Prefeitura de Viladecans, na Espanha, criou iniciativa para fomentar novos modelos energéticos

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



Império nos anos 1980, no quintal de sua casa no bairro paulistano da Bela Vista

ARTES VISUAIS

Mergulho no popular

Exposição e ressurgimento de projeto para o Carnaval paulistano chamam a atenção para a obra de Flávio Império

PAULA CARVALHO

FOTO MÁRCIA REBELLO/SITE FLÁVIO IMPÉRIO (FLAVIOIMPERIO.COM.BR)

Formado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), onde foi professor entre 1962 e 1977, Flávio Império (1935-1985) tornou-se um dos nomes mais importantes da cenografia brasileira, pintou quadros e trabalhou em espetáculos com figuras emblemáticas da cena nacional, como a cantora Maria Bethânia e o diretor teatral José Celso Martinez Corrêa (1937-2023). Prevista para maio, uma exposição no prédio da Pinacoteca Estação, no centro da capital paulista, pretende percorrer o legado do multifacetado Império, cuja morte completa 40 anos em 2025.

“Ele é um dos personagens centrais para se compreender a cultura brasileira entre as décadas de 1960 e 1980”, afirma Yuri Quevedo, curador da Pinacoteca do Estado de São Paulo e responsável pela mostra. A retrospectiva deve reunir cerca de 300 itens, como desenhos de figurinos e três documentários em super-8 dirigidos por Império. É o caso de *Colhe, carda, fia, urde e tece* (1976), em que retrata o passo a passo da tecelagem manual no Triângulo Mineiro. “Nossa ideia é mostrar como Império olhou de forma recorrente para a cultura popular ao longo de sua carreira”, prossegue Quevedo, que é professor de história da arte na Faculdade de Arquitetura da Escola da Cidade (SP).

Um dos exemplos do apreço do artista, arquiteto, cenógrafo e figurinista pela temática é seu projeto cenográfico para o desfile do Carnaval de São Paulo de 1984. A documentação com assinatura de Império foi encontrada em 2023 pela arquiteta Angelina Gauna, da SPTuris, a empresa de turismo da prefeitura paulistana. O achado se deu na mudança do acervo histórico da instituição para o Arquivo Histórico Municipal de São Paulo (AHM-SP).

Na época em que Império desenhou o projeto, os desfiles das escolas de samba aconteciam no centro paulistano. “Todo ano a estrutura do Carnaval era construída e desmontada logo em seguida na avenida Tiradentes. No ano seguinte, repetia-se esse processo”, explica o arquivista Sátiro Nunes, coordenador da equipe do acervo permanente do AHM-SP. “Por isso, era preciso fazer projetos que contemplassem quesitos como arquitetura, cenografia e sinalização”, acrescenta Gauna.

Para se adequar ao local e ao orçamento disponível, o projeto de Império valeu-se da mesma estrutura metálica das arquibancadas, com nove pórticos interligados ao longo de 800 metros de extensão. Sobre a avenida, nos pórticos de 17 metros de altura, foi colocada uma série de flores (vermelhas, laranja e amarelas) e lâmpadas coloridas (brancas, amarelas e vermelhas). No período diurno, o desenho era definido pelas decorações florais, enquanto à noite, as formas seriam delineadas pelas luzes. “O projeto homenageia as festas populares brasileiras, mas é pautado pela sutileza para não interferir na apresentação das escolas de samba”, diz Nunes.

O croqui registra uma novidade em seu currículo. “Ele nunca tinha produzido nada ligado ao Carnaval e fez o projeto a convite do artista visual Cláudio Tozzi [responsável por desenhar o logotipo vencedor da festa de 1984]”, relata a diretora de arte Vera Hamburger, sobrinha de Império e uma das responsáveis pelo acervo on-line do artista,

ao lado do curador Jacopo Crivelli Visconti e do arquiteto Humberto Pio Guimarães.

O site, que existe desde 2015, é uma iniciativa da Sociedade Cultural Flávio Império. Ela foi criada em 1987 por familiares, amigos, parceiros e antigos alunos, como o arquiteto Paulo Mendes da Rocha (1928-2021), na sede do Instituto dos Arquitetos do Brasil – Departamento de São Paulo (IAB-SP). Coordenada nos primórdios pela irmã, Amélia Império Hamburger (1932-2011), que foi professora do Instituto de Física da USP, a entidade busca disponibilizar o extenso acervo de documentos reunidos pelo próprio artista. O catálogo físico, formado por mais de 22 mil itens, encontra-se atualmente sob a guarda do Instituto de Estudos Brasileiros (IEB) da USP.

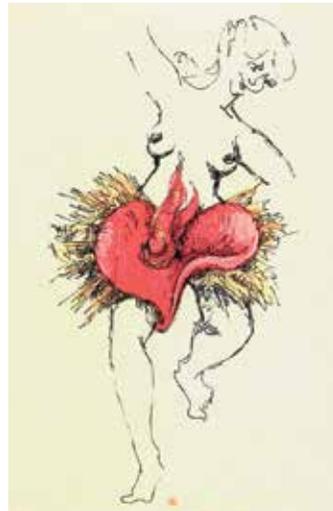
Uma das frentes do acervo digital está ligada à atuação de Império nas artes cênicas. Sua estreia profissional nessa seara se deu em *Morte e vida severina*, adaptação do poema de João Cabral de Melo Neto (1920-1999) pela companhia Cacilda Becker, de São Paulo. Para o espetáculo, que entrou em cartaz em 1960, criou cenografia e figurino. “Ele projetou no palco fotografias de retirantes e tabelas com dados da desigualdade social brasileira. Foi uma inovação”, relata o arquiteto Rogério Marcondes, autor da tese de doutorado “Flávio Império, arquitetura e teatro 1960-1977: As relações interdisciplinares”, defendida em 2017 na FAU-USP. “Porém a revolução cenográfica de Império aconteceu por meio de suas parcerias com o Teatro de Arena e o Teatro Oficina.”

Para o primeiro, trabalhou em *Arena conta Zumbi* (1965), dos dramaturgos Augusto Boal (1931-2009) e Gianfrancesco Guarnieri (1934-2006). A peça narra a trajetória de Zumbi (?-1695), um dos líderes do quilombo dos Palmares, refúgio de escravizados nos séculos XVII e XVIII na então capitania de Pernambuco. Em cena, nove atores se revezavam para fazer os papéis de nobres, escravizados e soldados. “Ele vestiu os atores com camisas coloridas e calças jeans brancas, compradas em uma loja da rua Augusta, para aproximar a história de Zumbi do tempo presente”, prossegue Marcondes.

Império assinou a cenografia e o figurino de outro marco da dramaturgia brasileira: a peça *Roda viva*, escrita por Chico Buarque. Com direção de Martinez Corrêa, a montagem do Teatro Oficina foi encenada em 1968 no Rio de Janeiro, em São Paulo e Porto Alegre. “O figurino baseava-se naquela malha usada tradicionalmente por bailarinos para transmitir a ideia de androginia. Ele também criou uma passarela que saía do palco e ia até a plateia, que os atores percorriam e interagiam com o pú-

Cena de *Morte e vida severina* (1960), com cenografia e figurinos de Império





Figurinos da montagem do Teatro Oficina para a peça *Roda viva* (1968)

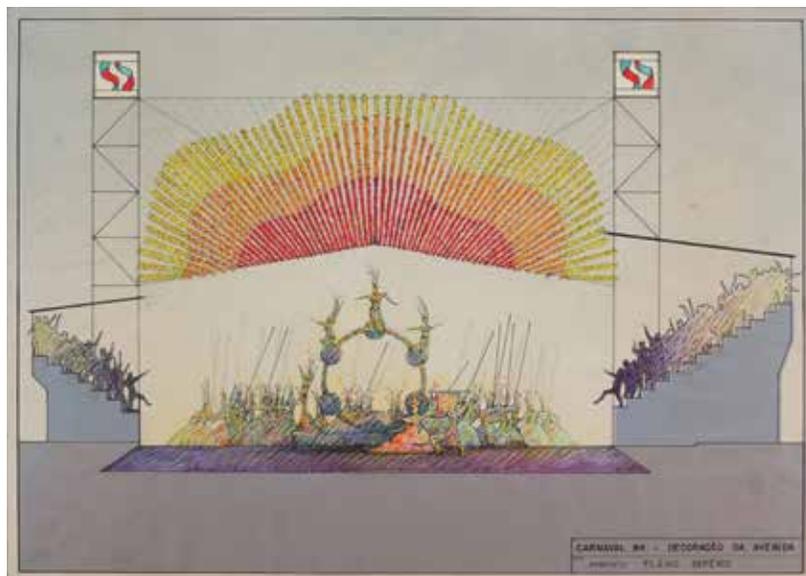
blico”, conta Marcondes. “E, na parte final do espetáculo, o elenco trazia à cena um fígado de boi de verdade, cujo sangue respingava na audiência.”

Em seu trabalho arquitetônico, Império fez parte do grupo Arquitetura Nova, ao lado dos arquitetos Rodrigo Lefèvre (1938-1984) e Sérgio Ferro. A parceria começou na FAU, em 1961, e logo os três colegas dividiram um escritório no centro de São Paulo, que funcionou até 1968. Cerca de dois anos mais tarde, Lefèvre e Ferro foram presos pelo regime militar.

“A autoria dos projetos era vista como uma prática coletiva construída ao longo de uma intensa convivência e troca de ideias, inclusive com os engenheiros e operários nos canteiros de obra”, diz a arquiteta Ana Paula Koury, da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) e da Universidade São Judas, em São Paulo. “Eles utilizavam materiais baratos, como blocos de concreto, e dispensavam revestimento com o intuito de evidenciar os processos de trabalho na construção”, acrescenta a pesquisadora, autora de um livro sobre o grupo, lançado em 2003, pela Edusp.

Segundo o arquiteto Felipe Contier, da UPM, o único trabalho individual de Império na arquitetura que foi de fato construído é a residência Simão Fausto (1961). “Esse projeto, executado em Ubatuba [SP], traz inovações como um jardim sobre a cobertura de abóbadas de tijolo. Era uma solução experimental que, além de melhorar o isolamento térmico, celebrava o trabalho artesanal e favorecia a integração na paisagem”, explica Contier.

A influência da arquitetura marca também a atuação de Império nas artes plásticas, como a série *Construções*, da década de 1980. Além de telas, ele fez gravuras, colagens, instalações e objetos. “Império foi um intérprete da vida cotidiana. Seu trabalho nas artes visuais é um esforço de compreender como as pessoas viviam e as soluções que encontravam em meio à precariedade

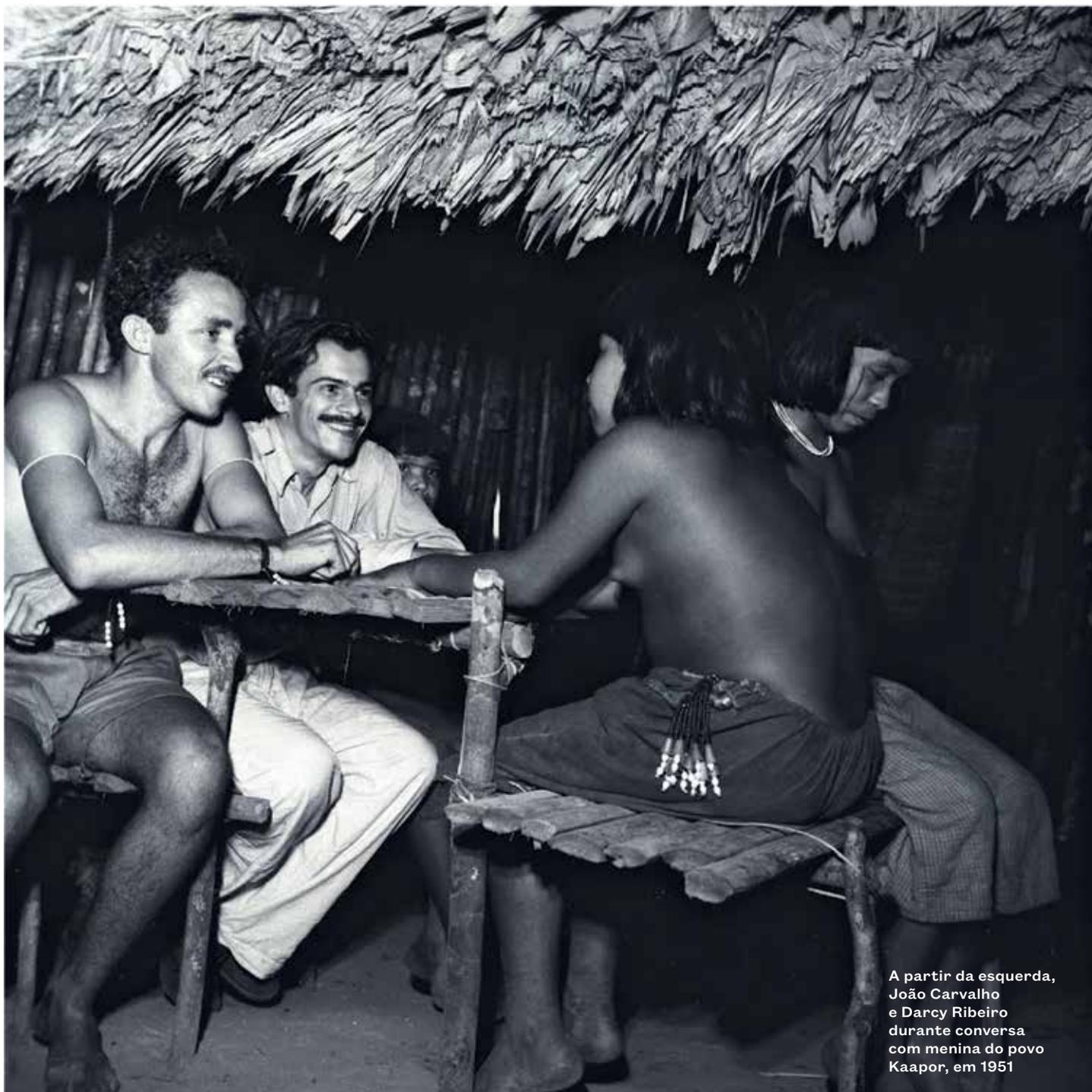


e ao subdesenvolvimento do nosso país”, analisa Quevedo, da Escola da Cidade e autor da dissertação de mestrado “Entre marchadeiras, mãos e mangarás: Flávio Império e as artes plásticas”, defendida em 2019 na FAU-USP.

O título da pesquisa faz referência à obra *A marchadeira das famílias bem pensantes* (1965), uma das pinturas mais conhecidas do artista. Nela, critica a Marcha da família com Deus pela liberdade, de março de 1964, manifestação contra o governo do presidente João Goulart (1919-1976), que seria derrubado pelo golpe militar. “Nos anos 1970, Império passou a se dedicar cada vez mais à pintura, atividade que praticava desde a infância. Ainda que tenha abordado temas claramente políticos nos seus desenhos, foi nas artes visuais que ele criou um espaço de reflexão mais íntimo”, conclui Quevedo. ●

Desenho que integra projeto para o Carnaval paulistano de 1984

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



A partir da esquerda,
João Carvalho
e Darcy Ribeiro
durante conversa
com menina do povo
Kaapor, em 1951

LINGUÍSTICA

Vidas traduzidas

Trajetórias de intérpretes e tradutores saem dos bastidores para iluminar aspectos históricos e literários

ARTHUR MARCHETTO

Em 1947, ao ser contratado pelo Serviço de Proteção ao Índio (SPI) para duas expedições às aldeias Kaapor, na fronteira do Pará com o Maranhão, o antropólogo Darcy Ribeiro (1922-1997) percebeu que, apesar de conhecer um pouco da língua daquele povo, precisaria de um intérprete para compreender mais a fundo questões como genealogia e rituais. Foi o intérprete sertanista João Carvalho que o auxiliou nessa tarefa. “João é nosso intérprete e nessas horas de recepções sociais seu papel é tão importante quanto nas de trabalho, de modo que tem de falar muito para compensar meu silêncio”, escreveu Ribeiro em seus relatos da expedição compilados em *Diários índios. Os Urubus-Kaapor* (Companhia das Letras, 1996).

A parceria está registrada no livro *Fotografias de intérpretes: Em busca das vidas perdidas*, do tradutor britânico John Milton, professor da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Lançada em 2022 no Brasil pela editora Lexikos, a obra saiu em inglês no final de 2024 pela Cambridge Scholars Publishing, do Reino Unido. Na publicação, o pesquisador reúne histórias de intérpretes de vários lugares do mundo, a exemplo do russo Viktor Sukhodrev (1932-2014), que trabalhou na diplomacia soviética durante a Guerra Fria (1947-1991). Segundo o livro, o presidente norte-americano Richard Nixon (1913-1994) confiava mais em Sukhodrev do que na própria equipe, já que o intérprete estava distante dos jogos de poder da Casa Branca.

Um dos capítulos é dedicado aos intérpretes indígenas do Brasil, como Megaron Txucarramãe, tradutor e intérprete do tio, Raoni Metuktire, cacique do povo Caiapó e uma das principais lideranças indígenas do país. Em suas interpretações, Megaron, que dirigiu o Parque Indígena do Xingu de 1985 a 1989, não faz traduções literais: inclui explicações e tece considerações. “Por ser também uma liderança indígena, sua presença não tem apenas valor semântico, mas simbólico”, considera Milton.

Os intérpretes trabalham com linguagem oral, de forma instantânea e simultânea, em eventos de toda natureza, das conferências científicas aos encontros políticos. “Já os tradutores, em geral, possuem um tempo maior para editar e refletir sobre determinado material escrito. Mas o papel de ambos é ser intermediário de diferentes culturas”, explica Milton. “Em termos literários, muito se fala dos escritores, mas pouco se olha para o trabalho dos tradutores. Acho importante tirar essas trajetórias dos bastidores, pois elas podem ajudar a iluminar aspectos históricos e do fazer literário, por exemplo.”

Iniciada em 2017, a coleção *Palavra do tradutor* tem esse objetivo. “Nossa ideia é divulgar o trabalho de tradutores que atuam no Brasil e de tradutores estrangeiros que traduzem literatura brasileira”, conta Dirce Waltrick do Amarante, do Curso de Pós-graduação em Literatura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que está à frente da iniciativa ao lado de outros professores da mesma universidade. Desde então o projeto já publicou 11 livros com entrevistas e dados biográficos de tradutores de diversos gêneros discursivos, como ficção, poesia e teatro. Em 2018, saíram os dois primeiros volumes pela editora Medusa. Um deles é dedicado a Aurora Fornoni Bernardini, do Departamento de Letras Orientais da USP, conhecida pelas traduções do italiano e do russo para o português. O outro é dedicado a Donaldo Schüller, professor aposentado de língua e literatura grega da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Todos os títulos podem ser baixados de forma gratuita no site da UFSC.

Segundo a tradutora Luciana Carvalho Fonseca, professora do Departamento de Letras Modernas da FFLCH-USP, os estudos contemporâneos de teoria da tradução foram, em grande parte, estabelecidos a partir da noção de equivalência. Um de seus expoentes na década de 1960 foi o linguista norte-americano Eugene A. Nida (1914-2011), que a aplicava na tradução da *Bíblia*. “Nessa concepção, a tarefa de tradução é vista como a transposição do texto de uma língua para outra, com uma grande reverência à obra original”, comenta a pesquisadora. Ao longo do tempo, prossegue Fonseca, surgiram outras propostas. É o

Sukhodrev entre o líder soviético Leonid Brejnev (à esq.) e o presidente norte-americano Richard Nixon, nos anos 1970



caso, por exemplo, do funcionalismo, que admite adaptações, a exemplo de cortes, inserções, notas de rodapé e textos introdutórios. Ou então do paradigma dos estudos descritivos da tradução, que concebem o texto traduzido a partir de aspectos como a contextualização sócio-histórica, a recepção, a circulação e a figura de tradutores e tradutoras.

Nos últimos anos, Fonseca vem se debruçando sobre o percurso de Maria Velluti (1827-1891), tradutora, atriz e diretora portuguesa que imigrou para o Brasil em 1847. A história começou após uma conversa informal de Fonseca com o pesquisador Dennys Silva-Reis, da Universidade Federal do Acre (Ufac), sobre o apagamento das mulheres na história da tradução brasileira. A partir dessa questão, a dupla levantou quase 60 nomes de tradutoras na hemeroteca digital da Biblioteca Nacional, no Rio de Janeiro, e escreveu o artigo “Nineteenth century women translators in Brazil: From the novel to historiographical narrative” (2018). Entre eles, estava o de Velluti. “Ela era muito citada pelos jornais. Traduziu mais de 40 peças e apresentou o teatro realista francês às companhias brasileiras da época. Isso me chamou a atenção e quis saber mais a respeito de sua trajetória”, conta Fonseca. Em suas buscas, a pesquisadora encontrou críticas na imprensa da época, algumas delas escritas por Machado de Assis (1839-1908), com elogios ao trabalho de Velluti.

“Um dos grandes desafios para quem pesquisa esse campo é localizar arquivos e acervos que documentem as contribuições desses profissionais, desde os bastidores das editoras até correspondências e manuscritos”, constata Bruno Gomide, professor de literatura e cultura russa da USP. Ele coordena um projeto de pesquisa,

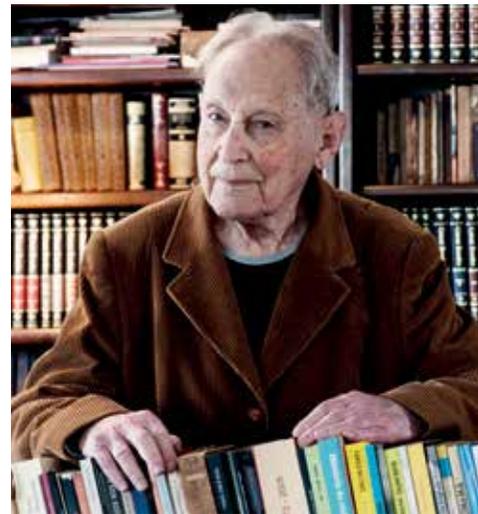
financiado pela FAPESP, voltado aos tradutores de textos russos no Brasil. Uma das linhas investiga a produção e a trajetória de vida de Boris Schnaiderman (1917-2016), nascido na Ucrânia, Tatiana Belinky (1919-2013) e Valeri Pereléchin (1913-1992), oriundos da Rússia, além do húngaro Paulo Rónai (1907-1992). “Todos eles se radicaram no Brasil. Belinky e Schnaiderman na infância, ambos nos anos 1920, enquanto Rónai e Pereléchin vieram mais tarde, respectivamente, nas décadas de 1940 e 1950”, conta o pesquisador, que em agosto passado organizou o seminário Histórias de Tradutores e Tradutoras, no Centro MariAntonia da USP, na capital paulista.

No evento, Gomide falou sobre Schnaiderman, famoso pelo rigor com que verteu contos, romances e poemas diretamente do russo para o português a partir dos anos 1940 (*ver* Pesquisa FAPESP nº 236). “Ele foi um dos primeiros a ter uma trajetória contínua, sistemática e profissional de tradução da literatura russa não apenas no Brasil, como na América Latina”, afirma o pesquisador. Além disso, destacou-se no campo institucional, ao contribuir para a formação do curso de língua russa na USP, em 1961. “Schnaiderman traduziu para o português não apenas os clássicos literários, como também teóricos russos com propostas inovadoras em diversas áreas, a exemplo do linguista Mikhail Bakhtin [1895-1975]”, acrescenta Walter Carlos Costa, da UFSC e também do Pro-

Tradutores e intérpretes intermedeiam diferentes culturas



Tatiana Belinky e Boris Schnaiderman traduziram obras de autores russos para o português





O tradutor húngaro Paulo Rónai chegou ao Brasil na década de 1940

grama de Pós-graduação em Estudos da Tradução da Universidade Federal do Ceará (UFC). “E teve grande contato com os escritores brasileiros: trocou cartas com Dalton Trevisan [1925-2024] e foi amigo de Rubem Fonseca [1925-2020]”, prossegue o pesquisador, que atualmente investiga a participação de Schnaiderman no *Suplemento Literário* do jornal *O Estado de S. Paulo*.

Rónai, por sua vez, foi perseguido pelos nazistas e passou seis meses em um campo de trabalhos forçados na Hungria durante a Segunda Guerra Mundial antes de se mudar para o Brasil, em 1941, a convite do governo Getúlio Vargas (1882-1954). “Ele começou a estudar português, sozinho, em 1937 e cerca de dois anos mais tarde publicou *Mensagem do Brasil*, antologia de poemas brasileiros traduzidos para o húngaro, com apresentação do embaixador brasileiro na Hungria”, conta a pesquisadora independente Zsuzsanna Spiry, que defendeu tese de doutorado em 2016 sobre o intelectual na FFLCH-USP. “Rónai chegou ao Brasil em março de 1941 e em julho daquele ano ministrou palestra na Academia Brasileira de Letras.”

De acordo com a pesquisadora, o tradutor participou ativamente da vida intelectual brasileira. “Entre outras coisas, escreveu artigos de crítica literária para os principais jornais do país e trabalhou como editor, inclusive dos livros de Guimarães Rosa [1908-1967], de quem foi muito próximo”, relata Spiry, organizadora do livro *Rosa & Rónai: O universo de Guimarães por Paulo Rónai, seu maior decifrador* (Bazar do Tempo, 2020) com a jornalista e editora Ana Cecília Impellizieri

Martins. Um dos trabalhos mais significativos de Rónai foi a organização de *Mar de histórias: Antologia do conto mundial* (Editora Nova Fronteira), com o filólogo Aurélio Buarque de Holanda (1910-1989). Parte dos textos da coletânea de 10 volumes, iniciada em 1945 e concluída em 1990, ganhou tradução da dupla. “Rónai dominava não apenas o russo, como outros oito idiomas, a exemplo do latim, francês e alemão”, diz Spiry.

Outro aspecto de sua obra que merece destaque, segundo a pesquisadora, são os ensaios e reflexões sobre a prática tradutória reunidos em títulos como *Escola de tradutores* (Serviço de Documentação do Ministério da Educação e Saúde, 1952) e *Tradução vivida* (Editora Nova Fronteira, 1974). Amarante, da UFSC, concorda. “Muitos de seus textos anteciparam debates sobre questões centrais na teoria da tradução nos dias de hoje, como estrangeirização e tradução mecânica [realizadas por programas de computador]”, comenta.

Já Belinky ficou conhecida como escritora de livros infantis e pela adaptação de *O sítio do pica-pau amarelo*, de Monteiro Lobato, para a série exibida pela TV Tupi entre 1952 e 1963. “No entanto, ela também verteu para o português diversos livros da literatura russa, que englobam obras para as crianças e de autores clássicos e contemporâneos para os adultos”, diz Cecília Rosas, que integra o grupo de pesquisa Exílio e Tradução, coordenado por Gomide, na USP. É o caso de *No degrau de ouro* (1987), de Tatiana Tolstáia, título publicado no Brasil em 1990 pela Companhia das Letras, que ganhou reedição no ano passado pela Editora 34.

Dentre os quatro, Pereléchin é o nome menos conhecido do público brasileiro. O tradutor, que era também poeta e crítico, viveu por quatro décadas no Brasil. “Ele era fluente em inglês, mandarim e português”, conta Gomide. Dono de uma história de vida conturbada, Pereléchin escreveu poesia homoerótica, porém proferiu também comentários antissemitas e elogios à ditadura militar (1964-1985). Morreu pobre e cego no Retiro dos Artistas, no Rio de Janeiro.

De acordo com Gomide, um dos objetivos da pesquisa é buscar pontos de convergência nos percursos dos quatro tradutores. Entre as décadas de 1960 e 1980, por exemplo, Rónai e Schnaiderman trocaram correspondência e compartilharam observações sobre o fazer tradutório. Além disso, o primeiro participou da banca de tese de livre-docência de Schnaiderman em 1974, na USP, publicada posteriormente em 1982 pela editora Perspectiva sob o título *Dostoiévski: Prosa e poesia*. “Ao longo da vida, eles concordaram e discordaram em diversos momentos”, finaliza Gomide. ●

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



O físico Cerqueira Leite em sua casa, em Campinas (2017)

obituário

Um motor da ciência brasileira

Atuação do físico Rogério Cezar de Cerqueira Leite foi decisiva para a implantação e o sucesso de várias instituições de pesquisa

DANILO ALBERGARIA

A até poucas semanas antes de falecer, aos 93 anos, no dia 1º de dezembro, o físico e engenheiro eletrônico Rogério Cezar de Cerqueira Leite exercia presencialmente, em Campinas, a presidência do Conselho Administrativo do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). A instituição, que ajudou a idealizar e a tirar do papel, abriga a nova fonte de luz síncrotron do Brasil, o acelerador Sirius, o maior e mais complexo laboratório do país. Cerqueira Leite foi um dos mais influentes cientistas brasileiros, tanto por suas pesquisas – publicou 80 artigos científicos, com mais de 3 mil citações – quanto pela atuação na criação de institutos de ciência.

Autor de 15 livros, o físico sempre creveu muito. Opinou sobre temas relevantes do cenário político e científico, sobretudo em artigos publicados no jornal

Folha de S.Paulo, de cujo conselho editorial fez parte entre 1978 e 2021. Defendia a participação dos cientistas nos debates sobre o que chamava de “grandes questões nacionais”, como defesa, violência, reformas econômicas e sociais. Fez de sua própria participação política um exemplo da atuação combativa que, em sua visão, a comunidade científica deveria assumir.

A formação e a atuação acadêmica no exterior, primeiro na França e depois nos Estados Unidos, levaram Cerqueira Leite a ter uma visão de desenvolvimento econômico acoplada à ciência, ideia que procurou adaptar à realidade brasileira. “Ele acreditava que o Brasil podia ser competitivo no cenário científico mundial e motivou a criação de instituições de ponta ao procurar as pessoas certas para os lugares certos”, diz o físico Antônio José Roque da Silva, diretor-geral do CNPEM. “Para ele, as pessoas certas

eram os inconformistas, os questionadores, aqueles que não aceitam facilmente o saber estabelecido.”

Nascido em 1931 em Santo Anastácio, no interior paulista, Cerqueira Leite perdeu a mãe aos 4 anos e o pai 10 anos depois. Sempre gostou muito de matemática e queria cursar a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). Por intermédio de um tio, que era capitão da Aeronáutica, acabou conhecendo o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), onde estudou e se graduou em engenharia eletrônica em 1958. Terminou o doutorado em física na Universidade de Paris (Sorbonne) em 1962 e, no mesmo ano, foi convidado pelo físico Sérgio Porto (1926-1979), que havia sido seu professor no ITA, para fazer pesquisa nos laboratórios Bell, em Nova Jersey, nos Estados Unidos.

Os oito anos em que foi pesquisador nos Bell Labs foram seu período mais produtivo. “Publiquei como uma besta”, ele disse, sorrindo, em recente entrevista ao Centro de Memória da FAPESP. Lá, conduziu grande parte de suas pesquisas em física do estado sólido. Naquele momento, entender materiais semicondutores era a chave para o desenvolvimento de microprocessadores. Cerqueira Leite ajudou a desenvolver aplicações da técnica de espectroscopia Raman, que usa o laser para realizar a análise da estrutura molecular de muitos desses materiais.

No final de sua experiência nos Estados Unidos, em 1968, Cerqueira Leite começou a pensar em voltar ao Brasil para liderar a pesquisa em física de materiais sólidos. O desejo se concretizou em 1970, quando aceitou o convite do então reitor da Unicamp, Zeferino Vaz (1908-1981), para encabeçar o que é hoje conhecido como Departamento de Física da Matéria Condensada do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW). Ao longo da década de 1970, junto com Porto e outro colega, o físico José Ellis Ripper Filho, Cerqueira Leite tornou o IFGW uma instituição de ponta. Para isso, contou com uma rede de conexões internacionais e aportes financeiros de entidades públicas como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Segundo o físico Carlos Henrique de Brito Cruz, ex-diretor científico da FAPESP e vice-presidente sênior de re-

Para o físico, os cientistas deveriam participar dos debates sobre as “grandes questões nacionais”

des de pesquisa da Elsevier, Cerqueira Leite trouxe de suas experiências nos Bell Labs a visão de como organizar pesquisas e integrar empresas às universidades. “Ele viu que as empresas tinham papel importante nas pesquisas, mas também que as universidades continuavam sendo fundamentais para a pesquisa básica”, comenta Brito Cruz, também reitor da Unicamp entre 2002 e 2005. Compartilhava essa visão com Porto e Ripper, o que se refletiu, por exemplo, na instalação do Centro de Pesquisas em Desenvolvimento e Telecomunicações (CPqD) da empresa de telecomunicações Telebrás nos arredores da Unicamp, em 1974. De lá saiu a primeira fibra óptica brasileira, em 1976.

No mesmo período, também em Campinas, Leite criou a Companhia de Desenvolvimento Tecnológico (Codetec), incubadora de pequenas empresas e facilitadora da interação entre a universidade e a iniciativa privada. Para Brito Cruz, essa foi uma iniciativa pioneira em adaptar o modelo que deu certo no Vale do Silício, na Califórnia, em que a Universidade Stanford funcionava como polo aglutinador de empresas de tecnologia da informação. Em 1979, continuando esses esforços, Leite fundou a Companhia de Desenvolvimento do Polo de Alta Tecnologia de Campinas (Ciatec).

O que o inspirava era a visão nacionalista de que o Brasil precisava desenvolver autonomia tecnológica, científica e energética. Nos anos 1970, foi um dos

críticos do acordo Brasil-Alemanha para a construção da usina nuclear de Angra 2, em que via um processo de transferência tecnológica insuficiente. Defendeu o investimento no Programa Nacional do Alcool (Proálcool) como forma de aproveitar o potencial energético do país na produção de biocombustíveis. Nos anos 1990, se opôs ao projeto do Sistema de Vigilância da Amazônia (Sivam), defendido pelas Forças Armadas, que via como exemplo de “servidão voluntária” a interesses estrangeiros.

Cerqueira Leite considerava um problema de política científica brasileira a falta de foco e de financiamento em projetos de larga escala. Era contra a pulverização de recursos, que rotulava como “pseudodemocracia”. Preferia a concentração de investimentos em grandes projetos e polos. Na década de 1980, além de ocupar a vice-presidência da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) de 1983 a 1987, o físico colocou em prática essa visão. Teve atuação decisiva para a implantação de um grande acelerador de partículas no país, que se tornou o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). Inaugurado em 1997 perto da Unicamp e substituído em 2020 pelo Sirius, o LNLS foi o primeiro dos quatro laboratórios que atualmente integram o CNPEM.

Esse centro também abriga seu último filhote intelectual: a Ilum, instituição de ensino superior inaugurada em 2022 em Campinas, que oferece um bacharelado interdisciplinar em ciência, tecnologia e inovação. Segundo o físico Adalberto Fazzio, diretor da Ilum, Cerqueira Leite queria formar jovens pesquisadores que não fossem dependentes da figura do orientador, com conhecimentos amplos. “Os pesquisadores começam a carreira muito tarde, o que prejudica a criatividade”, comenta Fazzio.

Na Unicamp, além de ter comandado o IFGW, também foi um dos responsáveis pelo estabelecimento do seu departamento de música em 1970, embrião do atual Instituto de Artes. Seu apreço pelo mundo artístico era notório. Na adolescência, ele se esgueirava sorratamente para ver peças de teatro, tinha milhares de discos de música erudita e mantinha uma vasta coleção de obras de arte chinesa, pré-colombiana e africana. “Até o fim, ele continuou estudando e aprendendo sobre suas coleções”, conta José Roque. ●



memória

À sombra de Freud

Crítico e teórico da psicoterapia, Austregésilo Lima aprimorou o diagnóstico da histeria e falava abertamente sobre sexo no início do século XX

DANILO ALBERGARIA

90 JAN 2025

No final do século XIX e início do XX, um médico pernambucano seguiu uma trilha parecida à de outros que procuravam novas formas de tratar os distúrbios psíquicos, como, na Europa, o neurologista austríaco Sigmund Freud (1856-1939). O também neurologista e psiquiatra Antônio Austregésilo Rodrigues Lima (1876-1960), que assinava suas obras como Antônio Austregésilo, explorou o que mais tarde se tornaria a psicoterapia e deu contribuições teóricas críticas à psicanálise, como o aprimoramento do diagnóstico da histeria, então largamente atribuída às mulheres, diferenciando-a de outros problemas psíquicos ou físicos.

Como sexólogo, queria entender o que acontecia na vida noturna do Rio de Janeiro. “Ele circulava pelos cabarés, con-

versava com as prostitutas e se interessava pela vida como ela é”, diz o psiquiatra Paulo Dalgalarondo, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), um dos autores de um artigo sobre o médico pernambucano publicado em julho de 2020 na *Revista Latinoamericana de Psicopatologia Fundamental*.

Austregésilo escreveu livros em linguagem relativamente simples sobre sexualidade, como *Neurastenia sexual e seu tratamento* (1919) e *Conduta sexual* (1939), propondo a educação sexual como instrumento de controle do que via na época como desvios de sexualidade, incluindo a homossexualidade. Defendia a abordagem sem hipocrisias sobre o tema nas escolas e a disseminação ampla da sexologia para os estudantes, algo que ainda hoje causa desconforto entre setores mais conservadores da sociedade brasileira.

A lição clínica na *Salpêtrière*, pintura de 1887 de André Brouillet: o neurologista francês Jean-Martin Charcot exhibe para os aprendizes uma mulher com histeria

Austregésilo era pardo e, diferentemente de outros afrodescendentes, pôde se dedicar aos estudos – o pai era advogado. Aos 16 anos, mudou-se do Recife para o Rio de Janeiro para cursar medicina. Seu interesse pelos distúrbios mentais se expressou em 1899 com seu trabalho de conclusão de curso, intitulado “Estudo clínico do delírio”. Na década seguinte, integrou a equipe do psiquiatra negro Juliano Moreira (1872-1933), que, de 1903 a 1930, dirigiu o Hospício Nacional de Alienados, o primeiro hospital psiquiátrico do Brasil, inaugurado em 1852 no Rio de Janeiro (ver Pesquisa FAPESP nºs 124 e 263).

Um dos pioneiros da psiquiatria no Brasil e um dos fundadores da Academia Brasileira de Ciências, que presidiu de 1926 a 1929, Moreira aboliu o uso de camisas de força, retirou grades das janelas dos quartos dos pacientes, criou espaços para diálogo com as pessoas em



Juliano Moreira, diretor do Hospício Nacional de Alienados de 1903 a 1930

Austregésilo com o tradicional fardão da Academia Brasileira de Letras, para a qual foi eleito em 1914



2

tratamento e separou adultos de crianças. Ele e Austregésilo estavam convictos da função disciplinadora e moralizante da psiquiatria. Defendiam o higienismo, que apregoava o saneamento das cidades para evitar epidemias, e recomendavam a higiene mental e física para prevenir distúrbios mentais.

Austregésilo também tratou da eugenia, estratégia por meio da qual se pretendia melhorar a espécie humana esterilizando indivíduos considerados inaptos, como os portadores de doenças hereditárias, ou impedindo a reprodução das então chamadas raças inferiores. Em *Conduta sexual*, ele defendeu a esterilização penal de criminosos reincidentes, mas se opôs à visão racista, que atribuía os distúrbios mentais à cor da pele, liderada pelo médico paulista Renato Kehl (1889-1974), que fundou a Sociedade Eugênica de São Paulo.

CRÍTICO DE FREUD

Em 1912, Austregésilo se tornou o primeiro professor da recém-criada cátedra de neurologia da Faculdade Nacional de Medicina, depois integrada à Universidade do Rio de Janeiro, atual Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Naquele ano, com seu aluno Faustino Esposel (1888-1931), publicou na revista francesa de psiquiatria *L'Encéphale* um artigo sobre um sintoma ainda não des-

critado da lesão do trato corticoespinhal. Esse conjunto de axônios, os prolongamentos dos neurônios, transmite sinais do córtex cerebral para a medula espinhal e controla os movimentos voluntários. O chamado sinal de Austregésilo-Esposel consiste em uma pressão nos músculos e nervos da região central da coxa que faz o dedão do pé erguer-se e os dedos vizinhos se abrirem em leque e pode indicar lesão na medula espinhal ou doença cerebral.

Outro trabalho pioneiro, publicado em 1928 na *Revue Neurologique*, dessa vez com o colega neurologista e conterrâneo Aluísio Marques (1902-1965), foi a descrição do primeiro caso de distonia (contrações musculares involuntárias) pós-traumática, com base em um paciente de 25 anos, que desde os 13 apresentava esse sintoma, resultado de traumatismo craniano ocorrido em consequência da queda de um bonde.

Austregésilo visitou centros de pesquisa médica na Europa e nos Estados Unidos e representou o Brasil em congressos internacionais de neurologia. Uma das pesquisas que orientou na Faculdade de Medicina do Rio foi a do cearense Genserico Aragão de Souza Pinto (1888-1958), cuja monografia de final de curso, defendida em 1914, foi o primeiro trabalho acadêmico sobre psicanálise no Brasil.



O Hospício Nacional de Alienados, o primeiro hospital psiquiátrico do Brasil, entre 1859 e 1861

Eleito em 1914 para a Academia Brasileira de Letras (ABL), Austregésilo escreveu 35 livros. Em seu discurso de posse, ele alertou sobre “a tendência para o mimetismo exagerado das coisas do Velho Mundo” nos meios intelectuais brasileiros, algo que se refletia, segundo ele, num certo “desdém das nossas qualidades originais”. A psiquiatra e psicanalista Silvia Alexim Nunes concorda: “A psiquiatria brasileira era muito importada”.

Sua obra inclui escritos de psicanálise e ensaios literários. “Ele foi lido por um público mais instruído, além dos médicos, como professores, advogados, engenheiros e funcionários públicos”, afirma Dalgalarro, da Unicamp.

Em dois livros publicados em 1916, *Pequenos males* e *A cura dos nervosos*, Austregésilo defende o uso do diálogo no tratamento de distúrbios mentais. “Ele apostava numa terapêutica baseada

na persuasão, na ideia de que o paciente poderia ser convencido a corrigir o que era considerado erro de pensamento por meio de conversas com o terapeuta”, afirma o psicólogo Mikael Almeida Corrêa, da Universidade Federal do Rio Grande (Furg), autor de um artigo sobre as primeiras obras de Austregésilo publicado em junho de 2024 na *Revista Brasileira de História da Ciência*.

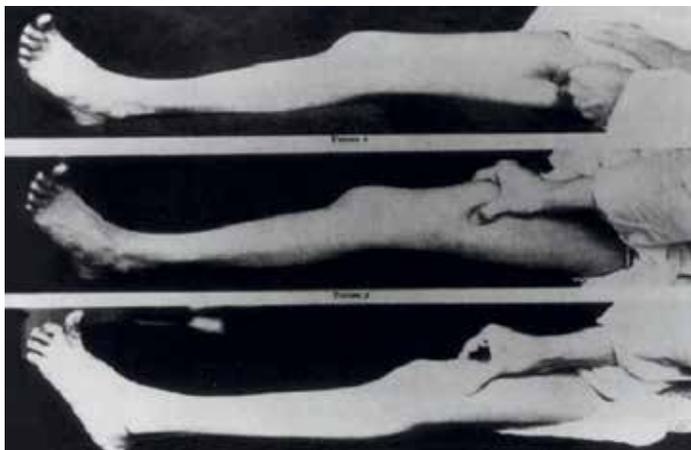
Segundo Corrêa, esse foi um método precursor das atuais terapias cognitivo-comportamentais, desenvolvido pelo neuropatologista suíço Paul Charles Dubois (1848-1918). Nessa abordagem, a cura de condições clínicas como hipocondria, ansiedade, pânico e fobias se daria pela reeducação da mente e do corpo.

Austregésilo considerava a teoria psicanalítica, que começava a ganhar espaço no Brasil no início do século XX, apenas como mais uma entre várias alternativas

interessantes de tratamento dos distúrbios psíquicos. Seu olhar crítico o levou a criar uma abordagem semelhante à de Freud sobre a estrutura da mente humana. Para o médico austríaco, a psique pode ser compreendida como a interação entre o id (o inconsciente, no qual residiria a libido, formada pelos desejos e instintos), o ego (a base da personalidade consciente, que se ajusta aos desejos) e o superego (a instância da consciência moldada pela moral e pela repressão dos desejos).

O médico pernambucano propôs uma estrutura alternativa, formada pelo que chamava de *fames* (fome, em latim), libido e ego. A *fames* corresponde às necessidades de sobrevivência mais básicas, relacionadas à própria nutrição, descritas por ele como “força interior da matéria viva” no livro *Fames, libido, ego*, publicado em 1938. Ele concebeu a libido de forma mais estritamente correspondente ao desejo sexual, enquanto Freud a via como motivadora de desejos para além das necessidades sexuais. Por fim, Austregésilo via o ego como a estrutura que articula essas duas motivações básicas.

No livro de 1938, apesar de celebrar o que considerou “a visão genial de Freud”, Austregésilo fez críticas à psicanálise, que chamou de “doutrinas dogmáticas”. Segundo ele, os freudianos pensavam que tudo podia ser explicado pelas chaves psicanalíticas do “sábio de Viena”. Também tinha reservas quanto ao suposto papel predominante da libido nos distúrbios



Sinal de Austregésilo-Espose: reflexo dos dedos do pé indica alteração neurológica



Austregésilo (no destaque) e equipe médica à frente da clínica para mulheres, entre 1900 e 1920

3

psíquicos: “Estou de pleno acordo que na espécie humana a libido apresenta na origem das neuropsicoses papel muito saliente, mas não sou exclusivista como querem Freud e seus adeptos”.

Em um artigo sobre o estado da arte da psiquiatria, publicado em 1945 no *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, ele escreveu: “Corpo e espírito formam uma unidade fisiopatológica. O clínico deve ter sempre em mente que há raízes psíquicas nas enfermidades orgânicas, como há amiúde nas enfermidades funcionais elementos orgânicos”.

Suas críticas não tiveram uma influência duradoura entre os psicanalistas brasileiros de meados do século XX. Segundo Nunes, os higienistas, incluindo Austregésilo, adaptaram o que viram de interessante na psicanálise – a ideia de inconsciente e a possibilidade de poder acessá-lo de alguma forma – numa chave moralizante e pedagógica, voltada para a correção dos comportamentos, algo que não estava entre os objetivos da psicanálise freudiana.

AS FALSAS HISTERIAS

Um distúrbio que recebeu muita atenção dos psiquiatras no final do século XIX e começo do XX foi a histeria. Caracterizada geralmente por crises psíquicas, desmaios e tremores, era vista desde a Antiguidade como algo próprio das mulheres – *hysterós* é a palavra grega para útero. No século XIX, diagnósticos de histeria serviram a um processo de controle médico e disciplinarização do corpo feminino, gerando uma onda de

internações de mulheres cujo comportamento não era o esperado do papel de esposa e mãe, segundo a moral predominante. No início do século XX, embora fossem atribuídas causas neurológicas ou psíquicas à histeria em detrimento das vinculadas ao aparelho reprodutor feminino, o suposto distúrbio ainda era fortemente associado às mulheres. Além disso, os diagnósticos eram frequentemente feitos de maneira pouco rigorosa.

Insatisfeito com os exames imprecisos, Austregésilo distinguiu histeria de síndrome histeroide ou pseudo-histeria e argumentou que muitos casos de histeria eram, na verdade, outros problemas físicos ou psíquicos, como demência precoce, tumor cerebral ou intoxicação alcoólica. “Ele limpou o terreno e tornou os diagnósticos de histeria mais precisos”, diz Nunes. “Nisso, teve sucesso e foi muito influente.” Segundo a psicanalista, Austregésilo não seguiu a tendência dos psiquiatras da época em caracterizar as mulheres que apresentavam sinais de histeria como degeneradas, embora estivesse convencido do ideal higienista de educação para um comportamento mais próximo da moral vigente.

Dalgarrondo observa que Austregésilo mostrou rigor ao estudar as eventuais relações entre doenças infecciosas, como a sífilis, e alterações psíquicas associadas a elas, como uma infecção do sistema nervoso central conhecida como neurosífilis. Ainda hoje não se sabe, por exemplo, se as alterações mentais seriam o efeito direto da ação de um patógeno

ou indireto, resultante de um desequilíbrio das defesas do organismo. “Apesar de não contar com o conhecimento atual, ele não era simplório, como se poderia supor, e tinha consciência da alta complexidade das relações causais investigadas”, avalia o psiquiatra da Unicamp.

Austregésilo foi eleito deputado por Pernambuco em 1921. Reeleito três vezes, exerceu o cargo até a Revolução de 1930. Ao pesquisar sobre a história da Casa do Brasil na Cidade Universitária de Paris, inaugurada em 1959, a historiadora Angélica Muller, da Universidade Federal Fluminense (UFF), encontrou um projeto anterior do edifício que retrata o prestígio do médico pernambucano.

Em 1926, Austregésilo viajou à França para mediar as negociações diplomáticas para a construção de um prédio que abrigasse estudantes brasileiros em Paris. “Quando voltou, propôs um projeto de lei pedindo a construção de uma casa do estudante brasileiro na capital francesa”, conta Muller. O projeto foi aprovado naquele mesmo ano e o financiamento sancionado pelo então presidente Washington Luís (1869-1957). Em 1930, porém, quando Getúlio Vargas (1882-1954) assumiu o poder, foi esquecido. A ideia de construir a Casa do Brasil em Paris foi retomada, em outros moldes, apenas na década de 1950. ●

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

AS CORES NO ESCURO

Kaysel na Unicamp, onde leciona, acompanhado do cão-guia Jed

André Kaysel recorre à tecnologia e a auxiliares para superar a deficiência visual e rever a história do pensamento político

Quando as pessoas me perguntam se nasci cego ou fiquei assim depois, eu sempre respondo: as duas coisas. Fui diagnosticado com glaucoma congênito bilateral logo que nasci. Enxergava muito pouco, perdi a visão do olho direito aos 9 anos e a do esquerdo aos 22. Como meu pai é oftalmologista, tive acesso a bons médicos e tratamentos. Foram dezenas de cirurgias, que ajudaram a prolongar minha visão, mas sempre soube que um dia iria perdê-la.

Há quase 20 anos não enxergo nada, mas no olho esquerdo vejo borrões de cores variadas. São efeitos visuais provocados por interações físico-químicas no interior do olho. O fenômeno é chamado pelos oftalmologistas de visão entóptica. Certa vez, ouvi um relato do escritor argentino Jorge Luis Borges [1899-1986], que perdeu a visão aos 55 anos, sobre isso. Ele dizia que os cegos não são todos iguais, não veem tudo preto como as pessoas imaginam.

Entrei na Faculdade de Direito da USP [Universidade de São Paulo] em 2002. Mas resolvi sair no meio do segundo ano e pedi transferência para o curso de ciências sociais da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas [FFLCH] da USP. Eu queria uma vida acadêmica dedicada à pesquisa e ao ensino. Minha família tem muitos professores e pesquisadores, e isso me influenciou. Meu pai, Antonio Augusto Velasco e Cruz, e minha mãe, Angela Kaysel Cruz, são professores da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, da USP, e meu tio paterno Sebastião Carlos Velasco e Cruz foi professor do Departamento de Ciência Política na Universidade Estadual de Campinas [Unicamp], onde dou aulas atualmente.

O que predominava na ciência política da USP na época era o chamado neoinstitucionalismo, nascido nos Estados Unidos. É a corrente que ainda hoje predomina na área, voltada para o estudo

das instituições e das escolhas dos atores políticos, sem muita atenção para a estrutura social em que eles estão inseridos. Aprendi muito, mas me interessava mais pela área de teoria e pensamento político e fui me encaminhando nessa direção, que se tornou minha especialidade.

Dois professores foram muito importantes para mim na USP: Gildo Marçal Brandão [1949-2010] e Bernardo Ricupero, que veio a ser meu orientador na pós-graduação. Quando entrei no mestrado, Brandão estava começando um grande projeto de pesquisa, apoiado pela FAPESP, sobre linhagens do pensamento político brasileiro, e do qual participei desde o início.

Eles me abriram as portas do Departamento de Ciência Política e com eles conheci um grupo de cientistas políticos e sociólogos muito diverso. Nosso objetivo era buscar as linhas de continuidade histórica que organizam o pensamento brasileiro, desenvolvidas no período de quase um século que separa o fim do Império, em 1889, e o fim da ditadura militar [1964-1985]. Foi uma experiência que me fez amadurecer intelectualmente.

No mestrado, desenvolvi um estudo comparado sobre o historiador brasileiro Caio Prado Júnior [1907-1990] e o pensador marxista peruano José Carlos Mariátegui [1894-1930]. No doutorado, examinei a relação que se estabeleceu entre comunistas e nacionalistas nos dois países, em conjunturas diferentes, para refletir sobre a aliança entre comunistas e populistas no Brasil antes do golpe militar de 1964.

A comparação foi necessária para examinar a evolução do pensamento político brasileiro no contexto latino-americano. A academia brasileira tende a ser muito ensimesmada, como se o Brasil estivesse isolado do continente do qual faz parte e de outras regiões. Ricupero me fez entender a importância de pensar o Brasil como parte de algo maior.

Concluí o mestrado em 2010 e o doutorado em 2014. Estava perto de defender a tese quando surgiu uma vaga na Universidade Federal da Integração Latino-americana [Unila], em Foz do Iguaçu [PR]. Começar a carreira lá foi marcante. Convivia com alunos e professores de vários países e tive uma experiência internacional muito rica sem sair do Brasil. Além disso, como era uma instituição nova e pequena, todos tinham que fazer de tudo. Eu mal havia entrado na sala de aula quando fui chamado a coordenar um curso. Foi uma loucura, mas aprendi muito.

Em 2016, abriram concurso para uma vaga na Unicamp na área de teoria e pensamento político. Tive a felicidade de ser aprovado em primeiro lugar. Concluí em 2024 um pós-doutorado na Universidade da Califórnia em Berkeley, nos Estados Unidos, e agora estou me preparando para defender minha tese de livre-docência na Unicamp. Ela é baseada em pesquisas que tenho feito sobre o anticomunismo e a extrema direita na América Latina.



SAIBA MAIS
Programa de
Atendimento
Especializado para
Estudantes com
Deficiência da
Unicamp

Nada disso foi fácil com a minha deficiência visual, claro. Um cão-guia me acompanha todos os dias no trabalho. Ele se chama Jed, e eu o trouxe de uma fundação de Nova York que treina animais para auxiliar cegos. Só uso o braille para ler placas, rótulos e pouca coisa além disso. A literatura especializada disponível em braille é muito limitada. Então, sempre dependi muito da tecnologia e de pessoas que leram para mim em voz alta, como meus pais, minha avó e colegas na graduação.

O aperfeiçoamento dos sistemas desenvolvidos para deficientes visuais, conhecidos como leitores autônomos, que copiam documentos impressos e convertem os textos em áudio, foi fundamental para que eu pudesse fazer o mestrado e o doutorado. Mas ainda dependo da qualidade da digitalização do material que preciso consultar. Há muita coisa disponível na internet, mas nem sempre num formato legível para os programas de computador que me auxiliam na leitura.

Tive muita dificuldade nas pesquisas sobre anticomunismo, porque trabalhei pela primeira vez com fontes primárias. Os arquivos não têm gente disponível para ajudar a procurar o que você precisa. Em geral, trazem a caixa que você pede, e boa sorte. Só deu certo porque consegui financiamento da FAPESP para contratar assistentes de pesquisa, que digitalizaram e editaram os documentos que estudei.

Viajei duas vezes para consultar um rico acervo preservado no Paraguai, que reúne documentos da Liga Mundial Anticomunista, uma rede de extrema direita que atuou durante a Guerra Fria e tinha um braço na América Latina e uma filial no Brasil. Copiamos quase 2 mil páginas de documentos, das quais só consegui ler uma fração até agora. Mas nunca achei que seria fácil. Sempre soube que, para poder ler e trabalhar, teria que recorrer a todos os meios possíveis e imagináveis. ●

DEPOIMENTO CONCEDIDO A
RICARDO BALTHAZAR



Em 2017, com Bernardo Ricupero durante encontro na USP

Evidências concretas

CARLOS GUERRA SCHRAGO



A evolução é fato

Carlos Frederico
Martins Menck (coord.)
Academia Brasileira de
Ciências (ABC)
221 páginas
Download gratuito no
site da ABC (abc.org.br)

Evolução biológica é um dos assuntos científicos mais desafiadores para se organizar em uma única obra, voltada para o público geral. Trata-se de uma área extensa e multidisciplinar, o que impossibilita a formação de um pesquisador especializado em todas as questões relevantes dessa disciplina. Para uma abordagem mais ampla da evolução, é necessária a colaboração de uma equipe de especialistas. Entretanto, isso por si só não basta, pois a escolha das questões e da ordem de sua apresentação não é tarefa trivial. *A evolução é fato*, obra editada pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) e coordenada pelo biólogo Carlos Menck, professor da Universidade de São Paulo (USP), oferece aos leitores um panorama abrangente de diversos tópicos relacionados à evolução dos seres vivos, incluindo informações atualizadas e recomendações bibliográficas ao final de cada capítulo.

A apresentação dos capítulos segue, aproximadamente, a cronologia da diversificação da vida. Após uma introdução geral e apresentação de evidências geológicas e moleculares da evolução, o livro explora os processos cósmicos e geológicos relevantes para o entendimento da evolução da vida na Terra. Em seguida, trata da origem da vida propriamente dita, das células, dos eucariotos, da transição para o ambiente terrestre de algumas linhagens e da evolução dos mamíferos no contexto da extinção dos dinossauros. Além disso, capítulos dedicados à evolução dos genomas e biologia do desenvolvimento enriquecem a obra, que é concluída com um resumo sobre processos microevolutivos, tópicos sobre a evolução humana – incluindo uma discussão a respeito da questão racial – e uma exposição da importância da biologia evolutiva no enfrentamento do Sars-CoV-2, vírus causador da Covid-19, e outros patógenos de evolução rápida.

A opção de encerrar a sequência narrativa histórica da obra com a evolução humana pode transmitir ao leitor leigo a impressão de que a evolução tem um propósito finalista. No entanto, essa é provavelmente a ordenação mais didática para introduzir o tema ao grande público. Afinal, os autores narram uma grande história, e os historiadores profissionais há muito reconhecem a impossibilidade de relatar qualquer

história de forma completamente neutra. Esse mesmo viés se aplica à maior das histórias em biologia: a evolução da vida. Contada pela única espécie capaz de refletir sobre ela, a narrativa da evolução tende a assumir uma linearidade, com os eventos encadeados de forma a explicar nossa própria origem.

Ao concluir a leitura dessa obra agradável, informativa e muito bem-vinda, nota-se que os principais temas relacionados à história dos seres vivos foram tratados com clareza e atualidade. Contudo, a escolha de um título afirmativo – talvez até provocativo – instiga o leitor a refletir ainda mais sobre o próprio conceito de “fato científico”. Mesmo entre estudantes de graduação em ciências biológicas, é comum haver dúvidas sobre as definições de teoria, hipótese e fato científicos. Embora essa distinção raramente impacte o trabalho cotidiano dos cientistas, ela é de grande relevância para o público não especializado. Vale lembrar que, nas situações em que o ensino da biologia evolutiva foi judicializado, os cientistas e filósofos da ciência que atuaram como consultores precisaram esclarecer em tribunais os significados precisos desses termos em ciência. Foi, inclusive, após a decisão desfavorável aos criacionistas no caso *Edwards vs. Aguillard* (1987), nos Estados Unidos, que surgiu o termo “design inteligente”. Essa expressão foi uma tentativa de camuflar o criacionismo como uma “teoria científica” válida para inserção no currículo escolar, o que acabaria sendo desafiado em outro julgamento norte-americano, o caso *Kitzmiller vs. Dover Area School District* (2005).

Tais exemplos mostram que, além de uma clara exposição das ideias científicas, como bem apresentadas nesta obra, os biólogos evolutivos não podem ignorar as questões semânticas e filosóficas ao dialogar com o grande público. Afinal, na ausência de evidências empíricas contrárias, é justamente no campo da retórica que os ataques contra a evolução se concentram. Assumir uma posição clara, como a apresentada no livro, é crucial para a defesa da ciência e da educação científica das futuras gerações de brasileiros.

O biólogo **Carlos Guerra Schrago** é professor do Departamento de Genética da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Carmino Antonio de Souza

CONSELHO SUPERIOR

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

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO**DIRETOR-PRESIDENTE**

Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO

Marcio de Castro Silva Filho

DIRETOR ADMINISTRATIVO

Fernando Menezes de Almeida

pesquisafapesp

ISSN 1519-8774

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

Luiz Nunes de Oliveira

DIRETORA DE REDAÇÃO

Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE

Neldson Marcolin

EDITORESFabrício Marques (*Política Científica e Tecnológica*), Carlos Fioravanti (*Ciências da Terra*), Marcos Pivetta (*Ciências Exatas*), Maria Guimarães (*Ciências Biológicas*), Ricardo Zorzetto (*Ciências Biomédicas*), Ana Paula Orlandi (*Humanidades*), Yuri Vasconcelos (*Tecnologia*)**REPÓRTERES** Christina Queiroz e Sarah Schmidt**ARTE** Claudia Warrak (*Editora*), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecília Felli (*Designers*), Alexandre Afonso (*Editor de infografia*)**FOTÓGRAFO** Léo Ramos Chaves**BANCO DE IMAGENS** Valter Rodrigues**SITE** Yuri Vasconcelos (*Coordenador*), Jayne Oliveira (*Coordenadora de produção*), Kézia Stringhini (*Redatora on-line*)**MÍDIAS DIGITAIS** Maria Guimarães (*Coordenadora*), Renata Oliveira do Prado (*Editora de mídias sociais*), Vitória do Couto (*Designer digital*)**VÍDEOS** Christina Queiroz (*Coordenadora*)**RÁDIO** Fabrício Marques (*Coordenador*) e Sarah Caravieri (*Produção*)**REVISÃO** Alexandre Oliveira e Margô Negro**REVISÃO TÉCNICA** Ana Maria Fonseca de Almeida, Célio Haddad, Claudia Plens, Fabiana Komesu, Flávia Brito do Nascimento, Gustavo Romero, José Roberto Arruda, Douglas Zampieri, Nina Ranieri, Maria de Fátima Morethy Couto, Paulo Artaxo, Rafael Oliveira, Reinaldo Salomão, Ricardo Hirata**COLABORADORES** Ana Carolina Fernandes, Arthur Marchetto, Carla Zimmerman, Carlos Guerra Schrago, Danilo Albergaria, Domingos Zapanolli, Gilberto Stam, Giselle Soares, Paula Carvalho, Otávio Henrique Borges, Renata Fontanetto, Ricardo Balthazar, Sinésio Pires Ferreira**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** 28.360 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

FILMES INDÍGENAS

Sou assinante de *Pesquisa FAPESP*. Como formador de professores que explora as relações entre cinema e educação, considero fundamental destacar o impacto da reportagem “Tela demarcada” (edição 342), sobre o crescente protagonismo dos filmes indígenas no Brasil. Essas produções não apenas desconstruem estereótipos racistas que subestimam a capacidade tecnológica e criativa dos povos originários, mas também nos convidam a conhecer e valorizar suas cosmologias. O cinema indígena nos provoca a refletir profundamente sobre nossas próprias práticas e perspectivas de vida no mundo, enriquecendo a educação com olhares diversos e representativos.

Rubens Baldini Neto**REVISTA NA SALA DE AULA**

Sou professor do curso de ciências ambientais da Universidade Federal do Ceará. Gostaria de registrar meus cumprimentos e parabéns pela qualidade da revista. Além de *Pesquisa FAPESP* me manter atualizado sobre as pesquisas em diversas áreas acadêmicas, sempre repasso algumas reportagens para leitura dos alunos do meu laboratório. Também tenho uma seleção de textos da revista que uso

ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇOEnvie um e-mail para assinaturaspesquisa@fapesp.br**PARA ANUNCIAR**Contate: Paula Iliadis
E-mail: publicidade@fapesp.br**EDIÇÕES ANTERIORES**

Preço atual de capa acrescido do custo de postagem.

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

anualmente em sala de aula para debates e leituras complementares nas disciplinas que ministro. Destaco a qualidade tanto dos textos quanto do material gráfico produzido, o que torna as leituras agradáveis e instigantes.

Marcelo Freire Moro**METEORITOS**

Excelente a proposta dos cientistas brasileiros (“A sorte dos meteoritos”, edição 346). Parabéns.

Luciano Alonso**LIXO ESPACIAL**

Muito necessário (“Lixo na órbita da Terra”, edição 346). Já não bastam as toneladas de lixo no planeta, estão enchendo o espaço de sujeira.

Mary Silva**CORREÇÃO**

Na reportagem “O peso das flutuações do hélio” (edição 344), foi publicada a foto de um aparelho de tomografia computadorizada em vez de um de ressonância magnética. A imagem correta foi incluída na versão on-line do texto.

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

CONTATOSrevistapesquisa.fapesp.brredacao@fapesp.br

PesquisaFapesp



pesquisa_fapesp



@pesquisa_fapesp



PesquisaFapesp



pesquisafapesp



cartas@fapesp.br

R. Joaquim Antunes, 727
10º andar
CEP 05415-012
São Paulo, SP

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

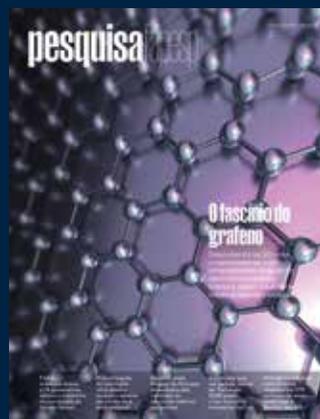


Roland Garros às avessas

Parece uma bola de tênis em uma quadra de saibro, mas é uma microestrutura que pode servir como base para produzir cerâmicas refratárias. O que parece uma esfera na verdade é uma cavidade, vista ao microscópio eletrônico. A matriz do material é composta de óxido de magnésio, com precipitação de um mineral conhecido como espinélio. A imagem, obtida no contexto da pesquisa que busca produzir alternativas sustentáveis aos agregados contendo cromo, tóxico ao organismo e à natureza em forma solúvel, foi premiada no congresso internacional da Sociedade Americana de Cerâmica, em outubro.

Imagem enviada pelo engenheiro de materiais **Otávio Henrique Borges**, estudante de doutorado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), feita em parceria com seu orientador, Victor Carlos Pandolfelli

folheie
pesquisafapesp
onde
estiver



Faça o download
das edições e leia a revista
na plataforma ISSUU.
Para receber os avisos,
é só se cadastrar
issuu.com/pesquisafapesp

para assinar:



www.revistapesquisa.fapesp.br



revista **pesquisa** fapesp

25 ANOS NOTICIANDO A CIÊNCIA BRASILEIRA
À VENDA EM BANCAS DE TODO O PAÍS