

Vilões do efeito estufa

Desmatamento e agropecuária respondem por 70% das emissões no Brasil; saiba como são feitos os cálculos

Cresce o número de pretos e pardos que lideram grupos de pesquisa no país

Cicatrizes dos deslizamentos e rios mais rasos aumentam a vulnerabilidade do RS a chuvas

Em vigor há 10 anos, Lei do Feminicídio não reduz assassinato de mulheres

Projeto de microrreator nuclear busca levar energia para comunidades isoladas

Formiga-infernal, de aparência hostil, viveu no hemisfério Sul há 113 milhões de anos

Deixou escapar? Temos sugestões

pesquisafapesp

SUGESTÕES DA REDAÇÃO

Por Kezia Stringhini, redatora on-line



Nesse boletim, a cada mês um jornalista da nossa equipe dá dicas das reportagens de *Pesquisa FAPESP* de que mais gostou. Fique por dentro da ciência, tecnologia, humanidades e política científica.

pesquisafapesp

SUGESTÕES DA REDAÇÃO

Por Neldson Marcolin, editor-chefe



pesquisafapesp

SUGESTÕES DA REDAÇÃO

Por Léo Ramos Chaves, fotógrafo



INSCREVA-SE



5 CARTA DA EDITORA

6 NOTAS

CAPA

12 Desmatamento e agropecuária determinam o tamanho da pegada de carbono do Brasil

19 Cortes na ciência norte-americana afetam a pesquisa climática internacional

ENTREVISTA

22 Especialista em economia regional da UFMG, Clelio Campolina defende fortalecimento das cidades médias

POLÍTICAS AFIRMATIVAS

28 Cresce o número de negros entre os coordenadores de grupos de pesquisa no país

RANKING

32 Registros de propriedade intelectual mostram as particularidades brasileiras das atividades de inovação

FINANCIAMENTO

34 Programa dos EUA de apoio à pesquisa em pequenas empresas é modelo para outros países

BOAS PRÁTICAS

38 Lista reúne artigos científicos que reproduzem frases copiadas de consultas ao ChatGPT

DADOS

41 Dispendios industriais em P&D em 2022 e 2023

GEOCIÊNCIAS

42 Fendas abertas em morros e rios menos profundos aumentam a vulnerabilidade do RS a chuvas

IMUNOLOGIA

46 Vacinação frequente protege imunodeficientes contra formas graves de Covid-19

SAÚDE PÚBLICA

49 Número de acidentes com escorpiões cresceu 154% no Brasil de 2014 a 2023

FISIOLOGIA

54 Atividade física reduz a morte de células do pâncreas produtoras de insulina →

CAPA
**LÉO RAMOS CHAVES
E VITÓRIA DO COUTO**
SOBRE FOTO DE PABLO PORCIUNCUA/
AFP VIA GETTY IMAGES

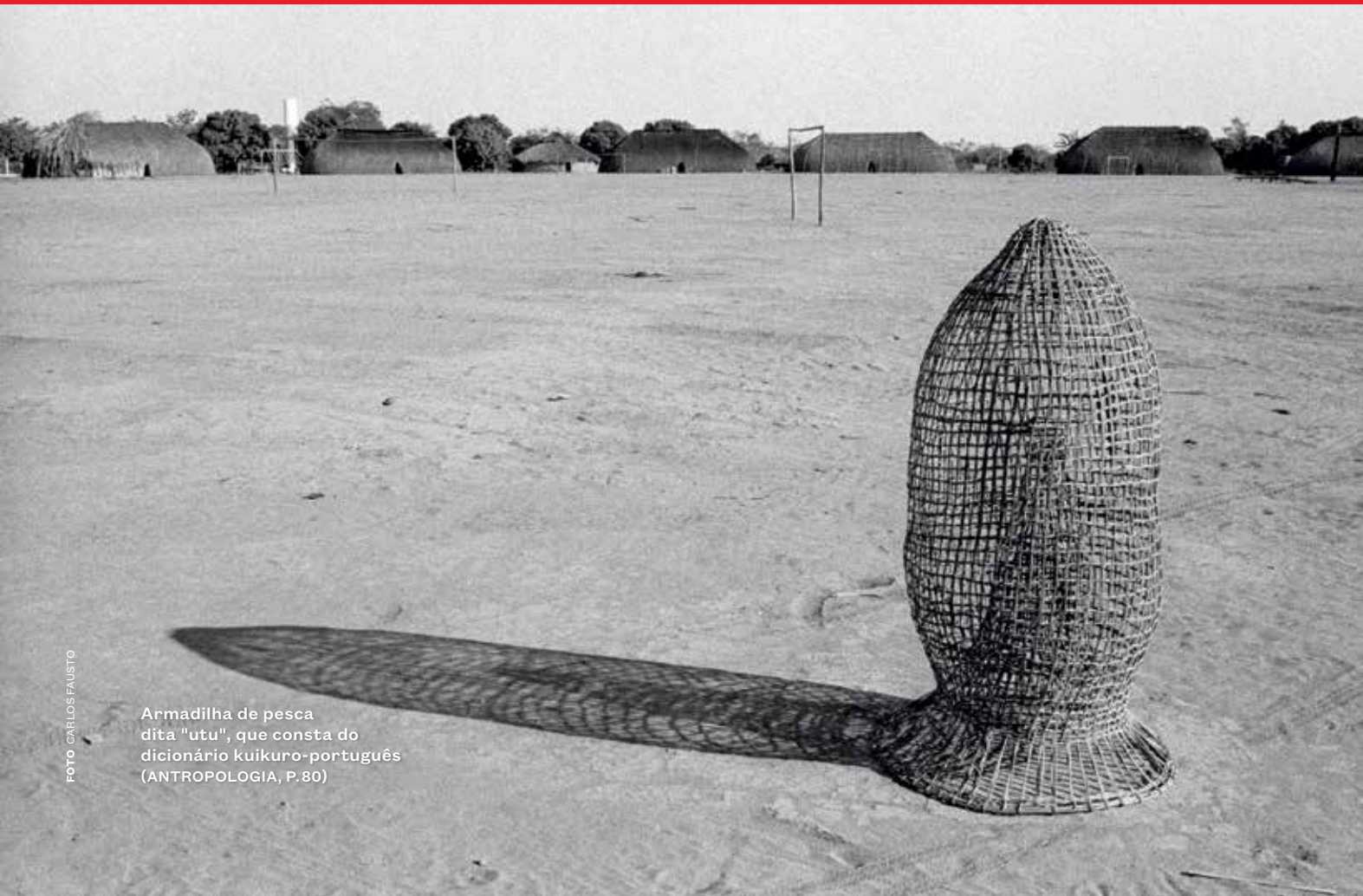
4ª CAPA
TIAGO ORIHUELA/GETTY IMAGES

jul 2025 **353**

revista **pesquisa** fapesp

FOTO CARLOS FAUSTO

Armadilha de pesca dita "utu", que consta do dicionário kuikuro-português (ANTROPOLOGIA, P.80)



Sítio arqueológico na serra da Capivara, no Piauí, onde Niède Guidon pesquisou e ajudou a estruturar (OBITUÁRIO, P.88)



FOTO LÉO RAMOS CHAVES/REVISTA PESQUISA FAPESP

BIOQUÍMICA

- 56** Estudo avança na compreensão de como células selecionaram moléculas na origem da vida

EPIDEMIOLOGIA

- 58** Hanseníase estava disseminada no continente americano há pelo menos mil anos

PALEONTOLOGIA

- 60** Com 113 milhões de anos, fóssil de formiga-infernal do Nordeste é o mais antigo do mundo

ENGENHARIA

- 62** Avança no país projeto de desenvolvimento de microrreator nuclear

BIOTECNOLOGIA

- 67** Edição genética acelera melhoramento de bovinos

INOVAÇÃO

- 70** Novas tecnologias auxiliam em detectar vazamento de água na rede pública

GÊNERO

- 74** Lei do Feminicídio faz 10 anos, mas modalidade de crime continua ocorrendo com frequência

ANTROPOLOGIA

- 80** Iniciativas buscam fortalecer os direitos linguísticos de indígenas no país

ARQUITETURA

- 84** Painéis de azulejos enfrentam o desafio da preservação

OBITUÁRIO

- 88** Niède Guidon (1933-2025)

MEMÓRIA

- 90** Há 60 anos, programa brasileiro aprimorou a formação de arqueólogos

ITINERÁRIOS DE PESQUISA

- 94** Mara Mussury ajuda a transformar a agricultura familiar em Mato Grosso do Sul

RESENHA

- 96** *Família e fronteira no Brasil colonial. Santana de Parnaíba, 1580-1822*, de Alida C. Metcalf. Por Ana Silvia Volpi Scott

97 COMENTÁRIOS

98 FOTOLAB

WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR



VÍDEOS

ATLÂNTICO SUL EM ALERTA

Ondas de calor, acidificação e redução de fitoplâncton ocorrem de forma simultânea e crescente, afetando a biodiversidade oceânica



VÍDEOS

EM ALTA: O QUE ESTÁ POR TRÁS DOS ATAQUES RECENTES?

Desigualdades, falta de acolhimento e invisibilidade das vítimas agravam o cenário de agressões na educação



PODCAST

INSEGURANÇA CIBERNÉTICA

As causas do aumento de ataques hackers a universidades e instituições de pesquisa do país. E mais: clones; naufragos; metástases

Como fazer a conta

ALEXANDRA OZORIO DE ALMEIDA — diretora de redação

O rebanho de bovinos é, sozinho, responsável por quase 20% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no país. Somando-se o restante do setor agropecuário, a cifra sobe para 30,5%. Quando contabilizamos também as mudanças no uso da terra – a conversão de florestas em campos, pastagens e lavouras, ou seja, atividades muito associadas à agricultura e à criação de animais –, chegamos a 70% de toda a produção brasileira desses compostos que retêm calor na atmosfera e alimentam as mudanças climáticas.

As atividades econômicas contempladas no Inventário Nacional de Emissões e Remoções de GEE incluem ainda os setores energético, de processos industriais e de resíduos, que respondem por 20,5%, 5% e 4,5%, respectivamente. Os dados se referem a 2022. Argumentos econômicos são comuns quando o assunto é a emergência do clima, então vale lembrar que, segundo dados do IBGE de 2023, o setor agropecuário teve 8,1% de participação no PIB; já a indústria originou 12,8% da riqueza produzida no país.

Levantamentos como o do inventário são cada vez mais precisos: para se ter uma ideia, há um fator de emissão específico para cada tipo de bovino em cada região brasileira. O editor de Ciências Exatas, Marcos Pivetta, explica como se chega a esses números, as divergências entre levantamentos e eventuais lacunas (*página 12*). Para participar dessa discussão, cada vez mais urgente, é preciso entender de onde vêm os dados. Reportagem complementar de Renata Fontanetto mostra como os cortes de recursos para a pesquisa climática efetuados pelo governo dos Estados Unidos têm efeitos negativos em muitos países e prejudicam também o Brasil pela dependência em instrumentos de observação da Terra financiados por aquele país (*página 19*).

Em 1982, os Estados Unidos criaram um programa de apoio à inovação em pequenas empre-

sas que representou uma inflexão nas políticas públicas voltadas a P&D no setor privado. Antes concentradas nas grandes empresas, com o Small Business Innovation Research (Sbir), as pequenas companhias ganharam espaço. Em 40 anos, o programa destinou US\$ 64 bilhões para 195 mil projetos de P&D e deu origem a congêneres em ao menos 20 países, entre os quais o Brasil. Em 1997, a FAPESP criava o Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe), que de lá para cá financiou mais de 4 mil projetos em 2 mil empresas. Estudo de pesquisadores da UFSCar, Unirio e UFU procurou avaliar como programas de sete países que seguiram esse modelo se desenvolveram em realidades distintas (*página 34*).

Unir uma tecnologia tradicional de detecção de vazamentos, a haste de escuta, com a análise por inteligência artificial dos ruídos coletados é a inovação desenvolvida por uma empresa beneficiária do Pipe. O novo Marco Legal do Saneamento, de 2020, estabelece que contratos de serviços e infraestrutura sanitária devem conter metas de eficiência que incluem a redução progressiva das perdas de água – que, em estimativas recentes, alcançam quase 40% do total de água tratada distribuída no país. A demanda de concessionárias por tecnologias e práticas para monitorar vazamentos motiva a busca de inovações na área. Reportagem sobre o tema (*página 70*) inclui um infográfico que resume os métodos tradicionais de detecção e as novas técnicas.

Em 4 de junho, o Brasil, o Piauí e a pré-história perderam Niède Guidon. A arqueóloga dedicou sua vida aos estudos, à valorização e à preservação dos sítios de arte rupestre na serra da Capivara (*página 88*). Coincidentemente, a seção Memória se dedica ao pioneiro Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas, que teve início há 60 anos, formando profissionais e mudando os métodos de trabalho nessa área (*página 90*).



Urso-polar, uma das espécies cuja população está em declínio

1

Falhas na preservação de animais marinhos

Um rastreamento de 12.794 animais de 111 espécies marinhas acompanhadas por 33 anos mostrou que as metas da Organização das Nações Unidas (ONU) para a preservação de vertebrados marinhos podem ser insuficientes e precisariam ser aprimoradas. O levantamento indicou que 70% das populações de ursos-polares, pinguins, focas, leões-marinhos, baleias, golfinhos, tartarugas, aves marinhas, tubarões, raias e outras espécies que geram poucos descendentes por vez estão em declínio. “É necessário introduzir mais formas de gestão oceânica para reduzir a exposição da megafauna marinha às ameaças existentes”, defende a oceanóloga Mônica Muelbert, da Universidade Federal de Rio Grande (Furg), coautora do estudo. Para os animais marinhos cujo peso supera 45 quilogramas (kg), os principais riscos são a pesca industrial, o tráfego marítimo, a perda de hábitat, alterações nas correntes oceânicas e mudanças nas fontes de alimento. Uma das metas do Marco Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal, assinado durante a Convenção sobre Diversidade Biológica da ONU em Montreal, no Canadá, em 2022, prevê que pelo menos 30% das áreas de águas continentais, costeiras e marinhas devam estar efetivamente conservadas até 2030 (*Science*, 5 de junho).

Outra forma de medir o colesterol do sangue

Uma combinação de dois marcadores de lipoproteínas pode dar informações mais precisas sobre o risco de doenças cardíacas do que apenas o tradicional teste de colesterol, concluíram pesquisadores da Universidade de Tecnologia Chalmers, na Suécia, e da Universidade Harvard, nos Estados Unidos. Dados de 200 mil pessoas do UK Biobank, do Reino Unido, acompanhadas por 15 anos, e a validação dos resultados por um estudo sueco evidenciaram a importância das lipoproteínas transportadoras de colesterol no sangue, especificamente as que carregam a apolipoproteína B (apoB). Em excesso, elas podem depositar colesterol nas paredes dos vasos sanguíneos. Por isso, o colesterol que carregam, de baixa densidade (LDL), é chamado de colesterol ruim. Os testes atuais continuam válidos, mas 1 em cada 12 pacientes pode subestimar o risco de doença cardíaca. Outra lipoproteína do LDL, a lipoproteína (a), também deveria ser testada. Elas representam menos de 1% de todas as lipoproteínas do LDL, mas em algumas pessoas esses valores são muito altos, aumentando o risco de doenças cardíacas (*European Heart Journal*, 28 de abril).



A arruda-síria selvagem era usada para cuidar da saúde, purificar espaços e provocar efeitos psicoativos

2

Planta com muitos usos, já há 2.700 anos

Na região da Arábia Saudita, a arruda-síria selvagem (*Peganum harmala*) é usada na medicina tradicional e para a fumigação doméstica. Não é um hábito novo: um estudo revelou que há cerca de 2.700 anos já existiam recipientes próprios para queimar e inalar essa planta, que tem propriedades bactericidas, psicoativas e terapêuticas. “Nossa descoberta lança luz sobre como as comunidades antigas recorriam ao conhecimento sobre as plantas e sua farmacopeia local para cuidar da saúde, purificar espaços e potencialmente provocar efeitos psicoativos”, declarou a arqueóloga Barbara Huber, do Instituto Max Planck de Geoantropologia, na Alemanha, em comunicado da instituição. Por meio de análises moleculares, a equipe conseguiu detectar substâncias químicas típicas da espécie vegetal mesmo em amostras minúsculas e inferir em que circunstâncias as substâncias eram usadas. O sítio arqueológico já foi um assentamento em um oásis no noroeste da Arábia Saudita, conhecido como Qurayyah, e é renomado por suas cerâmicas decoradas (*Communications Biology*, 23 de maio).

O único país autossuficiente em alimentos

Apenas um país produz os sete alimentos básicos em quantidades suficientes para atender a sua população. É a Guiana, um dos menores países da América do Sul, ao norte do Brasil. De acordo com um estudo da Universidade de Göttingen, na Alemanha, que analisou a produção de alimentos de 186 países, China e Vietnã ficaram em segundo lugar, produzindo alimentos suficientes para atender às necessidades de suas populações em seis das sete categorias (frutas; vegetais; laticínios; peixes; carne; nozes e sementes; e alimentos ricos em amido). Seis países – Afeganistão, Emirados Árabes Unidos, Iraque, Macau, Catar e Iêmen – não conseguiram atingir a autossuficiência em nenhum grupo alimentar. O Brasil atende a cinco categorias – faltaram vegetais e peixes. O estudo verificou que muitos países ainda dependem de um único parceiro comercial para mais da metade de suas importações de alimentos. “A forte dependência de importações de um único país pode deixar as nações vulneráveis”, comentou Jonas Stehl, economista da Universidade de Göttingen, ao site *ScienceAlert* (*Nature Food*, 16 de maio)

3



Mulher prepara pão na Tanzânia, país com produção insuficiente de peixe, legumes e carne



Rochas para escaladas recebem poucos cuidados

Pedra do Baú, com 1.950 metros de altitude, em São Bento do Sapucaí

Geólogos da Universidade de São Paulo (USP) identificaram 148 pontos de escaladas no estado, desde os imponentes, como a Pedra da Mina, com 2.798,4 metros (m), na divisa com Minas Gerais, até os mais modestos, como a praia da Fortaleza, a nível do mar, em Ubatuba. Nesse levantamento, 80% dos lugares estão em propriedades privadas, fora de unidades de conservação, sujeitos a erosão e sem sinalização, planos de gestão ambiental ou recomendações para os visitantes evitarem danos ambientais. “Alguns lugares, como a pedreira Garcia, em Campinas, permitem a entrada de cachorros, mas outros, em floresta nativa ou em parques, não deveriam, por serem áreas que merecem ser preservadas”, comenta João Paulo Monticelli, escalador

desde 2013 e principal autor do estudo. A região de São José dos Campos reúne 31% dos pontos de escaladas e os municípios com mais montanhas no estado. Campinas vem em segundo lugar, com 28%, e São Carlos em terceiro, com 15%. Um dos pontos mais visíveis é o pico do Jaraguá, com 1.135 m, no município de São Paulo, o mais populoso do estado. Em outro estudo, Monticelli alertou para a importância da inspeção e manutenção, a cada cinco anos, dos *bolts* – ancoragens –, usados para amarrar a corda, nas principais vias para escaladas. Os que ele testou não suportaram o peso esperado, conforme norma internacional (*Sustainability*, abril de 2025; *Engineering Geology*, novembro de 2024).



Vítima da moda: apego a acessórios e roupas feitos com pele de veado quase levou a espécie à extinção

Populações de cariacus se recuperam

Nos Estados Unidos, os moradores de cidades pequenas podem acordar e ver os roseirais sem nenhuma flor e com talos que parecem ter sido cortados. É o resultado de ataques de cariacus (*Odocoileus virginianus*), espécie de veado cuja população pode hoje chegar a 35 milhões no país. No início do século XX, porém, só havia 300 mil deles. O arqueólogo Elic Weitzel, da Instituição Smithsonian, concluiu que a caça explodiu e a população declinou entre os séculos XVII e XIX, quando roupas de pele de veado eram itens desejados como símbolo de *status*. Nos milênios anteriores, povos indígenas teriam feito uso controlado desse recurso. A partir do século XX, o controle da caça permitiu que esses animais voltassem a se multiplicar e a coexistir com seres humanos, apesar dos conflitos (*Journal of Anthropological Archaeology*, 16 de maio; *The Conversation*, 29 de maio).

Líquens para corrigir rachaduras em concreto

Uma equipe liderada pela engenheira mecânica Congrui Grace Jin, da Universidade Texas A&M, nos Estados Unidos, selecionou comunidades microbianas semelhantes a líquens, que crescem apenas com ar e luz, que, adicionadas à massa de cimento, poderiam resultar em um concreto capaz de preencher suas próprias fissuras. A formulação consiste em três combinações de cianobactérias filamentosas (*Anabaena inaequalis* e *Nostoc punctiforme*) que fixam dióxido de carbono e nitrogênio da atmosfera e um fungo filamentoso (*Trichoderma reesei*), que atrai cálcio ionizado e promove a precipitação de carbonato de cálcio, o material da casca do ovo e das conchas marinhas. Em testes de laboratório, essa parceria simbiótica foi capaz de sanar rachaduras no concreto depositando grandes quantidades de carbonato de cálcio, colando a rachadura novamente e impedindo que ela aumentasse. Outra abordagem de concreto autorreparador se vale de bactérias, que precisam ser borrifadas sobre as fissuras (*Materials Today Communications*, março).



Microorganismos poderiam cobrir as fendas com carbonato de cálcio

3



Júpiter já teve o dobro do tamanho atual

O planeta gigante já foi maior

Júpiter, o maior planeta em órbita ao redor do Sol, teve um período de crescimento rápido, atingindo o dobro do volume atual, 3,8 milhões de anos após a formação do Sistema Solar, concluíram astrônomos da Universidade de Michigan (UM), dos Estados Unidos. Seu campo magnético, 50 vezes mais poderoso que o atual, facilitava o acúmulo de material. Quando o material ao redor de Júpiter se dissipou, o planeta se contraiu sob sua própria gravidade, seu volume sofreu redução e a velocidade de rotação aumentou. Júpiter continua a encolher, embora lentamente, à medida que as temperaturas superficial e interna caem. Essa descoberta “nos aproxima da compreensão de como não apenas Júpiter, mas todo o Sistema Solar se formou”, disse Konstantin Batygin, da UM, ao site *ScienceAlert* (*Nature Astronomy*, 20 de maio).

4

Novo coordenador científico de Pesquisa FAPESP

O físico Luiz Nunes de Oliveira deixou em junho o cargo de coordenador científico de Pesquisa FAPESP. Professor titular do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP), passou quase três anos no cargo. A função é exercida sempre por um pesquisador experiente, escolhido pela FAPESP, que faz a interface entre a redação e o Conselho Técnico-Administrativo da Fundação, à qual a publicação está vinculada. O coordenador científico lê os textos que serão publicados e pode sugerir alterações que contribuam para a maior precisão das informações. No lugar de Nunes assumiu o biomédico Luiz Roberto Giorgetti de Britto, professor titular do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da USP. Formado em ciências biomédicas pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), fez o mestrado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e o doutorado no ICB-USP, do qual foi diretor de 2005 a 2009. Como pesquisador, estuda a comunicação celular no sistema nervoso e as doenças neurodegenerativas.

Os dois primeiros transplantes de rim suíno

Em março, Ricky Slayman, de 62 anos, previamente diagnosticado com diabetes, problemas cardíacos e uma doença renal em estágio terminal, recebeu um rim suíno com 69 edições em genes que pudessem causar rejeição e a inserção de sete genes humanos. Coordenado pelo cirurgião brasileiro Leonardo Riella e por sua equipe no Hospital Geral de Massachusetts, nos Estados Unidos, o primeiro xenotransplante – assim chamado por se tratar de um órgão de outra espécie – funcionou. Os níveis de uma proteína filtrada pelos rins, a creatinina, diminuíram e medicamentos controlaram um episódio de rejeição oito dias após a cirurgia. Depois de 52 dias, porém, o paciente faleceu. A autópsia indicou uma doença arterial coronariana grave, sem sinais de rejeição do novo órgão. E em julho morreu a segunda pessoa a receber um rim de porco geneticamente modificado, Lisa Pisano, de 54 anos, por causa de insuficiência renal e cardíaca, após 49 dias com o novo órgão, transplantado em um hospital da Universidade de Nova York, também nos Estados Unidos (*New England Journal of Medicine*, 14 de maio). Como a técnica é promissora, a Universidade de São Paulo (USP) inaugurou em abril instalações especiais para gerar porcos geneticamente modificados para fornecer órgãos a seres humanos (ver Pesquisa FAPESP nº 339).

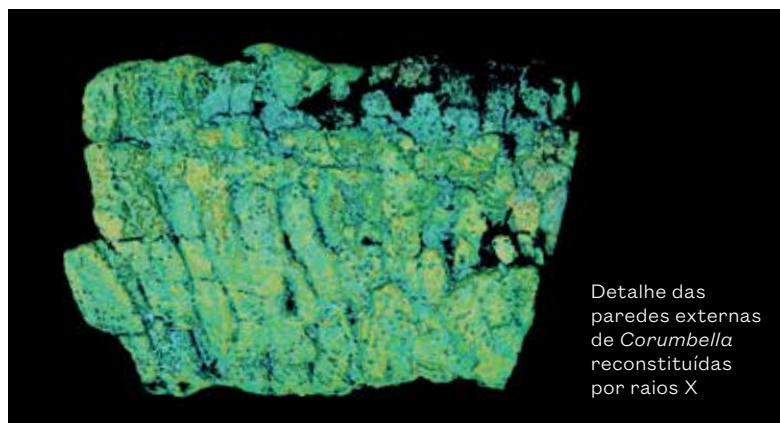


Porco geneticamente modificado criado na USP

1

Uma radiografia de um organismo muito antigo

Os primeiros animais com esqueleto, que viveram de 550 milhões a 539 milhões de anos atrás na região onde hoje está a cidade de Corumbá, em Mato Grosso do Sul, eram alongados e, diferentemente do que indicaram pesquisas anteriores, sem contornos quadrados (ver Pesquisa FAPESP nº 199). De acordo com análises por raios X realizadas no acelerador de luz síncrotron Sirius, em Campinas, os esqueletos de fósseis de *Corumbella werneri* preservados na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) eram formados por tubos cônico-cilíndricos e paredes com uma única camada de elementos em forma de anel. Semelhantes a alguns grupos de animais dessa época, como *Costatubus*, *Hyolithellus* e *Byronia*, também tubulares, *Corumbella* tinha até 10 centímetros (cm) de comprimento, o dobro dos organismos do mesmo gênero desenterrados depois no norte do Paraguai. Também não era cnidário, o grupo das águas-vivas e dos corais, como se pensava, e não foram encontrados descendentes (*Royal Society Open Science*, 21 de maio).



Detalhe das paredes externas de *Corumbella* reconstituídas por raios X

2

Vahan Agopyan recebe título de professor emérito da USP

Secretário estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação desde 2023, o engenheiro civil Vahan Agopyan recebeu no dia 30 de junho o título de professor emérito da Universidade de São Paulo (USP), concedido a docentes aposentados que se distinguiram por atividades didáticas e de pesquisa ou que tenham contribuído, de modo notável, para o progresso da universidade. Desde sua fundação em 1934, a USP concedeu 20 títulos dessa natureza. Nascido em 1951 em Istambul, na Turquia, Agopyan se formou e fez o mestrado na Escola Politécnica da USP, com doutorado pela University of London King's College. Foi diretor da Politécnica, coordenador de Ciência e Tecnologia da Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo, pró-reitor de Pós-graduação, vice-reitor e, de 2018 a 2022, reitor da USP. Integrou o Conselho Superior da FAPESP de 2000 a 2012.

FOTOS 1 LÉO RAMOS CHAVES/PESQUISA FAPESP 2 BECKER-KERBER, B. ET AL. ROYAL SOCIETY OPEN SCIENCE, 2025 3 HALFPPOINT IMAGES/GETTY IMAGES 4 MATHEUS FERNANDES/UFRJ

Os efeitos do *cyberbullying*

Qualquer forma de *cyberbullying* – ataques por meios digitais – pode causar traumas. É a conclusão de uma análise da Universidade Atlântica da Flórida e Universidade de Wisconsin-Eau Claire, nos Estados Unidos, a partir de enquetes feitas com 2.697 jovens com idades entre 13 e 17 anos, 66% deles brancos, que elencou 18 tipos de *cyberbullying* e detectou sintomas da síndrome do estresse pós-traumático. Agressões consideradas mais inofensivas, como a exclusão (ser deixado de fora de um grupo, por exemplo), podem ser sentidas pelos adolescentes como tão traumáticas quanto algo que ameace a integridade física. Eles relataram que ser alvo de fofocas ou comentários cruéis deixa tantas marcas quanto ataques pessoais baseados em sua identidade. Quase nove a cada 10 participantes do estudo (87%) relataram ter vivido ao menos uma das formas de ataques. As meninas e os mais jovens são mais vulneráveis, mas, quando se leva em conta a frequência, todos os adolescentes correm riscos equivalentes (*BMC Public Health*, 8 de maio).



Meninos e meninas são igualmente vulneráveis

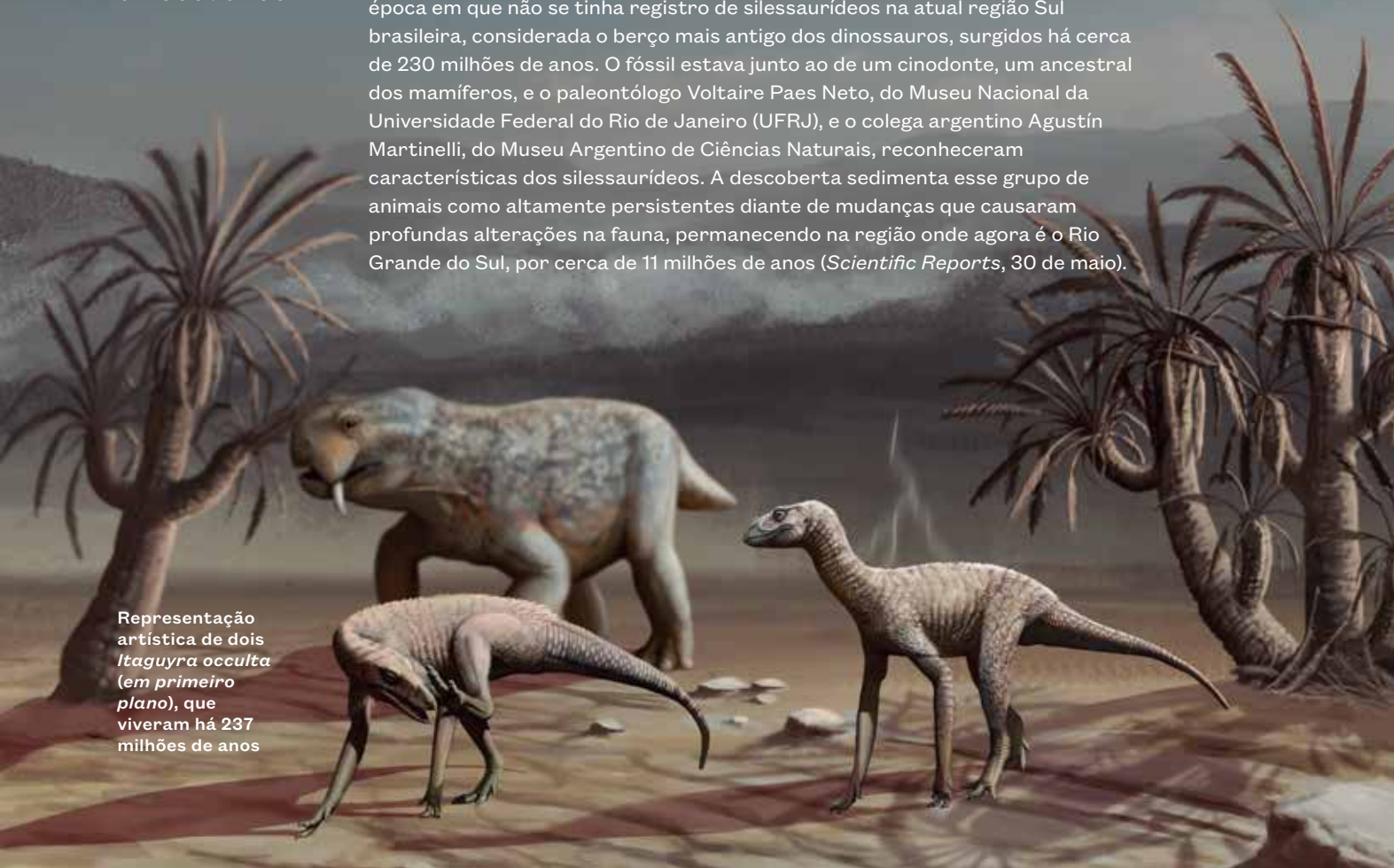
3

4

O berço gaúcho dos dinossauros

Entre os fósseis guardados por décadas na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) estava *Itaguyra occulta*, que parece ser uma nova espécie de silessaurídeo. Esse grupo por muito tempo foi considerado precursor dos dinossauros, mas é cada vez mais visto como o mais antigo de uma das linhagens de dinossauros, os ornitísquios (ver Pesquisa FAPESP nº 279). A novidade é esse animal ter vivido 237 milhões de anos atrás, uma época em que não se tinha registro de silessaurídeos na atual região Sul brasileira, considerada o berço mais antigo dos dinossauros, surgidos há cerca de 230 milhões de anos. O fóssil estava junto ao de um cinodonte, um ancestral dos mamíferos, e o paleontólogo Voltaire Paes Neto, do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e o colega argentino Agustín Martinelli, do Museu Argentino de Ciências Naturais, reconheceram características dos silessaurídeos. A descoberta sedimenta esse grupo de animais como altamente persistentes diante de mudanças que causaram profundas alterações na fauna, permanecendo na região onde agora é o Rio Grande do Sul, por cerca de 11 milhões de anos (*Scientific Reports*, 30 de maio).

Representação artística de dois *Itaguyra occulta* (em primeiro plano), que viveram há 237 milhões de anos



CAPA

No ritmo da floresta e do campo

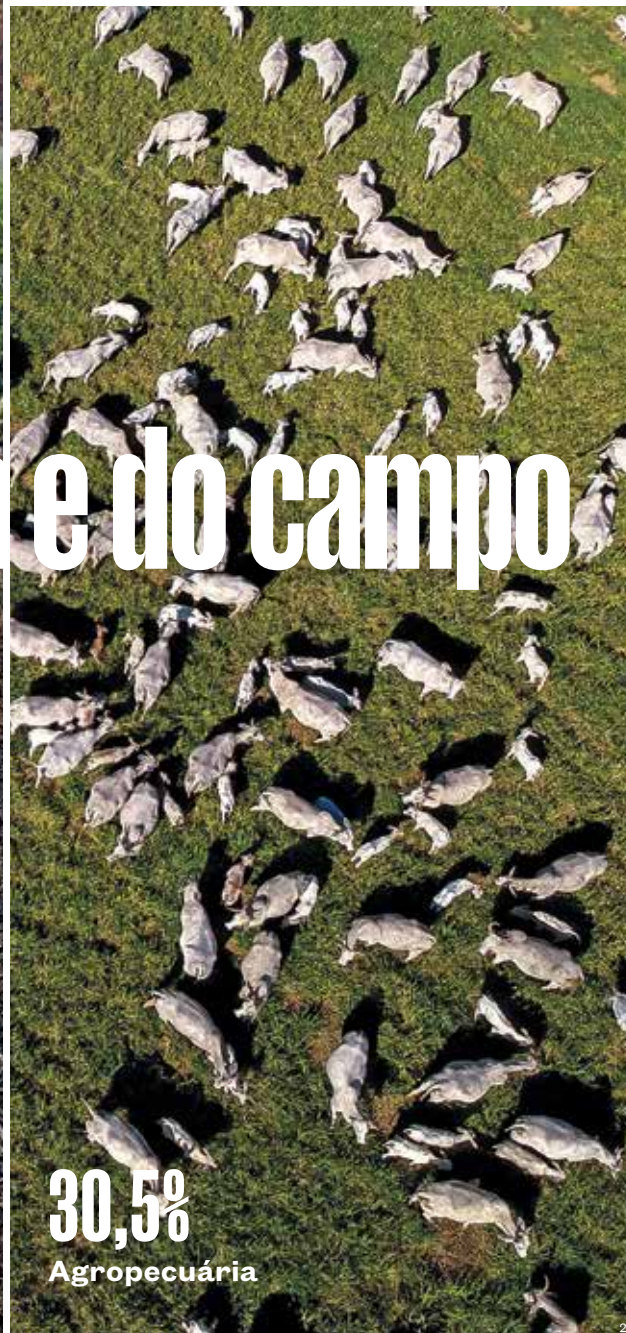
Participação do setor em relação ao total das emissões líquidas

→ **39,5%**

Uso da terra, mudança de uso da terra e florestas (LULUCF)

Principais fontes de emissão

- Floresta convertida em campo e pastagem
- Floresta convertida para agricultura
- Áreas úmidas (rios, lagos, pântanos)
- Área convertida em assentamentos humanos
- Outras terras



30,5%

Agropecuária

- Fermentação digestiva de ruminantes
- Manejo de dejetos animais
- Solos manejados (devido ao uso de fertilizantes)
- Calagem (aplicação de calcário no solo)
- Cultivo de arroz
- Aplicação de ureia
- Queima de resíduos agrícolas



20,5%

Energia

- Queima de combustíveis fósseis para gerar eletricidade e para o transporte de pessoas e mercadorias

Responsáveis por 70% das emissões nacionais de gases de efeito estufa, o desmatamento e a agropecuária determinam o tamanho da pegada de carbono do país

MARCOS PIVETTA

Para onde forem dois fenômenos do Brasil profundo, o corte de florestas nativas e o crescimento da agropecuária, as emissões nacionais de gases de estufa (GEE) também irão. O país tem um perfil bem diferente em relação às grandes economias que mais liberam na atmosfera dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e gases fluorados (como HFC, PFC, SF₆ e NF₃), que representam a quase totalidade dos GEE produzidos no planeta (*ver quadro nesta reportagem*). Esses compostos retêm calor na atmosfera, potencializam o aquecimento global e exercem o papel de combustível das mudanças climáticas.

Segundo o mais recente Inventário Nacional de Emissões e Remoções de GEE, divulgado em dezembro de 2024 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), 39,5% dos GEE

emitidos pelo Brasil são em grande parte oriundos da conversão de áreas de vegetação nativa – basicamente florestas – em campos, pastagens e terras para lavoura. Outros 30,5% advêm da agropecuária, sobretudo da criação de bovinos (quase 20% do total) e do manejo de solos (7%).

Ainda de acordo com o documento, o setor de energia, no qual são contabilizadas as emissões de combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão), responde por 20,5%. As duas grandes categorias que menos liberam gases de efeito estufa são a indústria (5% do total) e a disposição e o tratamento de resíduos sólidos e líquidos (4,5%). As porcentagens se referem a 2022, o último ano coberto pela série histórica do inventário.

Um peso tão elevado do setor de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas – resumido na sigla LULUCF, que engloba as emissões decorrentes do desmatamento – e da agropecuária dificil-

FOTOS 1 MICHAEL DANTAS/AFR/IA GETTY IMAGES 2 ALFREDO/GETTY IMAGES 3 NELSON ALMEIDA/AFR/IA GETTY IMAGES 4 LEILA MELHADO/GETTY IMAGES 5 TONY OLIVEIRA/AGÊNCIA BRASÍLIA INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO/REVISTA PESQUISA FAPESP

3

5%

Processos industriais

4

4,5%

Resíduos

5

→ Emissões fugitivas, que ocorrem no processo de obtenção de combustíveis

→ Indústria metalúrgica, com destaque para a produção de ferro e aço
→ Indústria mineral, sobretudo cimento
→ Indústria química
→ Uso de produtos que substituem substâncias que destroem a camada de ozônio

→ Disposição de resíduos sólidos
→ Tratamento e despejo de águas residuárias
→ Queima de resíduos sólidos a céu aberto

FONTE DADOS DE 2022 DO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE (2024)

mente será encontrado no balanço de carbono de nações de porte semelhante. Na Indonésia, país com a segunda maior floresta tropical do planeta e cuja economia representa quase dois terços da brasileira, a categoria energia responde por 53% das emissões (a agropecuária por quase 10% do total e o LULUCF por pouco mais de 22%). Entre os países que mais liberam GEE, a área de energia é responsável por aproximadamente 75% das emissões, quase quatro vezes mais do que o Brasil em termos proporcionais.

“A taxa de desmatamento na Amazônia tem grande influência no perfil e no tamanho das emissões do Brasil”, diz o economista Régis Rathmann, supervisor do inventário nacional. O desflorestamento modula o viés de alta (ou de baixa) das emissões nacionais. “Como nossa matriz energética é limpa, devido ao uso de biocombustíveis nos automóveis e de hidrelétricas e outras fontes renováveis para gerar eletricidade, o peso das emissões do setor de energia é proporcionalmente menor aqui do que em outros países.”

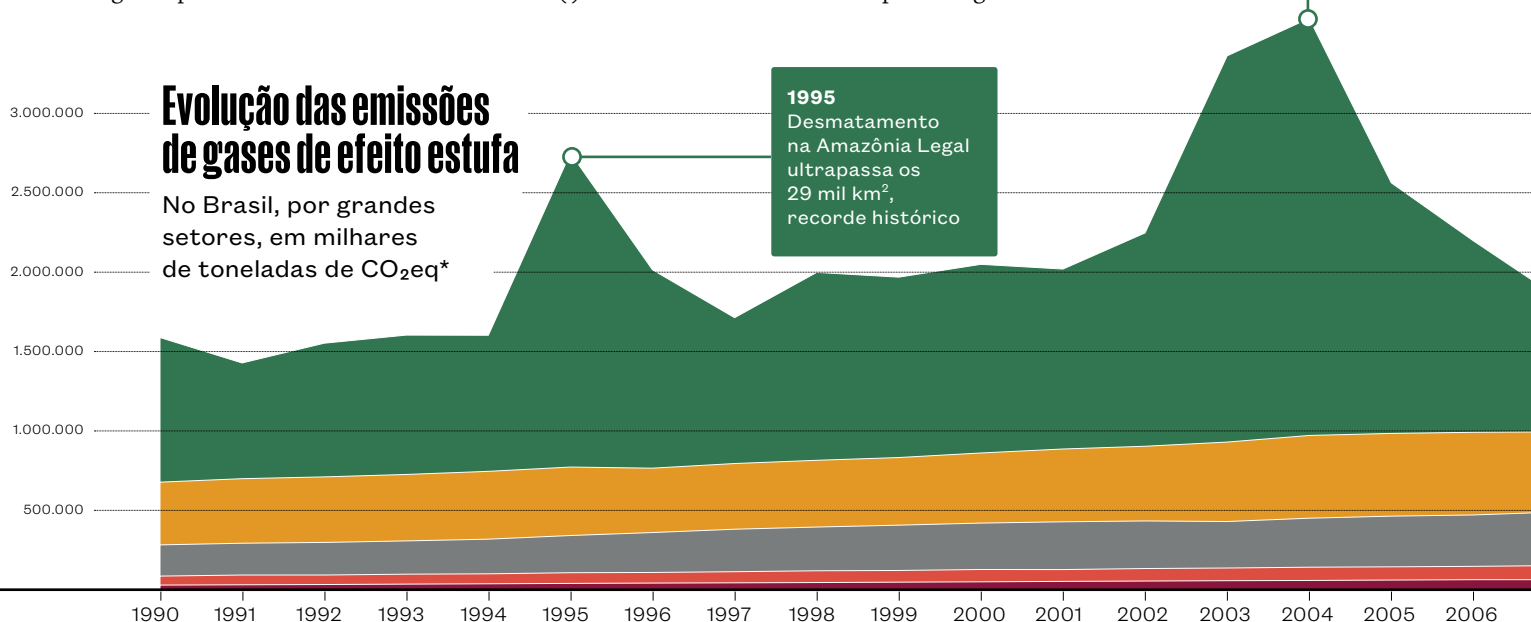
O peso do Brasil nas emissões globais varia em função do ano e da metodologia de análise. O país quase sempre aparece na sexta posição entre os maiores geradores de GEE, flutuando, às vezes, para a quinta ou a sétima colocação. Sua contribuição representa entre 2% e 3% do total de gases de efeito estufa contabilizados em um período. Segundo o Emissions Gap Report, divulgado no ano passado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), o Brasil foi o sexto maior emissor de GEE em 2023, atrás de China (30% do total), Estados Unidos (11%), Índia (8%), União Europeia (6%) e Rússia (5%).

As emissões líquidas de GEE no Brasil em 2022 atingiram pouco mais de 2 bilhões de toneladas (t)

de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), uma leve queda em relação ao ano anterior. Elas representam o total de GEE gerado por todos os setores da economia nacional (emissões brutas) menos a remoção de CO₂ atmosférico atribuída à fixação de carbono, por exemplo, via fotossíntese, na biomassa da vegetação preservada em unidades de conservação e terras indígenas.

Para possibilitar a obtenção de um único valor que expresse a soma de todas as emissões dos principais gases de efeito estufa, os inventários nacionais adotam como unidade de medida o CO₂eq. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) preconiza o emprego preferencial do índice GWP-100 para calcular a equivalência entre os gases. Com o uso do GWP-100, a quantidade emitida de metano, óxido nitroso e gases fluorados é transformada em seu equivalente de dióxido de carbono.

“A conversão é feita de acordo com a vida média e o potencial que cada gás tem de aquecer a atmosfera por um período de 100 anos em relação ao CO₂”, explica o engenheiro químico David Tsai, da organização não governamental Instituto de Energia e Meio Ambiente (Iema). Ele coordena o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (Seeg), projeto da rede de organizações não governamentais Observatório do Clima (OC). O Seeg é uma iniciativa da sociedade civil que calcula o balanço de carbono do país, seguindo uma metodologia similar à adotada pelo inventário nacional. O total das emissões líquidas do Brasil obtido pelo inventário nacional e pelo Seeg costuma ser



FONTES DADOS DE 1990 A 2022 FORNECIDOS PELO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE (2024) / NÚMEROS DE 2023 PROVENIENTES DO SEEG

bem parecido e refletir as mesmas tendências de subida ou queda na produção de GEE.

Para 2022, o Seeg chegou a um total de emissões líquidas de quase 2 bilhões de t de CO₂eq, ligeiramente abaixo do calculado pelo inventário nacional. Os dados mais recentes do sistema montado pelo OC são de 2023, quando as emissões líquidas atingiram 1,65 bilhão de t de CO₂eq, queda de 15% em relação a 2022. O inventário nacional ainda não divulgou o valor das emissões de 2023. “Calculamos as emissões a partir de dados consolidados, o que demanda tempo para as instituições provedoras os fornecerem. Além disso, atendemos ao compromisso internacional de relatar as emissões com um intervalo de até dois anos entre o ano de submissão e o último ano inventariado. É o mesmo padrão adotado pelos países desenvolvidos”, conta Rathmann. “Assim, temos dados oficiais mais consolidados dos setores que entram no inventário.” O Seeg tem um pouco mais de liberdade e, quando não estão disponíveis informações consolidadas sobre a economia nacional, pode recorrer a fontes alternativas ou, em casos extremos, até a estimativas.

A RECEITA DO IPCC

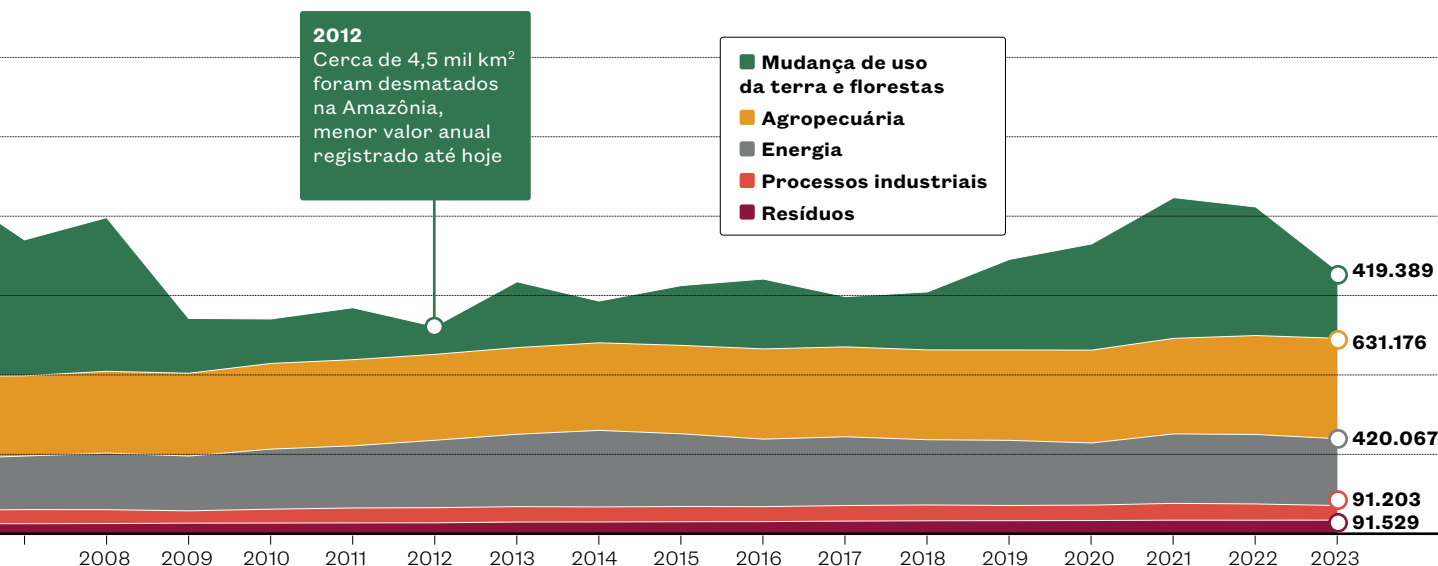
Em 2006, o IPCC lançou as bases metodológicas usadas pela maioria dos países e de projetos como o Seeg para elaborar um inventário das emissões de GEE. “Essa metodologia passa por atualizações periódicas conforme a ciência avança e a forma de calcular as emissões de cada atividade econômica ou processo se refina”, comenta o engenheiro-agrônomo Carlos Eduardo Cerri, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), coordenador do Centro de Estudos de Carbono em

Agricultura Tropical (CCarbon-USP), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Ce-pid) apoiados pela FAPESP. “É importante que os países adotem os mesmos critérios para que faça sentido comparar seus níveis de emissão.”

O primeiro passo dos inventários é calcular as emissões em cinco setores: energia; processos industriais e uso de produtos; agropecuária; resíduos; e LULUCF. Os quatro primeiros só liberam GEE. O LULUCF é o único que, além de emitir, pode reportar nos relatórios a remoção de CO₂ do ar por meio da fotossíntese, que fixa carbono na biomassa das plantas e até no solo.

Em seguida, é calculado quanto cada processo ou atividade abarcado pelos setores gera de GEE. No cálculo, dois tipos de informação são imprescindíveis: os chamados dados de atividade, que são multiplicados por fatores de emissão. Os dados de atividade dão a dimensão e as características principais de um segmento econômico. No setor de processos industriais e uso de produtos, um exemplo seria a quantidade de toneladas produzidas anualmente de cimento ou ferro. Os fatores de emissão são valores consagrados na literatura científica que estimam quanto cada atividade libera de GEE. São divididos em três níveis ou, para usar a terminologia dos especialistas, *tiers*.

O primeiro nível, proposto pelo IPCC, é o mais genérico e menos preciso. É um fator de emissão que vale para certa atividade, independentemente das condições e do país em que ela ocorra. O segundo vale para uma nação ou partes dela. O *tier* 3 é mais específico e tem o potencial de refletir as emissões de um lugar ou fábrica determinada.



*VALOR DAS EMISSÕES LÍQUIDAS, JÁ DESCONTADAS AS REMOÇÕES DO SETOR DE LULUCF

“O Brasil emprega hoje fatores dos *tiers* 2 e 3 para estimar 95% de suas emissões totais, como os países mais desenvolvidos”, diz Rathmann.

Um caso que ilustra bem essa particularidade é o cálculo da produção de metano pela fermentação entérica (o processo digestivo) de ruminantes, essencialmente do rebanho bovino nacional, que ultrapassa 200 milhões de cabeças e emite quase um quinto de todos os GEE gerados pelo país. Atualmente, há fatores de emissão específicos para diferentes tipos de bovinos criados em cada estado brasileiro. O documento do Seeg considera, por exemplo, que um bovino macho, com mais de 2 anos, mantido de forma não confinada, emite anualmente 72 quilos (kg) de metano se for criado em Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás e 63 kg se estiver em Alagoas ou outros estados.

Essas diferenças impactam o resultado de um inventário. “Precisamos produzir mais ciência para propor fatores de emissão cada vez mais específicos”, diz o engenheiro ambiental Gabriel Quintana, da organização não governamental Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora), que coordena os trabalhos do Seeg no setor agropecuário. Para serem aceitos internacionalmente, os fatores de impacto do *tiers* 2 e 3 precisam ser documentados de forma transparente, ser consistentes com as diretrizes do IPCC e ter base científica ou empírica robusta.

Entre 1990 e 2022, a produção anual de metano por cabeça de bovinos de corte caiu cerca de 8% no país, segundo o inventário nacional. Mas, como a taxa de crescimento do rebanho foi maior do que o ganho de produtividade, as emissões totais geradas pela fermentação entérica continuam em alta. “Melhorar a qualidade do pasto

diminui a produção de metano pelos bovinos”, pondera Cerri. “Temos ainda muito espaço para avançar nessa área.”

O PESO DO DESMATAMENTO

O cálculo das emissões referentes a uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas é diferente do que é feito nos demais setores. A liberação de GEE ocorre quando uma categoria de uso da terra que estoca mais carbono, como as florestas nativas, é convertida em outra que retém menos, como campos, pastagens e áreas agrícolas. Em outras palavras, a emissão deriva do desmatamento. Essa é a “atividade econômica” registrada pelo setor de LULUCF. A emissão calculada é a diferença entre a quantidade de carbono que estava armazenada no trecho de mata nativa e a que passou a ser estocada no novo fim dado àquela mesma área, após a derrubada da vegetação original.

Esses valores são muito diferentes, especialmente quando envolvem o bioma Amazônia, cuja floresta estoca mais carbono na biomassa das plantas do que a vegetação dos outros ecossistemas. Tanto o Seeg quanto o inventário nacional trabalham com fatores de emissão específicos (do *tier* 2) para diferentes fisionomias vegetais da Amazônia. Há 44 fisionomias vegetais no bioma, que engloba metade do território nacional. A mais comum pertence ao grupo das florestas ombrófilas densas, que cobrem cerca de metade da Amazônia.

A quantidade de carbono armazenada em 1 hectare desse tipo de mata varia entre 130 t e 201 t. “Um hectare de pasto estoca em média cerca de 10 t, 1 de soja, 6 t”, afirma a ecóloga Bárbara Zimbres, do Instituto de Pesquisas Ambientais da Amazônia (Ipam), que coordena o monito-



Carbono fixado pela vegetação das terras indígenas protegidas conta nos inventários como remoção de CO₂ atmosférico

ramento do setor de LULUCF no Seeg. Em um cálculo conservador, se de um ano para outro um hectare de floresta com 130 t de carbono armazenado for desmatado e virar pasto, haverá uma emissão de 120 t de GEE. O inventário nacional utiliza o mapeamento do uso e da cobertura da terra obtido a partir de imagens de satélite do território nacional, além de outros dados, enquanto o Seeg emprega os mapas do projeto MapBiomass, outra iniciativa que nasceu no Observatório do Clima, mas hoje envolve instituições de pesquisa, organizações não governamentais e empresas de tecnologia e geoprocessamento.

A categoria LULUCF é a única que também contabiliza eventuais remoções de carbono da atmosfera, enquanto os demais setores apenas contribuem com o lado – majoritário – das emissões nos inventários. Essa particularidade faz com que o valor das emissões líquidas (descontadas as remoções) do setor possa ser menor se houver a adoção de práticas que promovam a absorção de CO₂ da atmosfera ou que evitem seu retorno para o ar.

Dois mecanismos de remoção de carbono são aceitos pelo IPCC e contabilizados nos inventários. O mais importante está ligado ao crescimento das plantas. Na fotossíntese, elas absorvem CO₂ e fixam o carbono retirado da atmosfera em seu tronco, galhos, folhas, raízes e solo. Esse mecanismo ocorre onde há vegetação em desenvolvimento.

Mas, nos inventários, apenas se contabiliza como remoção de carbono o crescimento da vegetação em áreas protegidas (unidades de conservação e terras indígenas) e de florestas secundárias. Estas representam as formações vegetais que crescem espontaneamente em antigos trechos de floresta nativa que foram desmatados e abandonados. “Como há um esforço para manter a vegetação nas unidades de proteção, o carbono estocado nas plantas dessas áreas pode ser contabilizado como remoção no inventário”, explica Zimbres.

Uma segunda situação pode ser debitada na conta das remoções. É o emprego de madeira oriunda de áreas de reflorestamento, como plantações de eucalipto, para fabricar móveis ou outros artefatos. Como essa madeira não foi queimada nem vai ser deixada para apodrecer ao ar livre, seu estoque de carbono não volta para a atmosfera. Fica imobilizado no produto por um longo tempo, enquanto a área de reflorestamento volta a crescer e a sequestrar mais carbono do ar, criando um círculo virtuoso. Em 2022, o inventário calculou que as remoções em áreas protegidas e em segmentos de reflorestamento manejado reduziram, respectivamente, em 15,3% e 2,8% o

A contabilidade das emissões

O dióxido de carbono representa três quartos dos gases de efeito estufa produzidos no planeta

Principais fontes de produção

Participação no total das emissões

■ Dióxido de carbono (CO₂)

Queima de combustíveis fósseis por veículos automotivos, indústria de transformação e construção civil; conversões de uso e cobertura da terra; produção de ferro e aço

62,1%

75,3%

■ Metano (CH₄)

Fermentação durante a digestão de ruminantes, sobretudo bovinos; manejo de dejetos de animais; disposição de resíduos sólidos

28,9%

■ Óxido Nitroso (N₂O)

Uso de fertilizantes e adubos; tratamento de efluentes; manejo de dejetos animais e queima de biomassa

17,2%

■ Gases fluorados (HFC, PFC, SF₆)

Uso de ar-condicionado e atividades de refrigeração; vazamentos em equipamentos elétricos de alta tensão (apenas SF₆)

8,5%

4,5%

0,5%

Brasil

Mundo

Potencial de aquecimento da atmosfera global em 100 anos em relação ao CO₂ (GWP)

| | Tempo de duração na atmosfera (em anos) | |
|------------------|---|-------------------------------|
| CO ₂ | Centenas a milhares | 1 (valor de referência) |
| CH ₄ | 12 em média | 27 a 29,8 vezes mais |
| N ₂ O | 109 | 273 vezes mais |
| Gases fluorados | 5 a 50 mil (depende do gás) | 135 a 24.300 (depende do gás) |

FONTES: INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE (2024) / EMISSIONS GAP REPORT 2024 / IPCC AR6

valor final das emissões totais de GEE do Brasil. Esses dados mostram a importância ambiental da proteção de grandes áreas do território nacional.

Por mais bem-feitos que sejam, os inventários não estão isentos de imperfeições, embora sejam melhorados a cada edição. Há lacunas e imprecisões, tanto no campo das emissões como no das remoções de GEE. A margem de erro dos cálculos do inventário nacional é de cerca de 20%. A do Seeg é similar. A metodologia preconizada pelo IPCC sofre aprimoramentos periódicos, que aperfeiçoam as formas de calcular a produção de gases de efeito estufa em diferentes setores da economia.

No cenário brasileiro, uma inconsistência é a não inclusão no inventário nacional das emissões produzidas por queimadas não associadas ao desmatamento. Os incêndios diretamente ligados aos desflorestamentos entram nos cálculos oficiais. Mas as queimadas de grandes proporções, propositais ou não, em campos, pastagens ou setores de floresta ainda enfrentam desafios para serem adequadamente capturadas e incluídas nas estimativas do inventário. “Com as secas recorrentes na Amazônia e em outras regiões do país e as temperaturas mais quentes, esses incêndios têm se tornado mais intensos, frequentes e relevantes no que diz respeito às emissões de carbono”, pondera o engenheiro-agrônomo Jean Ometto, do Inpe, um dos coordenadores do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG). “Incêndios recorrentes tendem a degradar setores da floresta, o que afeta sua capacidade de sequestrar carbono da atmosfera.”

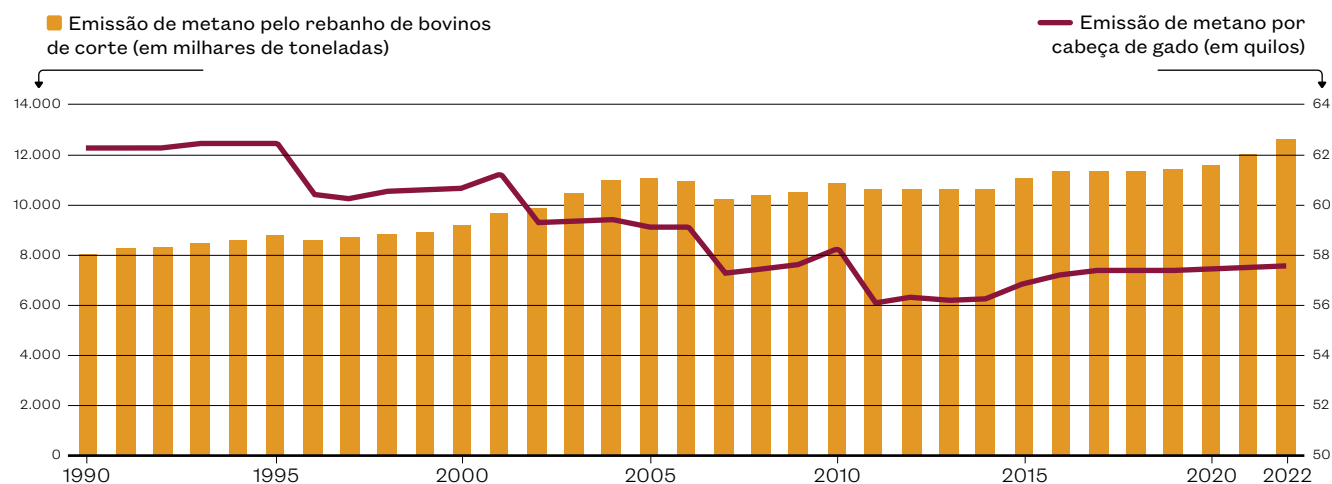
Em seu relatório anual, o Seeg reporta a liberação de GEE dos incêndios não relacionados ao desmatamento. Mas não contabiliza essa forma de produção de gases de efeito estufa com as demais. Ela é mencionada à parte, como emissões não contabilizadas no inventário. Em 2023, atingiram a soma de 100 milhões de t de CO₂eq.

Os quase 200 países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) e do Acordo de Paris – tratado internacional firmado em 2015 que tenta limitar as emissões de GEE e, por tabela, restringir o aquecimento global a no máximo 2 graus Celsius – têm de reportar periodicamente seu total de emissões. Além de servir de subsídio para a formulação de políticas nacionais, os inventários funcionam como base para que os países estabeleçam suas próprias metas de redução de emissões futuras, a chamada NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada), no âmbito do Acordo de Paris.

Divulgada no ano passado, a nova meta do Brasil prevê que, em 2035, as emissões líquidas de GEE (que levam em conta as remoções feitas pela manutenção de vegetação) representem entre 59% e 67% da produção de GEE em 2005. Esse corte levaria o Brasil a emitir anualmente entre 850 milhões e 1,05 bilhão de t de CO₂eq. Desde o fim de 2024, os países signatários do Acordo de Paris são obrigados a produzir inventários oficiais a cada dois anos e a adotar a mesma metodologia para fazer seus relatórios. “Isso vai facilitar a comparação das emissões dos países, especialmente entre aqueles que usavam metodologias mais antigas”, comenta Rathmann. Está cada vez mais difícil esconder a pegada de carbono. ●

A pegada de carbono da boiada

Processo digestivo dos animais libera quase 20% dos gases de efeito estufa do Brasil



FONTE: INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE (2024)

Tempo fechado nos EUA

Cortes na ciência norte-americana afetam a pesquisa climática internacional, embora peso da produção do país já tenha sido maior

RENATA FONTANETTO

Em 100 horas de transmissão ao vivo pelo YouTube, mais de uma centena de meteorologistas e cientistas do clima que trabalham nos Estados Unidos se juntaram para mostrar a importância de suas pesquisas. O evento, que ganhou o nome de Live do Tempo e do Clima, ocorreu entre 28 de maio e 1º de junho. “Sejam as temperaturas de amanhã ou o nível do mar daqui a 50 anos, os americanos precisam planejar o seu futuro”, disseram os organizadores da manifestação digital, em seu site oficial.

A iniciativa foi uma resposta a cortes, demissões e outras ações adotadas pelo governo de Donald Trump contra a pesquisa climática. Em janeiro de 2025, assim como fizera em seu mandato anterior (2017-2021), Trump iniciou o processo de retirada formal dos Estados Unidos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) da Organização das Nações Unidas (ONU). A proposta de orçamento para 2026 prevê reduzir a verba da National Science Foundation (NSF), a principal agência de fomento à pesquisa

FOTO: MATTHEW WINGATE/NOAA CORPS

Boia de captação de dados no oceano Pacífico do Global Tropical Moored Buoy Array, projeto da Noaa que sofreu redução de verba



nos Estados Unidos, de US\$ 9 bilhões para US\$ 3,9 bilhões e a da agência espacial (Nasa) de US\$ 25 bilhões para US\$ 19 bilhões. Os cortes, que afetam também as despesas de universidades e de outras agências de fomento, impactam várias áreas da ciência. A pesquisa climática é uma das mais atingidas, com repercussões não somente entre os cidadãos norte-americanos.

De acordo com um trabalho de pesquisadores da Universidade Goethe de Frankfurt, da Alemanha, publicado em outubro de 2020 na revista *Environmental Sciences Europe*, os Estados Unidos são o país que, nas últimas três décadas, mais contribuiu com artigos científicos sobre mudanças climáticas. Em seguida, apareceram Reino Unido, China, Austrália e Alemanha. Das 15 instituições mundiais que mais publicaram trabalhos nas ciências do clima, sete eram dos Estados Unidos. No entanto, a proporção de *papers* norte-americanos na área climática, embora ainda grande, reduziu-se de quase 60% do total entre 1989 e 1994 para pouco mais de 30% entre 2015 e 2019.

Mesmo com a queda relativa na produção acadêmica, a dependência de instrumentos de observação da Terra bancados pelos Estados Unidos continua significativa. Os dados climáticos gerados pelo país ainda são utilizados por cientistas do mundo todo. As maiores preocupações com os cortes dizem respeito a uma possível descontinuidade de acesso às informações produzidas pela rede de satélites da Nasa e da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (Noaa). Essa última, que perdeu neste ano cerca de 8% de seus funcionários (houve 1.300 demissões), tem um papel crucial no monitoramento dos oceanos. A Nasa é responsável pela operação de mais de 20 satélites desse tipo e a Noaa por 18.

Há ainda os balões meteorológicos de alta altitude, que carregam equipamentos para medir

a velocidade do vento, a pressão atmosférica, a temperatura e a umidade, além de estações meteorológicas de superfície. Essa infraestrutura observacional fornece dados que são usados para alimentar modelos matemáticos de previsão do tempo, com foco em poucos dias, e os de clima, voltados para anos ou décadas à frente.

“Observamos uma redução de 10% nos dados provenientes de balões meteorológicos sobre os Estados Unidos, resultante de decisões recentes dos norte-americanos”, afirma a meteorologista francesa Florence Rabier, diretora-geral do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), referência na área de previsão do tempo. Segundo Rabier, que conversou com *Pesquisa FAPESP* por meio de respostas repassadas pela assessoria de imprensa do ECMWF, para fazer esse tipo de prognóstico para um único lugar do planeta, é necessário capturar informações do mundo inteiro. “Os balões são a espinha dorsal do sistema global de observação, fornecendo informações de alta precisão para iniciar previsões meteorológicas”, complementa a diretora do centro europeu. Graças ao uso de satélites de diferentes países, o sistema de previsão do tempo do ECMWF é relativamente resiliente em relação à escassez de dados vindos dos Estados Unidos.

Para o pesquisador Luiz de Aragão, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), um componente da rede de monitoramento da Nasa crucial para a pesquisa climática é o programa Landsat, coordenado pela agência espacial norte-americana ao lado do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). É o programa mais antigo de imagens da superfície terrestre. Foi concebido em 1966 e seus registros começaram em 1972. A série histórica tem valor inestimável: “É muito importante o entendimento de longo prazo dos processos de transformação da superfície para gerar modelos de previsão do clima com exatidão. Esses dados não podem deixar de ser colhidos, para mantermos a série histórica, e disponibilizados”, diz Aragão.

A oferta pública e o armazenamento das imagens são realizados pela USGS. Até o momento, nenhuma interrupção foi constatada. No entanto, a missão Landsat Next, encarregada de lançar uma nova família de satélites a partir de 2031, não consta mais no site da Nasa desde 9 de junho. A proposta de orçamento detalhado para a Nasa, disponibilizada on-line, que ainda precisa ser aprovada pelo Congresso norte-americano, reduz a verba destinada para a Landsat Next. Em 2024, a missão recebeu US\$ 56,2 milhões. Para 2026, não há previsão de recursos. Em vez disso, o documento informa que os fundos necessários para o Landsat foram alocados no setor de Imagem da Terra Sustentável, em que se vê um montante de

Pesquisadores da área de meteorologia e clima dos Estados Unidos participam de 100 horas de transmissão ao vivo no YouTube no fim de maio para protestar contra cortes de verba





2

US\$ 70 milhões previstos para o próximo ano. Não há informações, contudo, sobre quais outros programas foram encaixados na mesma rubrica e como será a remodelação da missão. Outros projetos de observação da Terra ligados ao clima também não têm recursos para 2026 no documento. Em relação ao ano fiscal de 2024, o corte nessa área dentro da Nasa ultrapassa US\$ 270 milhões.

Para o físico Alexandre Costa, da Universidade Estadual do Ceará (Uece), se o desmonte ocorresse há 20 ou 30 anos, as consequências seriam piores. “Não somos mais tão dependentes dos Estados Unidos na geração de dados”, comenta o especialista em ciências atmosféricas. “Na área de monitoramento de satélites e de modelagem climática, a comunidade europeia, o Japão e a China são fortes concorrentes. Mas é preciso que se diga que ainda são as agências dos Estados Unidos as principais fornecedoras das bases de dados.”

Recentemente, a Noaa teve que descontinuar uma série que informava o custo bilionário de desastres climáticos no país. Esse monitoramento ocorria desde 1980. Também foi suspensa uma plataforma com dados sobre a cobertura do gelo e da neve, principalmente no Ártico e na Antártida. “Todo mundo sabe que as mudanças climáticas são caras. Há uma tentativa de encobrir os fatos porque os dados são inconvenientes”, diz, em entrevista a *Pesquisa FAPESP*, a economista Rachel Cleetus, da União dos Cientistas Preocupados (UCS), organização não governamental que trabalha em temas como clima e energia.

Além da demissão em massa que ocorreu na Noaa, o orçamento proposto para 2026 subtrai uma área inteira de pesquisa com mais de uma dezena de programas de monitoramento dos oceanos na agência. Trata-se da divisão de Pesquisa Oceânica e Atmosférica, que contou com US\$ 638

milhões em 2024 e com US\$ 608 milhões para este ano. Um projeto que corre o risco de acabar se o orçamento for aprovado é o Global Tropical Moored Buoy Array, um conjunto de boias ancoradas em alto-mar que analisa mudanças no Pacífico, Atlântico e Índico, além da interação oceano-atmosfera.

“Todo o entendimento científico que temos sobre os padrões do El Niño e da La Niña veio dessas boias no Pacífico, dentro do programa Tao, que nasceu em 1985 para estudar o fenômeno”, comenta a oceanógrafa física Regina Rodrigues, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que fez estágio de pós-doutorado na Noaa. O projeto Pirata, braço no Atlântico do Global Tropical Moored Buoy Array que funciona há 30 anos, conta também com institutos da França e do Brasil, como o Inpe e a Marinha do Brasil, como parceiros. “Os cortes podem impactar a produção das boias, que são fabricadas pela Noaa. Isso pode levar a uma redução no número de boias ativas e gerar lacunas de dados nos locais onde elas estavam”, comenta Rodrigues.

Dentro da mesma divisão de pesquisa, o programa Argo é outro que corre riscos em 2026. Criado em 1999, é composto por 4 mil robôs que mergulham por duas semanas para medir a temperatura da água, as correntes marinhas e a salinidade nos 2 mil metros superficiais do mar. Trinta países participam da iniciativa. “Os Estados Unidos contribuem com metade dos robôs para esse sistema, que tem sido fundamental para entender para onde está indo o excesso de calor das mudanças climáticas”, afirma, em entrevista a *Pesquisa FAPESP*, o oceanógrafo norte-americano Rick Spinrad, diretor da Noaa entre 2021 e 2025. “A menos que um consórcio de nações desempenhe o mesmo papel, nós podemos perder os dados e os equipamentos.” ●

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

O Brasil não se planeja

O especialista em economia regional da UFMG relembra sua trajetória e defende modelo de desenvolvimento calcado no fortalecimento das cidades médias

FABRÍCIO MARQUES__retrato JOÃO MARCOS ROSA / NITRO

A trajetória do engenheiro Clelio Campolina Diniz, de 83 anos, é marcada por desfechos que desafiam as probabilidades. Entre 11 irmãos criados em uma pequena propriedade na zona rural de Esmeraldas, cidade a 56 quilômetros de Belo Horizonte, foi o único a chegar à universidade. Em 1964, ele conseguiu ingressar em um curso noturno de engenharia em uma faculdade particular de Belo Horizonte, depois de amargar uma reprovação na etapa final (uma entrevista) do vestibular da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – quase 50 anos depois, seria escolhido reitor da UFMG.

A destreza como datilógrafo, desenvolvida no trabalho em um escritório de contabilidade na adolescência, foi decisiva para que conquistasse uma vaga de escriturário em um concurso do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), de onde sairia uma década depois para iniciar uma carreira na academia no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da UFMG.

Na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), fez mestrado e doutorado, com período sanduíche de um ano e meio na Universidade de Oxford, no Reino Unido. Também passou períodos na London School of Economics and Political Science, no Reino Unido, na Universidade de Rutgers, nos Estados Unidos, e na Universidade de Roma, na Itália.

Especialista em economia regional, desenvolvimento econômico e economia da tecnologia e inovação, é autor de mais de 200 artigos científicos. Estudou as mazelas da industrialização de Minas Gerais e a desconcentração da atividade industrial no Brasil nas últimas décadas e defende um modelo de desenvolvimento regional que articule a cidade com o território. Aposentado da UFMG em 2014, teve uma passagem de 10 meses como ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação do governo Dilma Rousseff. Em maio, ele recebeu *Pesquisa FAPESP* em seu apartamento em Belo Horizonte para a entrevista a seguir.



**ESPECIALIDADE**

Economia regional,
desenvolvimento econômico
e economia da
tecnologia e inovação

INSTITUIÇÃO

Universidade Federal
de Minas Gerais (UFMG)

FORMAÇÃO

Graduação em engenharia
de operações e em
engenharia mecânica no
Ipuç-MG, especialização em
desenvolvimento e planejamento
no Instituto Latinoamericano
y del Caribe de Planificación
Económica y Social, no Chile,
mestrado e doutorado
em economia na Unicamp

O senhor vem de uma família pobre do meio rural. Que obstáculos enfrentou para se educar?

O meu avô tinha uma pequena fazenda, que dividiu entre 10 filhos. Meu pai herdou um pequeno pedaço de terra e nós vivíamos na subsistência. Sou o mais novo de 11 irmãos. Na época, as crianças só eram matriculadas na escola quando completavam 7 anos. Mas eu era muito franzino, e era preciso caminhar mais ou menos 3,5 quilômetros para ir até a escola rural, então a minha família postergou mais um ano. Entrei na escola com 8 anos completos. Só era oferecido até o terceiro ano primário [atual ensino fundamental] na escola rural. Meus avós paternos foram trazidos para a cidade de Esmeraldas – em seguida, meu avô morreu. A minha avó convidou a mim e a um primo para morarmos com ela. Me matriculei no quarto ano primário, em 1956. Já estava com quase 14 anos. Depois, meu irmão mais velho me matriculou em um curso ginásial recém-aberto na cidade pelo novo padre. O curso tinha excelentes professores e a maioria dos alunos daquele ginásio fez curso superior. Enquanto frequentava o ginásio à noite, trabalhei em um bar, depois em um escritório de contabilidade, depois em uma pequena firma. Terminei o ginásial e, como era bom datilógrafo, vim para Belo Horizonte procurar emprego, porque queria continuar estudando.

O que conseguiu na capital?

Meu pai escreveu uma carta para um primo dele, que trabalhava na filial de uma grande firma comercial, perguntando se tinha jeito de arranjar um emprego para mim. Eles estavam precisando de funcionário. Fiz um teste e fui aprovado. Trabalhava oito horas, inclusive aos sábados até o meio-dia, e fui fazer o curso científico [atual ensino médio] à noite. Morava numa pensão. Com o salário mínimo que recebia, pagava a pensão, que incluía cama e comida, e a mensalidade do científico. Comecei a procurar emprego para trabalhar seis horas, para ter mais tempo de estudar. Fui ao antigo Banco Mineiro da Produção perguntar se tinha uma oportunidade. Me falaram: “Aqui não, mas no 22º andar do prédio tem um concurso aberto”. Era no Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais, que estava sendo criado pelo governo. Tinha 10 vagas para mais de 700

candidatos. Na classificação final fiquei em 4º lugar. Eu ia lá para saber quando seria chamado e diziam para esperar. Os dois primeiros classificados, alunos do curso de economia da UFMG bastante politizados, me disseram que estava havendo influência política nas contratações. Fui reclamar com um conselheiro do banco e aí me chamaram.

O que fazia no banco?

Entre para o Departamento de Administração, mas logo foi criado o Departamento de Estudos e Planejamento e fui para lá como datilógrafo. O chefe era o Fernando Reis [1932-1983], professor da UFMG. Logo a equipe foi ampliada com outros professores da Faculdade de Ciências Econômicas e da Escola de Engenharia da universidade. Eu trabalhava com dedicação absoluta, fazia de tudo, e cá nas graças do Fernando Reis, da equipe e da direção do banco. Terminei o curso científico em 1963, já com 21 anos, e fiz o vestibular para engenharia na UFMG. Passei nas provas escritas, mas fui eliminado na entrevista. Fiz o vestibular do Ipu [Instituto Politécnico da Universidade Católica de Minas Gerais], que havia sido criado pelo professor Mário

Werneck, ex-diretor da Escola de Engenharia da UFMG. Passei e fui fazer o curso de engenharia de operações à noite.

Por que escolheu a engenharia?

Porque, no interior de onde eu venho, só tinha três profissões que a gente reconhecia: advogado, médico e engenheiro. Direito eu não gostava. Quando eu era adolescente, meu pai recomendava assistir aos júris na cidade, dizendo que eram muito instrutivos. Daí, criei preconceito contra os advogados. Achava que defendiam os culpados e condenavam os inocentes. Médico, eu não podia, porque o curso era tempo integral e eu precisava trabalhar. A engenharia foi por exclusão. O curso tinha três anos e havia uma controvérsia: valia mesmo como um curso de engenharia com essa duração mais curta? O Ipu entrou na Justiça e conseguiu reconhecê-lo. Quando eu recebi o diploma, em 1967, o banco abriu um concurso para engenheiro. Tirei primeiro lugar e virei engenheiro do banco, inicialmente encarregado de trabalhar na reestruturação das usinas de açúcar e em atividades relacionadas com o planejamento energético e industrial, em um trabalho de toda a equipe do departamento denominado Diagnóstico da Economia Mineira.

Em 1971, o senhor fez um curso sobre planejamento e desenvolvimento no Chile, que deu um novo rumo à sua carreira. Como surgiu a oportunidade?

A partir do diagnóstico, o banco fez um convênio com o Ilpes, o Instituto Latino-americano de Planejamento Econômico e Social, vinculado à Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe [Cepal], para montar um sistema de planejamento no estado. Vieram os especialistas das Nações Unidas em indústria e fui trabalhar com um deles, o uruguaio Tulio Balso, engenheiro, grande conhecedor da indústria. Mesmo formado em engenharia de operações, continuei fazendo o curso pleno de engenharia no Ipu e, dois anos e meio depois, me formei em engenharia mecânica. A equipe do Ilpes era coordenada pelo Carlos Matus [1931-1988], que depois foi ministro do presidente chileno Salvador Allende. Eu pedi para fazer o curso de três meses de planejamento que a Cepal oferecia no

“
Havia pouca indústria em Minas Gerais comandada pelo empresariado local: ou era do Estado ou de capital estrangeiro

Brasil e o Matus falou comigo: “Campolina, não saia agora, precisamos de você, mas prometo que, quando abrir um curso de longa duração lá no Chile, eu te convido”.

Como foi o período no Chile?

Fui entrevistado no Rio de Janeiro pelo professor Antônio Barros de Castro [1938-2011], que era funcionário do Ilpes, para saber se tinha nível para fazer o curso. Passei 10 meses em Santiago. Parte da equipe do Ilpes que esteve em Minas tinha ido trabalhar no governo Allende. Mas os brasileiros continuaram, como a Maria da Conceição Tavares [1930-2024], o Antônio Barros de Castro, o Antonio Baltar [1915-2003]. O famoso [economista argentino] Raúl Prebisch [1901-1986], mentor e primeiro dirigente da Cepal, veio de Nova York e nos ofereceu um curso excepcional de 60 horas, baseado em seu livro recém-lançado *Transformación y desarrollo: La gran tarea de América Latina*. O Chile estava em efervescência em 1971. A turma era muito radical, achava que ia fazer a revolução. Eu sempre fui um reformista.

Por que interrompeu a carreira no banco quando decidiu fazer o mestrado da Unicamp?

Eu voltei do Chile e virei chefe da assessoria econômica do banco. Com a queda do Allende, o Castro me recomendou fazer o mestrado em economia que eles estavam criando na Unicamp. Eu não tinha formação de economista e era preciso passar pela seleção da Anpec [Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia]. Como eu estava em casa engessado após um grave acidente de carro, tinha disponibilidade para me preparar e fui aprovado. Aí, pedi licença para fazer o mestrado. Só que o presidente do banco, embora fosse uma pessoa excepcionalmente agradável no trato pessoal, era uma das figuras mais reacionárias que eu conheci. Ele ficou de avaliar, depois me disse: “Aquele curso de economia da Unicamp é um bando de comunistas. Só dou licença se for pra fazer um curso no FMI [Fundo Monetário Internacional]”. Eu recusei. Aí, tirei dois períodos de férias acumuladas e pedi uma licença para tratar de assuntos particulares, sem remuneração. Vivi um ano e meio em Campinas com a bolsa de mestrado.

“

Maria da Conceição Tavares dava aulas xingando. Era uma excelente professora, instigante até o limite

O que analisou em sua pesquisa de mestrado?

A dissertação deu origem ao livro *Estado e capital estrangeiro na industrialização mineira*, com o qual ganhei o Prêmio Diogo de Vasconcelos, da Coordenadoria de Cultura de Minas Gerais. Ele foi adotado em disciplinas sobre a economia de Minas Gerais e utilizado pelos órgãos de planejamento. Estudei o processo de industrialização de Minas Gerais e uma das conclusões é que tinha pouca indústria comandada pelo empresariado local: ou era do Estado ou de capital estrangeiro. O empresariado brasileiro, de modo geral, é relativamente fraco, principalmente nas regiões mais atrasadas. É mais forte em São Paulo e nos estados do Sul – no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, principalmente.

O que aconteceu quando retornou da Unicamp?

Voltei com os créditos prontos e precisava escrever a dissertação. O presidente do banco tinha mudado. Recebi um convite da UFMG para dar aulas no curso de pós-graduação no Cedeplar. Pedi autorização ao banco para acumular as duas

funções. Expliquei: vou lá duas manhãs por semana, dou as aulas cedinho e venho para o banco. O presidente disse que não tinha interesse, que dar aula atrapalhava. Pelejei com ele, mas não teve jeito. Ele me disse: “Temos duas alternativas, ou lhe prometo a próxima diretoria que vagar ou você me dá uma carta de demissão”. Apresentei minha demissão e fui embora para ganhar um terço do que eu ganhava. O banco pagava muito bem nessa época. Nos seis anos que passei como engenheiro continuei morando em uma república e ajudei meus pais e irmãos. Saí do banco no ano em que me casei. Eu digo para a minha mulher que ela namorou um cara que tinha dinheiro e casou com um pobretão.

Como foi a transição para a carreira de pesquisador?

Fui contratado como professor substituto em 1976 e só entrei no quadro permanente em 1978. Me deram algumas disciplinas para lecionar. Uma de teoria econômica no mestrado e uma de introdução à economia para duas turmas na escola de engenharia. Em seguida, uma de economia internacional e outra de economia da ciência e da tecnologia. Eu era recém-casado e até no sábado de noite tinha que preparar aula. Em 1982, a universidade me deu licença e fui de novo para Campinas fazer o doutorado. Fiz os créditos e fui para Oxford fazer um doutorado-sanduíche.

Como era a Unicamp nos dois períodos em que esteve lá?

Eu fui para lá em 1974, um ano depois de a Unicamp formar a primeira turma de graduação em economia. Maria da Conceição Tavares e Carlos Lessa [1936-2020] moravam no Rio, mas iam a Campinas praticamente toda semana. O João Manuel Cardoso de Mello e o Luiz Gonzaga Belluzzo foram as pessoas que ajudaram a estruturar a criação do curso de graduação da Unicamp. O Antônio Barros de Castro, o Wilson Cano [1937-2020] e o Ferdinando de Oliveira Figueiredo [1920-2014] moravam em Campinas. O famoso professor Fernando Novais dava aula de história econômica. A equipe era excepcional. Em seguida vieram outros: Luciano Coutinho, José Carlos Braga, Carlos Alonso. A Conceição dava aulas xingando os nomes mais feios que você

pode pensar. Era uma excelente professora, entusiasmada e instigante até o limite. Ela nos punha para trabalhar e pensar o tempo todo. Eu me lembro de fazer um seminário ainda no mestrado, no curso da Conceição. Entrei por uma porta e a Conceição por outra. Ela gritou: “Campolina, você leu o autor fulano?”. Eu respondi que não, não tinha essa referência. Ela respondeu: “Então o seminário não vai prestar, melhor cancelar”. E eu, com a minha ignorância primitiva, respondi na lata: “Primeiro a senhora ouça para depois ter opinião”. Fiz o seminário tenso, mas havia preparado bem. Quando eu terminei, ela veio, me abraçou, deu um beijo na testa e falou: “Que maravilha de aluno”. Provocava até o limite. Quando voltei para a Unicamp no doutorado, em 1982, muita gente tinha saído para trabalhar no governo de São Paulo, com a eleição do Franco Montoro.

Seu doutorado relacionou a dinâmica da produção agropecuária e mineral com o desenvolvimento regional no Brasil. Quais foram as principais conclusões?

Observei, por exemplo, que estava havendo uma desconcentração do setor agropecuário e da atividade mineral e isso tinha um efeito sobre outras atividades econômicas, como a indústria. No primeiro semestre de 1983, fui para Oxford e estruturei a tese. Quando voltei, em meados de 1984, entreguei a tese para o Wilson Cano, meu orientador. Ele queria que eu mudasse a conclusão. Eu disse não, e chegamos a um impasse. O Cano era um excelente orientador, mas não concordava com a ideia de que São Paulo perderia participação relativa na indústria, como a tese propunha. Fiz um levantamento e observei que a decisão de investimento já estava saindo de São Paulo. O Mário Possas, que era diretor do Instituto de Economia da Unicamp, nos convidou para almoçar, mas fiquei irredutível. Aí o Mário falou: “Wilson, a tese é dele, ele quer defender”. O Cano falou: “Você pode defender, mas eu não assumo responsabilidade”. A defesa foi tensa, começou às 14h e acabou às 19h30. Eu defendi minhas opiniões com garra. No final, a banca me deu cinco notas 10 e saímos todos para a casa do Wilson Cano, por ele convidados para um churrasco. No trabalho que apresentei no concurso

de professor titular na UFMG, em 1991, reafirmo esses pontos. Fiz uma parte dele nos Estados Unidos, já no pós-doutorado, analisando a questão da desindustrialização do nordeste daquele país, das mudanças tecnológicas e da expansão do Vale do Silício. Lá estão os fundamentos da perda da participação relativa de São Paulo, que depois publiquei em dois artigos, sobre a reestruturação produtiva e o impacto regional da indústria brasileira e sobre o desenvolvimento poligonal no Brasil.

Qual é a definição de desenvolvimento poligonal?

Esse trabalho ganhou ênfase porque eu mudei um referencial a fim de enxergar para onde a indústria estava indo. Em vez de tomar como referência as unidades federativas, comecei a trabalhar com as microrregiões geográficas definidas pelo IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. Eu separava a Região Metropolitana de São Paulo do restante do estado de São Paulo e do país. O desenvolvimento poligonal mostrava o seguinte: a região de São Paulo estava perdendo participação relativa, mas a desconcentração da indústria estava sendo contida dentro de um polígono, cujos vértices

“

Saí do banco no ano em que me casei. Digo que a minha mulher namorou um cara com dinheiro e casou com um pobretão

eram Belo Horizonte, Uberlândia, Londrina, Caxias do Sul, Florianópolis, voltando a Belo Horizonte. O Rio de Janeiro ficava de fora. Esse trabalho foi publicado pelo *International Journal of Urban and Regional Research* e tem quase mil citações. Tenho outro trabalho que se chama “Reestruturação produtiva e impacto regional da indústria brasileira”, que eu fiz com meu assistente na época, o Marco Crocco, e mais ou menos confirma essas tendências. Mais tarde, fiz um trabalho para o Ipea [Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada], publicado em 2005, em que mostrei que está havendo um certo alargamento desse polígono como efeito da expansão da fronteira agrícola. Goiás cresceu muito e há também algumas indústrias indo para o Centro-Oeste, mas o grosso continua dentro do polígono, incluído o interior de São Paulo.

Queria falar de sua trajetória no Cedeplar. O senhor ajudou a reestruturar o curso de economia regional. Qual foi sua contribuição?

O Cedeplar foi criado em 1967, sob a liderança do Fernando Reis e de outros professores que queriam escapar da influência dos catedráticos e vincularam o centro, a princípio, à reitoria da universidade. Depois, uma das disciplinas, demografia econômica, cresceu e virou área própria. Mas o curso de economia regional estava claudicante depois de perder a maioria dos professores criadores do Cedeplar, que ocuparam cargos nos governos federal e estadual. Eu era professor de teoria econômica, economia industrial, economia da tecnologia e da inovação, mas resolvi salvar o curso de economia regional. Convidei o Maurício Borges, meu colega no mestrado, para a regional. E uma professora que estava voltando da Inglaterra, a Maria Regina Nabuco [1942-2004], também se incorporou. Nós agarramos o curso de economia regional à unha e conseguimos salvá-lo.

Depois de ter sido vetado como aluno da UFMG, o senhor se tornou o reitor da universidade. O que destaca em sua passagem pela reitoria?

Eu fui reitor, mas antes fui diretor do Cedeplar, por dois mandatos alternados, chefe do Departamento de Economia e diretor da Faculdade de Ciências Econômicas. Pode parecer falta de modéstia,

mas nunca pleiteei os cargos, sempre fui empurrado para eles. Fui estimulado a ser candidato a reitor e tive 72% dos votos. A UFMG já era uma grande universidade e não tive muita contribuição para a sua melhoria. Mas tentei dar um padrão de internacionalização a ela. Saí da roça e morei no Chile, na Inglaterra, nos Estados Unidos e por períodos curtos na França e na Itália. Fui 10 vezes à China e cinco vezes à Coreia do Sul, fui à Rússia, Japão, Austrália. Alguns de meus colegas diziam que eu era “um capiau cosmopolita”. Sempre achei que o Brasil precisava melhorar a sua inserção internacional. Quando fui reitor, nós tínhamos um centro de estudos sobre a Índia. Criei outros quatro: africano, chinês, sul-americano e europeu. Nos últimos anos na UFMG, trabalhei muito sobre o papel da pesquisa e da tecnologia no desenvolvimento, creio que baseado na minha experiência prévia e nas observações que fiz nas 10 vezes que visitei a China. Saí da reitoria e fui direto para o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, em Brasília.

Passou menos de um ano à frente da pasta. Por quê?

Foram menos de 10 meses. Montamos um programa que se chamava Plataformas do Conhecimento, que, infelizmente, não foi implementado. A ideia das plataformas era articular a base empresarial com a pesquisa científica feita nas universidades e com os órgãos de fomento. Chegamos a desenhar várias plataformas. Um exemplo foi a da aeronáutica, articulando a Embraer, seus fornecedores, os programas de pós-graduação em engenharia aeronáutica, e órgãos como BNDES e Finep. Mas as plataformas seriam um programa para implementar ao longo de 15 anos e não houve continuidade. A presidente Dilma queria que eu continuasse, mas ficar no ministério não era o meu projeto pessoal. Eu tinha um convite para ir para a London School of Economics and Political Science, que havia postergado. Foi um pouco de irresponsabilidade minha, porque montei o programa e fui embora. Na Inglaterra, me tornei membro da Academia Britânica de Ciências Sociais e vice-presidente da Regional Science Association.

O senhor se aposentou na UFMG em 2014. O que está fazendo agora?



A economia regional abandonou as cidades. É preciso voltar a vincular o desenvolvimento urbano com o regional

Continuo pesquisando. Sou professor emérito da UFMG e, no momento, professor visitante do Programa de Pós-graduação da Universidade Federal da Bahia. Estou concluindo dois artigos. Um sobre a posição do Brasil em face da corrida científica e tecnológica mundial e outro sobre a reestruturação espacial da economia brasileira. Vou dar uma grande ênfase às regiões de influência das cidades, uma metodologia adotada em um estudo chamado Recig, do IBGE, lançado em 2018. A tradição de pensar a economia regional abandonou a cidade e é preciso voltar a vincular o desenvolvimento urbano com o regional: a cidade estrutura e comanda o território. Tenho um trabalho que publiquei na *Area Development and Policy*, editada na Academia Chinesa de Ciências, em que mostro a crise urbana que o Brasil criou com essa megametropolização. Criamos esse caos, que é a concentração de crime, de pobreza, de miséria. Você pega uma cidade como o Rio de Janeiro e só vê falar em crime. Nas grandes cidades brasileiras, o núcleo mais rico tem excelentes condições de vida. A periferia não tem educação nem renda. São Paulo hoje tem a maior concentração de pobreza

do Brasil. A pobreza rural acabou. Hoje, a população rural é menos de 15%. Tem aposentadoria rural, tem bolsa-família, benefício de prestação continuada, vale-gás. A miséria está na periferia das cidades.

Como integrar o desenvolvimento regional e o urbano?

A grande experiência contemporânea é a que os chineses estão fazendo, reestruturando o território a partir de uma rede de cidades e da oferta de acessibilidade, com trens de alta velocidade. Há alguns anos, coordenei, para o Ministério do Planejamento, via CGEE [Centro de Gestão e Estudos Estratégicos], a proposta de construção do Brasil Policêntrico, no qual as cidades estruturam e comandam o território. Não dá para pensar o desenvolvimento regional fora das cidades. A gente propunha, no lugar de inchar as metrópoles do litoral, selecionar um conjunto de cidades de porte médio para as quais se devia dar acessibilidade e implantar serviços públicos – e aí sim se poderia tentar atrair o investimento privado. Mas o Brasil não consegue se planejar. O planejamento faz falta ao país.

Não há experiências positivas no Brasil?

Brasília teve um papel central na reestruturação territorial do Brasil. Goiânia foi uma cidade que se estruturou pela proximidade com Brasília e pela expansão da fronteira agrícola e hoje está ganhando importância relativa. E não só as capitais. Barreiras, no oeste baiano, virou um centro de referência da soja. Isso também ocorre com as vizinhas Petrolina, em Pernambuco, e Juazeiro, na Bahia, em função da irrigação e da produção de frutas. São cidades que foram induzidas pela expansão do agro. No Centro-Oeste brasileiro, há um conjunto de cidades de porte médio onde não se vê miséria. Têm uma grande concentração de serviços, com comércio, colégio, banco, hotel, porque há renda. Não tem nada a ver com essas cidades do leste de Minas ou do interior do Rio de Janeiro, que estão paradas no tempo.

Continua frequentando o Cedeplar?

Quase toda semana eu vou lá. Mas eu não estou dando aula. É um processo natural ir se afastando. O que me interessa é manter a produção acadêmica. ●

POLÍTICAS AFIRMATIVAS



**Mais
lideranças
negras**

Entre 2000 e 2023, a proporção de pretos e pardos na coordenação de grupos de pesquisa do Brasil quase triplicou

SARAH SCHMIDT

A proporção de pesquisadores pretos e pardos que lideram grupos de pesquisa no Brasil praticamente triplicou entre 2000 e 2023: subiu de 8,1% para 22,6% do total, chegando a quase 15 mil dos 66 mil líderes do país. A análise foi realizada por pesquisadores dos institutos de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), com base em um recente censo do Diretório de Grupos de Pesquisa (DPG) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). “Houve um crescimento expressivo, mas ainda há uma grande sub-representação de pretos e pardos na coordenação de grupos de pesquisa em todas as regiões e áreas do conhecimento”, avalia Tullio Chiarini, economista do Ipea, um dos autores do estudo. Segundo o Censo Demográfico 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população negra – que reúne pretos e pardos – representa 55,5% do total do país.

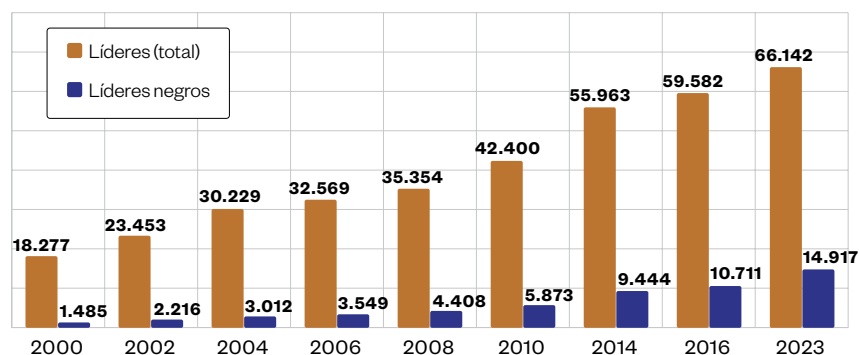
Mesmo em regiões onde negros são maioria, como o Norte (76% da população), o Nordeste (72,6%) e o Centro-Oeste (61,6%), a parcela de líderes que se autodeclararam pretos e pardos é inferior à proporção deles na sociedade (44,4%, 37,7% e 24,2%, respectivamente). No Sudeste e no Sul, regiões com menor percentual de negros (49,3% e 26,7% dos habitantes, respectivamente), apenas 15,1% e 7,8% dos coordenadores de grupos de pesquisa se identificam como pretos e pardos. A quantidade de grupos com ao menos um pesquisador negro – líder ou não – também aumentou: de 48,6% em 2000 para 89,6% em 2023 (um mesmo pesquisador pode estar em mais de um grupo). “Mas persistem barreiras estruturais que impedem a ascensão a posições de liderança”, observa Chiarini.

A física Zélia Maria da Costa Ludwig, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), conta que foi um grande desafio criar, em 2008, o Grupo de Síntese e Caracterização de Materiais Nanoestruturados, que lidera. Ela trabalha com pontos quânticos – nanocristais semicondutores com propriedades ópticas, para aplicação em sensores e células fotovoltaicas – e está entre 4,4% das mulheres negras que coordenam grupos na área de física. “Como mulher negra, levei anos para obter financiamento e montar uma infraestrutura básica de pesquisa experimental”, diz ela, que estabeleceu conexões e parcerias com outros grupos como um caminho para desenvolver suas pesquisas. “Tive uma trajetória favorecida por uma rede de apoio e acesso a oportunidades. Pude estudar, viajar, aprender inglês, mas essa não é a realidade da maioria das meninas negras”, complementa. Ela critica o baixo número de bolsas de produtividade no CNPq, segundo dados de julho 2023 compilados pelo grupo Parent in Science. “Do total de bolsistas, apenas 0,8% é de mulheres pretas e 4,8% pardas. Chegar ao topo da carreira exige muito.”

A pesquisa do Ipea não analisou as razões que elevaram a participação de pretos e pardos nos grupos de pesquisa, mas os autores trabalham com um conjunto de hipóteses. “Imaginamos que algumas políticas públicas dos últimos anos foram fundamentais”, diz Chiarini. Uma ação que parece ter contribuído foi o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), instituído em 2007, que quase duplicou o número de vagas para estudantes em instituições federais e levou à contratação de cerca de 20 mil novos professores. “Com a abertura de cargos de docência, surgiram oportunidades para a inclusão de pretos e pardos, principalmente em regiões onde eles são mais representativos

Evolução da liderança

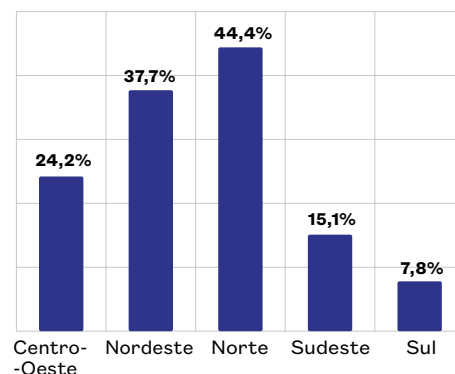
Número de homens e mulheres negros em relação ao total de líderes



FONTE: CHIARINI, T. ET AL., IPEA, 2025

Distribuição pelo país

Participação da liderança negra em relação ao total, por região, em 2023



na população”, explica o economista. Entre 2000 e 2023, o número de líderes pretos e pardos no Nordeste subiu de 22,3% para 37,7%. No Centro-Oeste, o avanço foi de 10,2% para 24,2%. No Norte, de 33% para 44,4%.

De acordo com Chiarini, a Lei de Cotas, que instituiu a reserva de vagas para pretos, pardos e indígenas nas instituições federais de ensino superior a partir de 2012, também pode ter contribuído, embora seus reflexos só devam aparecer para valer nos próximos anos, quando os beneficiados por ações afirmativas na graduação começarem a ascender na carreira científica. Para a física Débora Menezes, diretora de Análise de Resultados e Soluções Digitais do CNPq, que não participou da pesquisa, os efeitos dessas políticas públicas vêm ganhando evidência.

“Essa experiência foi bem descrita pela psiquiatra brasileira Neusa Santos Souza [1948-2008], com o conceito de ‘tornar-se negro’, que trata desse processo de consciência racial.” Menezes, no CNPq, confirma que o perfil dos dados de autodeclaração racial no Diretório de Grupos de Pesquisa sofreu uma mudança. “A quantidade de pessoas que antes marcavam ‘não declarado’ tem diminuído, enquanto a de pessoas que se identificam como pardas tem aumentado.”

Em 2000, os homens negros representavam 4,9% do total de líderes de grupos de pesquisa, as negras, 3,2%. Já em 2023, esses percentuais cresceram para 12,2% e 10,4%, respectivamente. Em ciências da vida, as áreas de enfermagem, farmácia e saúde coletiva continuam sendo os espaços com maior presença de mulheres negras

Entre 2005 e 2025, o número de pardos com bolsas de iniciação científica do CNPq passou de 14,1% para 27,5%, enquanto os bolsistas de mestrado, de 13,9% para 26,6%, e os de doutorado de 13,2% para 26%. Entre os autodeclarados pretos, no mesmo período, a participação entre bolsistas de iniciação científica do CNPq foi de 2,9% para 8,8%; de mestrado, de 2,9% para 10,7%; e de doutorado de 2,8% para 9,5%.

As políticas afirmativas também podem ter estimulado indivíduos pretos e pardos a se identificarem publicamente dessa forma. “Hoje, é mais comum que as pessoas se identifiquem como negras, mas, historicamente, a população brasileira teve dificuldades nesse reconhecimento”, observa a cientista social Carla Pereira Silva, do IFNMG, uma das autoras do estudo. Em sua avaliação, um dos efeitos das políticas de cotas é fazer com que o indivíduo reflita sobre sua identidade racial.

Zélia Ludwig está entre 4,4% das mulheres negras que lideram grupos na área de física





Débora Jeffrey é a primeira mulher negra a dirigir uma unidade de pesquisa, ensino e extensão na Unicamp

2

(com 19,8%, 12,3% e 18,4%, respectivamente). Em medicina, homens negros passaram de 2,4% para 7% no período e mulheres negras de 1,4% para 9,2%. Nas ciências duras, por sua vez, a presença de homens pretos e pardos cresceu de forma mais destacada em áreas como ciência da computação (de 4,9% para 17,3%) e engenharia nuclear (de 4,8% para 15,4%). Mulheres negras aumentaram sua presença, mas ainda não ultrapassam 12% em nenhuma área – em engenharia aeroespacial e naval, ainda não há nenhuma delas em posições de liderança. Nas humanidades, elas lideram em áreas como economia doméstica (33,3%) e serviço social (25,7%).

“O número de mulheres participantes em grupos de pesquisa cresceu em todas as regiões, mas esse crescimento refletiu-se de forma modesta nas posições de liderança”, destaca Silva. A cientista social, além de coautora do estudo, está entre o contingente de 15,7% de mulheres negras que coordenavam grupos de pesquisa no país na área de sociologia em 2023 (as brancas eram 25,7%) – ela comanda o grupo Ponto de Vista: Estudos de Sociologia do Conhecimento, do IFNMG, criado em 2019. “Sou líder porque criei o grupo. Mas, ao longo da carreira, a gente sempre lida com o racismo sistêmico.” Ela diz que, recentemente, tem notado uma valorização maior de seu olhar como pesquisadora negra. “Com a criação de políticas de diversidade em algumas instituições, mais oportunidades têm surgido.”

O físico Antonio Carlos Fontes dos Santos, um dos coordenadores do Laboratório de Colisões Atômicas e Moleculares do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), observa que os obstáculos costumam aparecer já no começo da carreira acadêmica dos pretos e pardos. “No início é preciso se manter com bolsas. Para um jovem pesquisador negro, que ge-

ralmente não vem da classe média, a realidade se impõe e, muitas vezes, ele acaba desistindo para se sustentar de outra forma”, diz.

O outro ponto central, afirma, é o preconceito. “Precisamos provar o tempo todo que somos capazes e merecemos estar ali.” Em dezembro de 2017, Santos publicou um artigo na revista *The Physics Teacher* intitulado “Você não parece um físico”, chamando a atenção para estereótipos, discriminação e preconceitos que pessoas negras enfrentam no meio acadêmico. Ele cita frases que já ouviu ao longo da carreira: “Você não parece um físico”; “Ah, então o senhor é professor universitário? Mas é substituto, não é?”; “Ok, o senhor é professor, mas faz pesquisa?”.

“O crescimento de pesquisadores negros e negras representa um avanço, mas ainda não o lugar que nós deveríamos ocupar na academia”, avalia a pedagoga Débora Cristina Jeffrey, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), diretora da Faculdade de Educação da instituição desde maio de 2024. Ela foi a primeira mulher negra a ocupar um posto de direção em uma unidade de pesquisa, ensino e extensão na história da universidade.

Jeffrey está entre os 16,3% de mulheres negras que lideravam um grupo de pesquisa na área de educação (ante 40,9% de mulheres brancas) em 2023. Desde 2014, coordena o Grupo de Estudos e Pesquisas em Política e Avaliação Educacional (Gepale). Como docente da Unicamp, diz que enfrentou resistência institucional para obter uma sala para seu grupo.

“Começamos em um espaço minúsculo. Prometeram outro, mas repassaram a outros grupos, alegando perda da nossa solicitação”, relata. Hoje, o grupo está em um novo espaço provisório e deve mudar em breve para uma sala definitiva. “Mesmo assim, nos tornamos um ponto de acolhimento para estudantes negros. Aqueles que não têm computador, por exemplo, podem usar nossa estrutura”, diz.

Neste ano, o grupo iniciou um estudo sobre políticas afirmativas nas esferas federal e estadual, financiado pelo CNPq. “Com o avanço das cotas e a maior presença de estudantes e docentes negros, queremos entender como essas políticas se concretizam nas instituições. Há gestão efetiva nas pró-reitorias de Pesquisa? Existe diálogo com as agências de fomento?”, questiona. Para ela, o avanço apontado no estudo do Ipea impõe o desafio de criar políticas de acesso ao financiamento direcionadas a pesquisadores pretos e pardos. ●


Entre marcas e patentes

Registros de propriedade intelectual mostram particularidades das atividades de inovação no Brasil

FABRÍCIO MARQUES E YURI VASCONCELOS

O mais recente ranking brasileiro de pedidos de proteção de propriedade intelectual, como patentes de invenção, marcas, softwares, desenhos industriais e modelos de utilidade, trouxe novidades em relação a edições pregressas, conforme anunciou o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). No caso dos registros de patentes de invenção de residentes, aqueles solicitados por empresas, universidades e pessoas instaladas no país, o volume do ano passado foi o maior da série histórica, superando o patamar alcançado antes da pandemia: foram 5.740 depósitos em 2024, 767 a mais do que no ano anterior. A quantidade superou os picos registrados em 2017 (5.437) e 2019 (5.451).

Houve também uma mudança no topo da lista, com a ascensão ao 1º lugar da fabricante de automóveis Stellantis, dona das marcas Fiat, Chrysler, Peugeot e Citroën. A montadora, que ampliou seus investimentos em inovação tecnológica, empurrou a Petrobras para a vice-liderança do ranking ao depositar 185 patentes no país em 2024, mais do que o triplo de 2023 (58), quando ocupou a 3ª posição. Em março, a empresa inaugurou o Tech-Mobility – Centro Stellantis de Desenvolvimento de Produto & Mobilidade Híbrida-Flex, cujo objetivo é desenvolver soluções que favoreçam a descarbonização do setor automotivo. Cerca de 400 engenheiros foram contratados para trabalhar no complexo, em Betim, Minas Gerais. No Top 10 brasileiro, aparece um inventor individual: o engenheiro metalúrgico Artur Camposo Pereira, professor da Universidade Federal de Ouro



Produção de medicamentos genéricos: presença do complexo industrial da saúde no registro de marcas

Preto (Ufop), depositou 60 patentes de invenção em 2024 relacionadas à blindagem automotiva.

Já o número de patentes de não residentes, depositadas por empresas e instituições do exterior para proteger sua propriedade intelectual em território brasileiro, sofreu uma queda. Foram 19.322 depósitos em 2024, ante 20.396 em 2023 – e bem abaixo dos 25 mil depósitos anuais registrados entre 2012 e 2015. A maioria dos depositantes não residentes tem origem nos Estados Unidos (32%). Os chineses aparecem em segundo lugar, com 14%. Na Europa, destacam-se instituições sediadas na Alemanha (8%), França (6%) e Suíça (6%). Japão (8%) e Coreia do Sul (6%) também têm números expressivos. A primeira posição da lista é da Qualcomm, fabricante norte-americana de chips para celulares, com 1.002 depósitos, pouco mais que o triplo dos 330 pedidos da segunda colocada, a chinesa Huawei, que produz equipamentos para redes e telecomunicações. A britânica Nicoventures Trading (223), fornecedora de produtos de nicotina sem tabaco, completa o pódio.

“Enquanto as patentes de residentes são um indicador da capacidade tecnológica interna do país, a de não residentes mostra o quanto o nosso mercado é considerado atraente por empresas de fora”, comenta o economista Eduardo da Motta e Albuquerque, pesquisador do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). “O número de patentes de não residentes no Brasil equivale a 10% das registradas nos Estados Unidos, o que dá uma dimensão do tamanho e da atratividade dos dois mercados.” Segundo sua análise, os dados sobre patentes de residentes permitem uma dupla interpretação. “Não houve retrocessos em relação à posição ocupada pelo país nas últimas duas décadas, o que não deixa de ser uma boa notícia. Por outro lado, não tivemos saltos na inovação brasileira em relação ao ambiente internacional que gostaríamos de ver”, afirma.

O economista enxerga com preocupação, por exemplo, a duradoura predominância da Petrobras no topo do ranking das patentes de residentes e a presença de seis universidades brasileiras entre os 10 primeiros lugares dessa lista. “Seria importante ver a emergência entre os depositantes de patentes de um número maior de empresas e de segmentos mais diversos, a fim de que a economia do país se tornasse mais inovadora”, diz. As universidades federais de Campina Grande (UFCG), da Paraíba (UFPB) e de Minas Gerais (UFMG) ocupam, respectivamente, o terceiro, o quarto e o quinto lugares na lista de patentes de residentes. A instituição de ensino superior paulista mais bem posicionada é a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), na sexta colocação. A Univer-

sidade de São Paulo (USP) aparece no 10º lugar. Albuquerque observa que, nos Estados Unidos, também é comum que universidades façam pedidos de patente. “A Universidade da Califórnia, por exemplo, registrou sozinha 540 patentes em 2024, mas não aparece nem entre as 20 líderes dos Estados Unidos porque, lá, as empresas ocupam os papéis de maior destaque na proteção da propriedade intelectual”, afirma.

Os dados sobre depósitos de patentes de invenção mostram o lado mais intensivo em tecnologia das atividades inovativas no país, mas não revelam o quadro inteiro. O INPI é responsável pelo registro de outras formas de proteção de propriedade intelectual, como marcas (nomes ou imagens que identificam um produto ou um serviço), modelos de utilidade (inovações que modificam e aumentam a eficiência de produtos já existentes) ou softwares, cujos rankings evidenciam movimentos mais vibrantes. “Se o topo da lista de patentes de residentes é composto em sua grande maioria por instituições públicas, o registro de marcas é controlado por empresas privadas que utilizam a propriedade intelectual para se diferenciar no mercado e ampliar sua competitividade”, diz Rodrigo Vieira Ventura, economista-chefe do INPI e coordenador da elaboração dos rankings.

Na lista de depósitos de marcas de residentes, o primeiro lugar é o da Wepink, empresa de comércio digital de cosméticos de Virgínia Fonseca, personalidade das mídias sociais e da TV, com um total de 281 pedidos. Na sequência aparecem a Sociedade Esportiva Palmeiras (210) e as redes de televisão Globo (205) e SBT (190).

“Além do licenciamento de produtos, o Palmeiras vem recorrendo ao registro de marcas para promover shows e eventos em sua arena em São Paulo”, explica Ventura. Albuquerque, da UFMG, observa que há sinais da pujança de diferentes segmentos da economia no ranking das marcas. “A presença da indústria de entretenimento, por meio das grandes redes de televisão, é uma delas. Mas também é possível enxergar o peso da indústria de cosméticos, com os 81 pedidos de marca do Boticário, e do complexo industrial da saúde, já que aparecem no ranking fabricantes de medicamentos genéricos como Eurofarma e Hypera.”

Também igrejas evangélicas vêm utilizando o registro de marcas para licenciar e vender produtos. A pentecostal Deus é Amor fez 84 pedidos em 2024, a batista da Lagoinha, 82. Já na lista dos não residentes aparece uma atividade econômica emergente: quatro empresas estrangeiras que exploram jogos de azar e apostas registraram pedidos de marcas em 2024. ●



Inspiração para a inovação



FOTO FRANCESCOCH/GETTY IMAGES

Baseados em modelo norte-americano, programas que oferecem recursos não reembolsáveis para pequenas empresas se consolidam como política de P&D em 20 países

SARAH SCHMIDT

Um estudo publicado por pesquisadores brasileiros na revista *Science and Public Policy* mostrou que, desde a segunda metade da década de 1990, ao menos 20 países adotaram iniciativas de apoio à inovação em pequenas empresas inspiradas no Small Business Innovation Research (Sbir), programa instituído nos Estados Unidos em 1982 para estimular o empreendedorismo de negócios intensivos em tecnologia. Até 2021, o Sbir, que é operado simultaneamente por 11 diferentes agências de fomento, já tinha destinado US\$ 64 bilhões (aproximadamente R\$ 350 bilhões) a 195 mil projetos, com investimentos recentes na casa dos US\$ 4 bilhões anuais. De acordo com o artigo, os programas congêneres desenvolvidos na China, na Alemanha e na Coreia do Sul já apoiaram, juntos, mais de 110 mil projetos em pequenas empresas. No Brasil, o programa FAPESP Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe), também baseado no Sbir, financiou cerca de 4 mil projetos de 2 mil empresas espalhadas por 166 municípios de São Paulo, desde 1997, o ano de sua criação, até 2023, segundo dados do “Relatório de atividades FAPESP” daquele ano.

Segundo o economista Marcelo Pinho, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e primeiro autor do artigo, o Sbir representou uma mudança na orientação de políticas de promoção do avanço tecnológico nos Estados Unidos, que deixaram de se concentrar exclusivamente em investimentos para pesquisa e desenvolvimento (P&D) em grandes empresas. “Houve um reconhecimento da importância das pequenas empresas, já que elas conseguem inovar com menos recursos e maior eficiência”, observa.

Para avaliar como esse modelo se difundiu em realidades diversas, os autores se debruçaram sobre a iniciativa norte-

-americana e programas inspirados por ela em sete países: Alemanha, Brasil, China, Coreia do Sul, Índia, Japão e Reino Unido. “Vimos que programas desse tipo se tornaram uma parte importante e incontornável do arsenal de políticas de promoção da inovação desses países”, disse Pinho. Entre as características do Sbir que se repetem em vários de seus congêneres mundo afora, recursos não reembolsáveis são oferecidos para empresas que realizam P&D em busca de inovações e o apoio é escalonado em três fases. Os projetos de fase 1 recebem montantes para avaliação da viabilidade da tecnologia, enquanto os de fase 2 partem para a execução da proposta e os de fase 3 a concluem, chegando, idealmente, à aplicação comercial.

Uma das constatações do estudo é que os países fizeram adaptações para ajustar os programas a demandas regionais. “As políticas de inovação não são simplesmente transplantadas de um país para outro. Mesmo que comecem assim, características locais vão sendo consideradas ao longo do tempo e os programas vão mudando”, explica o economista da UFSCar. Em alguns casos, como no da Small Business Research Initiative, do Reino Unido, há uma integração do programa com políticas de compras governamentais – o que também se vê nos Estados Unidos, com projetos do Sbir contratados por agências como a Nasa e o Departamento de Defesa, que fazem encomendas de tecnologias e produtos específicos. Uma peculiaridade da estratégia britânica é que as empresas assinam contratos em que se comprometem a desenvolver soluções para problemas tecnológicos definidos pelo governo. Outra característica singular é que empresas de maior porte do Reino Unido também podem participar do programa e já utilizaram 25% de seus recursos.

Na China, nos Estados Unidos e no Brasil, a execução dos projetos é coordenada por insti-

tuições de fomento à pesquisa, enquanto no Japão e na Coreia do Sul o encargo é de instâncias governamentais que apoiam pequenas e médias empresas. A Alemanha é um caso à parte, no qual o setor privado administra a iniciativa. O orçamento disponível é maior em grandes economias como China, Alemanha e Japão, atingindo dotações anuais da ordem de centenas de milhões de dólares. No Reino Unido, na Índia e no Brasil, os orçamentos envolvem valores mais modestos. Em países com tradição na formulação de políticas industriais, a exemplo de Japão, Coreia do Sul e Alemanha, existe uma grande variedade de instrumentos de apoio às pequenas empresas inovadoras – os programas inspirados no Sbir são uma pequena parte deles.

Na Índia, a Small Business Innovation Research Initiative foi lançado em 2005 com foco em startups de biotecnologia. Um de seus diferenciais é que a empresa beneficiada deve pagar à agência operadora, a Biotechnology Industry Research Assistance Council (Birac), vinculada ao Departamento de Biotecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia, um valor de 5% sobre as vendas líquidas do produto desenvolvido. O programa estipula também o direito ao licenciamento compulsório em casos de “projetos de importância nacional”.

Nos Estados Unidos, o pioneiro Sbir já apoiou empresas que mais tarde se tornaram gigantes da tecnologia, como a Apple, a Intel e a Qualcomm. Mas, enquanto se consolidava, o programa sofreu questionamentos e precisou de adaptações. Uma das controvérsias que provocou envolveu as chamadas “fábricas de Sbir”, empresas que se especializaram em obter apoios sucessivos, mas não geraram resultados significativos nem se empenharam na comercialização das tecnologias. “Ao menos uma das agências norte-americanas, a National Science Foundation, chegou a estabelecer limites para o número de projetos aprovados por empresa, mas a atitude que predominou nas demais foi menos restritiva. Enfatizou-se o monitoramento cuidadoso de propostas de empresas que tiveram mais de 15 projetos apoiados ao longo de cinco anos”, conta Pinho.

No caso da Alemanha, criou-se um outro tipo de restrição para contornar esse problema: exceto no caso de empresas muito pequenas ou jovens, com menos de 10 anos, as firmas não podem obter mais de um apoio a cada três anos. “Há um dilema intrínseco nas restrições mais taxativas: elas podem inibir práticas oportunistas, mas também criam o risco de excluir projetos muito promissores”, observa o pesquisador.

**Os países
fizeram
adaptações
para ajustar
os programas
a demandas
regionais**

O Pipe, da FAPESP, é um dos mais longevos programas inspirados no Sbir

O artigo da *Science and Public Policy* se baseou em um levantamento de dados em 81 artigos acadêmicos e capítulos de livros, além de documentos oficiais sobre os programas disponíveis na internet e em relatórios de avaliação. A iniciativa da China, o Inno Fund, foi uma das que alcançaram resultados mais palpáveis: ela financiou 82 das 273 empresas listadas na bolsa de valores, que, no país, é usada para abrir o capital de empresas menores.

O artigo é um desdobramento de uma pesquisa encomendada pela FAPESP para comparar os resultados e o alcance do programa paulista e de seus similares em outros países. “No Brasil, o Pipe, criado em 1997, é o programa inspirado no Sbir mais longo e com maior continuidade”, ressalta Pinho. Na maior parte dos países, os programas são conduzidos nacionalmente. São excepcionais exemplos como o do Pipe, que despontou em âmbito regional. O estudo não analisou outra iniciativa brasileira, o Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas (Pappe), lançado pela Financiadora de Estudos e Projetos, a Finep, no início dos anos 2000, que há tempos não lança editais.

“Existem outras iniciativas em âmbito nacional, com formatos distintos, organizadas pela Finep, o BNDES e, principalmente, a Embrapii, que também visam apoiar empresas inovadoras, ainda que por outros caminhos. Historicamente, a falta de continuidade tem sido um dos principais problemas dos programas que visam apoiar inovação nas empresas”, afirma a engenheira de produção Ana Torkomian, pesquisadora da UFSCar e presidente do Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (Fortec), que é coautora do *paper* da *Science and Public Policy*.

No levantamento que deu origem ao artigo, os pesquisadores rastrearam boas práticas de diferentes programas inspirados no Sbir. Entre elas está a importância de acompanhar e monitorar a trajetória das empresas apoiadas, inclusive criando uma base de dados sobre as subvenções. “O monitoramento deve continuar após o término dos projetos, porque em muitos casos os resultados levam tempo para aparecer”, diz Torkomian. Outro ponto é o estímulo à participação das universidades nos programas, especialmente por meio do apoio a startups criadas por seus docentes e alunos. Uma boa prática também ob-

servada é o relacionamento estreito entre agência de fomento e empresas financiadas.

O oftalmologista Paulo Schor, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), gerente de Inovação na FAPESP, observa que estudos que se debruçam sobre o Pipe são acompanhados e considerados pela Fundação. “Com base neles, temos aperfeiçoado o programa”, diz. Um exemplo é a recente alteração nas súmulas curriculares, fazendo com que o pesquisador proponente de um projeto Pipe relate sua trajetória empresarial ao pleitear um apoio. Schor conta que, para avaliar os resultados do programa, também faz uma busca ativa de casos de empresas que foram, em um tempo limitado, do protótipo ao produto e chegaram ao mercado. Algumas delas têm sido levadas para eventos da FAPESP no exterior. “É um jeito de identificar sucessos. Também temos procurado feiras de empreendedorismo científico para apresentar essas empresas.”

O economista Renato de Castro Garcia, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que não participou do estudo da *Science and Public Policy*, realizou recentemente uma análise do desempenho das empresas financiadas pelo Pipe a pedido da FAPESP, e uma das métricas foi a quantidade de depósito de patentes no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Ele comparou 1.476 startups que integraram o programa Pipe entre 1999 e 2020 com outras 64.054 empresas semelhantes que não receberam subsídios, totalizando uma amostra de 65.530 empreendimentos – a amostra abrangeu 1% das empresas do estado e 5% daquelas com registros de patentes em São Paulo. “Na média, as organizações contempladas tiveram um aumento de duas vezes no número de patentes”, destaca.

A análise foi submetida para publicação em uma revista científica e parte dos dados foi compartilhada em um artigo *preprint* (sem revisão de pares), escrito com colegas da Unicamp e da Unifesp, publicado em maio de 2024 no repositório Social Science Research Network (SSRN). Garcia destaca que, desde os anos 2000, a complexidade do conhecimento necessário para inovar cresceu e as startups emergiram como ambientes mais ágeis para alcançá-lo, muitas vezes contando com apoio de laboratórios de universidades e alunos de graduação e pós-graduação. “Programas de apoio a pequenas empresas se tornaram parte fundamental do sistema de inovação de qualquer país”, avalia. ●

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



boas práticas

Copie, cole e passe vergonha

Lista reúne quase uma centena de artigos científicos que ostentam frases copiadas de consultas ao ChatGPT

O site Retraction Watch, que mantém um banco de dados com milhares de artigos científicos invalidados por erros ou má conduta, começou a compilar uma lista de *papers* publicados em dezenas de revistas acadêmicas que foram produzidos com a ajuda de programas de inteligência artificial generativa, apesar de seus autores não terem declarado de forma transparente o uso desses softwares, como os periódicos exigem. A lista é atualizada sempre que surgem novos trabalhos questionáveis e reunia em meados de junho perto de uma centena deles. Os artigos chamam a atenção pelo desleixo grosseiro de seus autores, que expuseram o uso da ferramenta ao simplesmente copiar e colar respostas do ChatGPT, e também pela negligência dos revisores e editores, a quem cabe avaliar a qualidade e a robustez de manuscritos, sugerir aperfeiçoamentos e recomendar ou rejeitar sua publicação.

Um caso que ganhou repercussão nas redes sociais envolveu um artigo sobre o desempenho de baterias de lítio divulgado em março por pesquisadores chineses na revista *Surfaces and Interfaces*, da editora Elsevier. Na primeira linha da introdução, aparece uma frase típica da linguagem padronizada utilizada pelo ChatGPT em interações com usuários: “Certamente, aqui está uma possível introdução para esse tópico”. A anomalia fez com que o conteúdo inteiro fosse analisado de forma aprofundada e logo se descobriu que ele tinha vários problemas, como imagens copiadas de um outro *paper* do mesmo grupo. O trabalho foi alvo de retratação, ou seja, foi cancelado.

O repertório de frases feitas do ChatGPT é variado e foi negligenciado por outros autores. Um artigo de 2022 sobre urbanização sustentável de favelas incorporou em seu texto a justificativa dada pelo programa de inteligência artificial para não analisar a literatura publicada ultimamente. “Como um modelo de linguagem de IA, eu não tenho acesso à internet em tempo real ou a capacidade de navegar por estudos recentes”, registrou o trabalho, assinado por um pesquisador da Tunísia e publicado no *International Journal of Advances Engineering and Civil Research*, periódico mantido por um instituto de engenharia do Egito.

A mesma revista divulgou outro estudo feito com o suporte de inteligência artificial, assinado por um pesquisador argelino, sobre o uso de internet das coisas na engenharia civil. No meio do conteúdo, sobrou a advertência “limite de conhecimento em setembro de 2021”, que costuma ser feita pelo ChatGPT para circunscrever no tempo sua resposta ao usuário. Uma variação desse alerta é a frase “Na última vez em que atualizei meu conhecimento, em 2023”, que apareceu em uma revisão de literatura sobre aplicações do grafeno na indústria de óleo e gás, publicada em 2023 por dois pesquisadores do Kuwait na revista *Geoenergy Science and Engineering*, da Elsevier.

Quase dois terços dos *papers* divulgados na lista cometeram um mesmo deslize: reproduziram duas palavras que não fazem sentido no contexto dos artigos – “regenerate response” –, mas personificam a inteligência artificial generativa. Trata-se do rótulo de um botão clicável do ChatGPT, que aparece no meio das respostas do programa. A expressão está presente, por exemplo, em um artigo sobre a aceitação do ensino a distância entre alunos de graduação em informática, publicado em 2023 no *Journal of Researcher and Lecturer of Engineering* por pesquisadores da Indonésia e da Malásia. O caso não teve desdobramentos. As duas palavras desapareceram do texto no site da revista, em um expediente conhecido nos meios editoriais como revisão furtiva, na qual o conteúdo é corrigido de forma pouco transparente, sem que se divulgue uma errata.

Um episódio idêntico ocorreu na revista *PLOS ONE*, mas seu desfecho foi diferente. Um artigo sobre efeitos do ensino híbrido (presencial e on-line)

na motivação de estudantes paquistaneses também exibiu o “regenerate response” do ChatGPT e acabou sendo retratado, ou seja, teve a publicação cancelada pelo periódico. A equipe de integridade da *PLOS ONE* fez uma análise aprofundada do trabalho. Assinado por pesquisadores paquistaneses afiliados a universidades chinesas, o *paper* também tinha problemas em suas referências bibliográficas – foi impossível verificar a existência ou o conteúdo de 18 delas supostamente porque programas de inteligência artificial, às vezes, inventam referências. Outro problema é que os documentos que atestavam a aprovação ética a experimentos realizados no Paquistão por autoridades do país tinham data posterior ao recrutamento de participantes, um sinal de violação de normas. Os autores reconheceram apenas terem usado a plataforma Grammarly, que usa inteligência artificial para a revisão do idioma.

certo que a publicação desses trabalhos só ocorreu porque houve negligência de revisores e editores de periódicos na avaliação dos manuscritos. Um caso recente demonstrou como mesmo revistas comprometidas com a integridade científica lidam com esse problema de forma desigual. No ano passado, a professora da comunicação Jacqueline Ewart, da Universidade Griffith, em Queensland, na Austrália, foi convidada pelo *Journal of Radio and Audio Media* a avaliar um artigo sobre rádios comunitárias e recomendou que fosse rejeitado, por receio de que tivesse sido escrito com ajuda de inteligência artificial. A pesquisadora não conseguiu comprovar a existência de várias referências bibliográficas e tinha certeza de que ao menos uma tinha sido inventada, pois a mencionava como autora de um estudo que ela nunca escreveu.

Em abril, Ewart foi surpreendida pela publicação do manuscrito em outro periódico, o *World of Media*, editado pela Universidade Estadual de Moscou, na Rússia. Segundo ela disse ao Retraction Watch, os autores haviam feito uma única alteração em relação à versão que ela revisou – a troca de “progressão” por “desenvolvimento” no título –, embora tivessem sido avisados sobre o problema nas referências. Ewart contou o caso aos editores do *World of Media*, que abriram uma investigação. Um dos autores, Amit Verma, da Universidade Manipal, na Índia, defendeu-se dizendo que usou ferramentas de IA apenas para revisar o texto em inglês e que as referências não verificáveis haviam sido obtidas em repositórios de instituições de seu país, que têm indexação irregular – só não explicou a origem da citação do artigo que Ewart nunca escreveu. O *paper* está indisponível no site da revista *World of Media*, com um aviso de que está sob investigação. Verma informou ao Retraction Watch que a revista prometeu republicar uma versão corrigida. ●

FABRÍCIO MARQUES

A história desconhecida dos detentos negros que participaram de estudo coercitivo sobre malária

Um artigo publicado no *Journal of the American Medical Association (JAMA)* acrescentou detalhes sombrios a uma pesquisa que já era considerada eticamente desprezível: um estudo realizado entre as décadas de 1940 e 1970 com prisioneiros de uma penitenciária do estado norte-americano de Illinois, que eram infectados com o parasita da malária para testar medicamentos contra a doença. O estudo sobre malária na Penitenciária de Stateville ficou mal-afamado por adotar métodos coercitivos para incorporar detentos a seus experimentos cientí-

ficos, como oferecer a eles dinheiro e redução de sentenças, em um ambiente em que a ideia de consentimento livre é questionável.

Coordenado pela Faculdade de Medicina da Universidade de Chicago, pelo Exército e pelo Departamento de Estado dos Estados Unidos, o esforço de pesquisa teve como resultado inicial o desenvolvimento de um remédio contra a malária, a primaquina. A história oficial de Stateville informava que seus experimentos incluíam apenas detentos brancos. Prisioneiros negros, de fato, não participaram das fases iniciais do estudo, porque havia uma suposição equivocada de que os afrodescendentes teriam algum tipo de imunidade à malária e sua participação poderia distorcer os resultados dos testes.

Mas os autores do artigo do *JAMA*, James Tabery e Hannah Allen, da Universidade de Utah, descobriram que isso mudou com o tempo e, a partir da década de 1950, os detentos negros tornaram-se um novo alvo de investigação por exibirem alta sensibilidade à primaquina. Para estudar as reações ao medicamento, os

pesquisadores de Stateville introduziram o parasita da malária em detentos negros e lhes administravam quantidades excessivas de primaquina, embora isso pudesse provocar dores debilitantes. Prisioneiros com um distúrbio conhecido como deficiência de glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD) apresentaram efeitos colaterais como náusea, fadiga e até falência de órgãos.

Ao analisarem trabalhos científicos e arquivos de pesquisadores de Stateville, Tabery e Allen descobriram que os detentos negros recebiam recompensas menores do que as oferecidas aos brancos. Seus familiares também foram chamados a participar de uma vertente do estudo que buscava rastrear as origens genéticas da sensibilidade à primaquina. “Isso levanta questões sobre como a dinâmica coercitiva podia se estender para fora dos muros da prisão”, disse Tabery à revista *Science*. Ele agora quer divulgar a história desconhecida desses detentos negros em programas de educação científica e em museus da região de Chicago, onde eles viviam.

Harvard pune com demissão inédita cientista comportamental acusada de falsificar dados em artigos

A Universidade Harvard, nos Estados Unidos, encerrou o contrato de trabalho de Francesca Gino, uma renomada pesquisadora de sua escola de negócios, que foi responsabilizada por falsificar dados de pesquisa em vários artigos científicos. Trata-se de uma punição histórica. Segundo o jornal estudantil da instituição, o *Harvard Crimson*, desde a década de 1940, quando foram criadas regras que protegem a autonomia de membros do corpo docente e garantem a eles estabilidade de emprego após a contratação definitiva (*tenure*), nenhum professor da universidade havia tido esse *status* revogado.

Cientista comportamental conhecida por estudos sobre a desonestidade, Gino chegou a ser um dos cinco funcionários mais bem pagos de Harvard – em 2018 e 2019, teve uma remuneração anual superior a US\$ 1 milhão (R\$ 5,7 milhões). Em 2021, ela foi acusada de falsificar dados de um artigo, que em seguida sofreu retratação. No ano seguinte, a Escola de Negócios de Harvard abriu uma investigação sobre má conduta que durou 18 meses. A conclusão foi que ela cometeu má conduta de modo intencional, o que levou a seu afastamento da instituição em 2023 – ela foi colocada em licença administrativa não remunerada.

Nessa época, o blog investigativo Data Colada acusou Gino de cometer fraude de dados em mais três artigos de pesquisa dos quais foi coautora. Um deles, que observou uma associação entre comportamento mentiroso e criatividade, só chegou a essa conclusão depois de ter os dados alterados. O relatório dos investigadores também recomendou que a universidade abrisse procedimentos para a revogação de seu contrato, o que aconteceu agora.

CONTEÚDO EXTRA

Conhece a nossa newsletter de integridade científica?



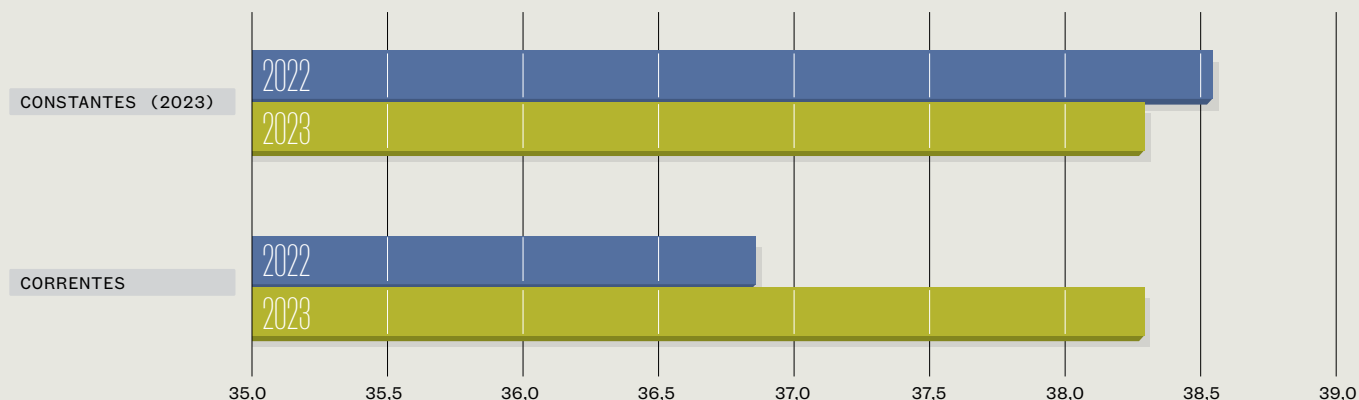
Acesse o QR Code para assinar nossas newsletters



dados_ Dispendios industriais em P&D em 2022 e 2023

P&D nas empresas industriais

DISPÊNDIOS EM R\$ BILHÕES CORRENTES E A PREÇOS DE 2023. BRASIL: 2022 E 2023

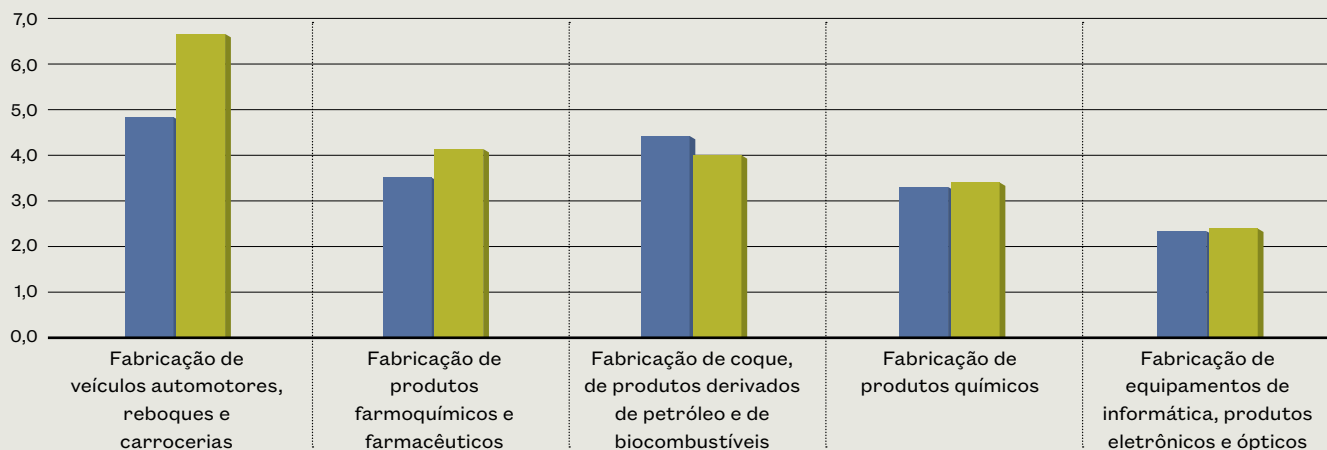


→ O IBGE divulgou recentemente a Pesquisa de Inovação Semestral (Pintec Semestral) de 2023. Isso tornou possível comparar os dispendios em pesquisa e desenvolvimento (P&D) das empresas industriais entre 2022 e 2023 e identificar os principais segmentos que realizaram tais atividades. O universo pesquisado na Pintec Semestral se limita às empresas das indústrias extrativa e de transformação com pelo menos 100 empregados

→ Em 2022, o valor total destinado a P&D por essas empresas foi de R\$ 36,9 bilhões correntes, montante que passou para R\$ 38,3 bilhões em 2023, o que corresponde à variação nominal de 3,9%. Em termos reais, tomando-se a variação anual média do IPCA entre 2022 e 2023, essa variação seria pequena, mas negativa (-0,7%)

P&D nas cinco principais divisões da indústria de transformação

DISPÊNDIOS EM R\$ BILHÕES CORRENTES. BRASIL: 2022 E 2023



→ Ao se observar a evolução dos dispendios em P&D segundo as seções da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), nota-se que, enquanto na indústria extrativa houve retração nominal de 14,4%, na indústria de transformação ocorreu elevação de 7,5%

→ O gráfico acima mostra as cinco divisões da indústria de transformação que mais direcionaram recursos às atividades de P&D e os valores nominais que despenderam nos dois anos considerados

→ Desses segmentos, quatro ampliaram os valores destinados a tais atividades, com destaque para os de fabricação de veículos automotores e de fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos. Apenas um deles, o de fabricação de derivados do petróleo e biocombustíveis, diminuiu seus dispendios em P&D, e com isso perdeu a segunda posição no ranking para a mencionada indústria farmacêutica

Terras gaúchas ainda mais frágeis

Milhares de fendas abertas em morros e rios menos profundos após a grande enchente de 2024 aumentam a vulnerabilidade do Rio Grande do Sul aos efeitos das chuvas

CARLOS FIORAVANTI

Os deslizamentos de terra deixaram cicatrizes nos morros próximos à ponte Ernesto Dornelles (à dir.), sobre o rio das Antas, entre os municípios de Bento Gonçalves e Veranópolis



FOTO HARIDEVA EGAS/CEMADEN

No início de maio, reportagens em jornais, sites e televisão retrataram a recuperação das grandes cidades do Rio Grande do Sul atingidas pela colossal enchente de um ano atrás, mas pouca atenção se deu às consequências das alterações da paisagem nas áreas rurais e em municípios pouco populosos. Fendas abertas nos morros pelos deslizamentos de terra e rios mais rasos, por causa do acúmulo de solo e sedimentos levados pelas chuvas, deixam o estado do extremo sul do Brasil ainda mais suscetível à erosão e às inundações decorrentes das chuvas, mesmo que não sejam tão intensas quanto as de 2024. A região já é naturalmente vulnerável ao clima, por causa da posição geográfica, do relevo e do solo raso (ver Pesquisa FAPESP nº 340). Na segunda quinzena de junho, voltou a chover intensamente e cerca de 170 cidades registraram estragos causados pelas inundações, que fizeram mais de 9 mil pessoas deixarem suas casas e procurar abrigos temporários.

A grande inundação de abril e maio do ano passado atingiu 478 dos 497 municípios gaúchos, cobriu 15 mil quilômetros quadrados (km²) submersos e prejudicou diretamente 2,4 milhões de pessoas. O episódio “evidenciou as vulnerabilidades existentes no planejamento urbano, na gestão de recursos hídricos e na comunicação de riscos à população”, assinalou o livro *As enchentes no Rio Grande do Sul*, coordenado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), lançado no final de abril.

Um ano depois, ainda há motivos para preocupação. “As áreas que sofreram deslizamentos permanecem vulneráveis à chuva e à erosão até que a vegetação volte a cobri-las”, explica o geógrafo Harideva Egas, do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). “Outras chuvas intensas podem provocar novos deslizamentos nas áreas já impactadas.”

Ele e o também geógrafo Rodrigo Stabile coordenaram um mapeamento com imagens de satélite de alta resolução (3 metros) que identificou 15.087 deslizamentos de terra entre 30 de abril e 6 de maio de 2024. Desencadeados pelas chuvas intensas, deixaram marcas no terreno – as cicatrizes de deslizamento –, concentradas em áreas de encosta da porção centro-nordeste do Rio Grande do Sul, na bacia hidrográfica do Guaíba, de acordo com um estudo publicado em novembro na revista científica *Landslides*.

Os deslizamentos espalharam-se em uma área de 63 mil km², em 130 municípios, geraram cicatrizes de até 2 km de comprimento e contribuíram diretamente para a morte de pelo menos 67 pessoas.

“A água que descia dos morros arrastou terra e troncos de árvores, cobriu córregos e formou barreiras naturais que represaram temporariamente o fluxo”, conta Egas. “Ao se romperem, as barreiras liberaram ondas de lama e detritos que provocaram enxurradas violentas que, em alguns pontos, chegaram a 4 m de altura, deixando cidades como Roca Sales, no Vale do Taquari, a 142 km de Porto Alegre, cobertas de lama.” Ele percorreu a região pela primeira vez em setembro de 2024 para verificar, em campo, as conclusões sobre os deslizamentos obtidas por meio de imagens de satélite.

“Os moradores das áreas rurais se preocupavam mais com as inundações, porque os deslizamentos não eram frequentes”, comenta Stabile, que participou da expedição. “Eles diziam que nunca tinha acontecido nada parecido, mas, como vimos, as propriedades estavam sobre pacotes de sedimentos que devem ter se acumulado por deslizamentos antigos ao longo de milhares de anos.”

Egas voltou à região de Bento Gonçalves em março deste ano e constatou que a vegetação já havia começado a recobrir algumas cicatrizes deixadas pelos deslizamentos. Outras, porém, ainda expõem as manchas de terra vermelha abertas pela água das fortes chuvas em meio à mata dos morros.

“O movimento de terra continua em Bento Gonçalves, Gramado e Lageado, por exemplo”, observa o engenheiro florestal Masato Kobiyama, coordenador do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (GPDEN-IPH-UFRGS). “Ainda existe muita água no solo, que penetrou nas fissuras das rochas do subsolo e não evaporou completamente.”

Kobiyama tem percorrido a região atingida pelas chuvas, acompanhou Egas e outros

pesquisadores em março e, com colegas da UFRGS, fez uma síntese da tragédia de 2024 em um artigo publicado em março na *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. “A meu ver, há muito mais de 15 mil deslizamentos, talvez o dobro, porque o satélite não identifica os menores, de 1 a 2 m, que vejo com frequência nas encostas”, observa.

Pelo menos 35% do volume de sedimentos movimentados pelos deslizamentos atingiu os rios, principalmente os próximos às nascentes e cânions da região serrana, conforme cálculos do geógrafo João Paulo Araújo, que participou do levantamento do Cemaden. Stabile estima que esse volume corresponda a pelo menos 10 milhões de toneladas (t) de sedimentos, o suficiente para encher quase sete estádios do Maracanã, no Rio de Janeiro, o maior do Brasil.

O engenheiro ambiental Hugo Fagundes, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com base em um modelo matemático que representa o fluxo de água em bacias hidrográficas de grande escala, estimou que apenas o rio Guaíba, que corta a Região Metropolitana de Porto Alegre, deve ter recebido cerca 5 milhões de toneladas de sedimentos entre 27 de abril e 17 de junho de 2024. “Uma parte desse volume de sedimentos, que não conseguimos quantificar, ficou nos rios, e outra os rios levaram, em direção ao mar.”

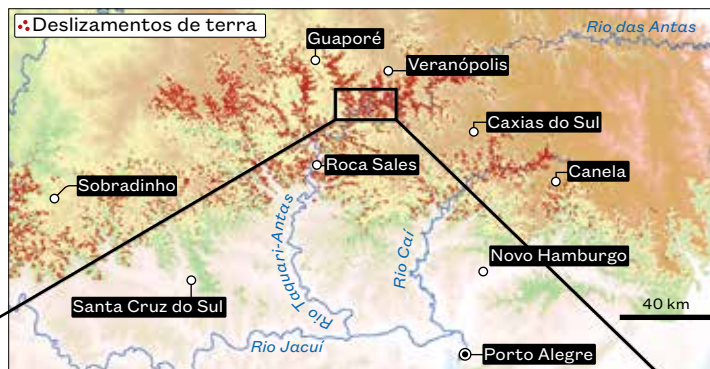
Enquanto os sedimentos mais leves são transportados pela água, os mais pesados ficam no leito e deixam o rio mais raso e com menor capacidade de permitir o fluxo da água da chuva. Esse fenômeno aumenta a área de ilhas fluviais, onde os sedimentos se acumulam, dificulta a navegação e impõe a necessidade de retirada dos sedimentos do rio com dragas.

Margens do rio Forqueta, afluente do Taquari, em novembro de 2022 (abaixo, à esq.) e em agosto de 2024



Rios de lama

A chuva intensa de abril e maio de 2024 levou pelo menos 10 milhões de toneladas de sedimentos dos morros do interior gaúcho



Com imagens de satélite, uma equipe do Cemaden identificou 15.087 deslizamentos de terra, principalmente na região serrana (em marrom-escuro no mapa acima, à dir.). No mapa ao lado, as áreas verde-claros representam os deslizamentos; muitos se conectam e levam sedimentos diretamente para os rios



FONTE EGAS, H. M. ET AL. LANDSLIDE. 2024

“Os rios estão entupidos de lodo, de materiais orgânicos, móveis e galhos”, comentou o prefeito de Sapucaia do Sul (RS), Volmir Rodrigues, em um debate realizado na Câmara dos Deputados em julho de 2024 em Brasília. “Os municípios não têm recursos financeiros para fazer a dragagem.”

Em dezembro de 2024, o governo gaúcho anunciou investimentos da ordem de R\$ 691 milhões para a dragagem de hidrovias gaúchas, como parte do programa de recuperação ambiental das áreas atingidas pelas inundações. “As dragas já removeram milhões de metros cúbicos de sedimentos nos canais da hidrovia entre os portos de Porto Alegre e Rio Grande”, informou a Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (Sema) do Rio Grande do Sul, por meio da Assessoria de Comunicação.

É incerto, porém, se essas e outras medidas, como a construção de diques, serão suficientes para resistir às chuvas intensas, que devem ser cinco vezes mais frequentes nas próximas décadas na região Sul, de acordo com um artigo publicado na *Geophysical Research Letters* em fevereiro. “Se não for bem-feita”, alerta Kobiyama, “a dragagem resolve pontualmente, apenas onde é feita, e pode criar um canal no fundo do leito que fará a água correr mais rápido e aumentar a inundação nas áreas próximas à foz”.

O livro *As enchentes no Rio Grande do Sul* enfatiza a conservação de áreas verdes para dificultar a

construção de moradias em áreas de risco e barrar o avanço das águas. “Em locais sem cobertura vegetal, os processos erosivos tendem a se agravar”, reforça Fagundes. No entanto, em um movimento inverso, a área agrícola cresceu 35% de 1985 a 2022, aumentando a vulnerabilidade a eventos climáticos severos, de acordo com um artigo publicado em abril na revista *Environmental Research Letters*.

“As margens e as matas às margens dos rios não deveriam ser ocupadas, por causa do perigo que oferecem às pessoas em caso de enxurradas”, acentua Kobiyama. Em 4 e 5 de junho, a convite de um vereador, ele fez palestras para agricultores, professores, estudantes e outros moradores de Rolante, município a 90 km de Porto Alegre à beira de um rio que já causou cheias violentas. “Todos precisamos aprender a observar os movimentos dos rios e do solo, em caso de chuvas fortes, para nos preparar para outro ataque do clima”, comentou.

Em Rolante, Kobiyama propôs a formação de núcleos comunitários, formados por voluntários, para, em caso de chuvas fortes, organizar os alertas e a movimentação dos moradores para abrigos em locais seguros e já abastecidos com alimentos. “Em uma cidade aqui do Rio Grande do Sul”, ele conta, “as pessoas se abrigaram em uma igreja no pé de uma encosta, mas tiveram de mudar rapidamente quando viram que a igreja poderia ser atingida por deslizamentos de terra”. ●

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

Além dos anticorpos

Vacinação frequente protege indivíduos com imunodeficiência contra as formas graves de Covid-19

GISELLE SOARES

Esquema de imunização com mais doses reduziu a hospitalização por Covid-19 de pessoas com erros inatos da imunidade

As vacinas sabidamente evitam que as pessoas saudáveis adoeçam gravemente quando infectadas pelo coronavírus Sars-CoV-2, como foi comprovado durante a pandemia de Covid-19. Mas não só. Evidências recentes indicam que os imunizantes também protegem contra a forma grave da doença – reduzindo o risco de hospitalização e de morte – as pessoas com erros inatos da imunidade, alterações genéticas que impedem o funcionamento adequado do sistema de defesa, antes chamadas de imunodeficiências primárias. Uma nova indicação de que as vacinas de fato beneficiam os indivíduos com erros inatos da imunidade foi apresentada em março deste ano por pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) em um artigo publicado na revista *Frontiers in Immunology*.

No trabalho, coordenado pela infectologista pediátrica Maria Isabel de Moraes-Pinto e pela imunologista Carolina Sanchez Aranda, o estudante de medicina e aluno de doutorado Vitor Gabriel Lopes da Silva acompanhou ao longo de dois anos como 55 pessoas com diferentes tipos de erros inatos da imunidade respondiam à vacinação contra a Covid-19. Elas tinham entre 13 e 61 anos de idade e receberam um esquema primário de imunização, composto por três doses da vacina, seguido por duas doses de reforço. O desempenho do sistema imunológico desses indivíduos foi comparado com a resposta imune de 60 participantes saudáveis e de faixa etária semelhante, cada um tratado com quatro doses de imunizante contra o Sars-CoV-2 (duas iniciais e duas de reforço). Estudos anteriores, feitos com vacinas contra outras enfermidades, sugeriam que pessoas com o sistema imunológico comprometido devem receber uma dose adicional para garantir a proteção adequada.

Lopes da Silva participou de um programa especial de pesquisa da Unifesp – o MD-PhD, que permite ao estudante de medicina ingressar no doutorado antes de concluir a graduação – e usou duas estratégias para avaliar o desempenho do sistema imunológico dos participantes com a vacinação. Após cada dose do imunizante, ele mediu, por meio de uma técnica chamada microarranjo multiplex, a quantidade de anticorpos produzidos contra segmentos específicos do vírus – a chamada resposta humoral. Com outro teste, o jovem pesquisador avaliou a resposta celular: estimou a produção de células de defesa (em especial, os linfócitos T) e a capacidade delas de reconhecer o vírus e atuar sobre as células por ele infectadas. Segundo os autores, até o momento, esse foi o estudo que avaliou a resposta humoral e celular de

pessoas com imunodeficiência ao maior número de variantes (cinco) do Sars-CoV-2 até um mês depois de um esquema com cinco doses de vacina.

De modo geral, os participantes com erros inatos da imunidade, depois de vacinados, produziam menos anticorpos do que as pessoas saudáveis imunizadas. Em particular, o organismo deles sintetizava menos anticorpos neutralizantes, aqueles que impedem o vírus de invadir as células e instalar a infecção no organismo. Esse resultado já era de certo modo esperado, uma vez que sete das oito imunodeficiências avaliadas no estudo eram associadas a falhas na produção de anticorpos ou no funcionamento das células que os sintetizam, os linfócitos B, razão pela qual 48 dos 55 participantes com problemas inatos da imunidade recebiam terapia de reposição de anticorpos. Já a resposta imunológica mediada por linfócitos T foi semelhante nos dois grupos. Os linfócitos T são um conjunto bastante diverso de células de defesa: há variedades que atuam diretamente destruindo células infectadas; outras encaminham para as demais células imunes a ordem de destruição; e algumas induzem os linfócitos B a produzir anticorpos.

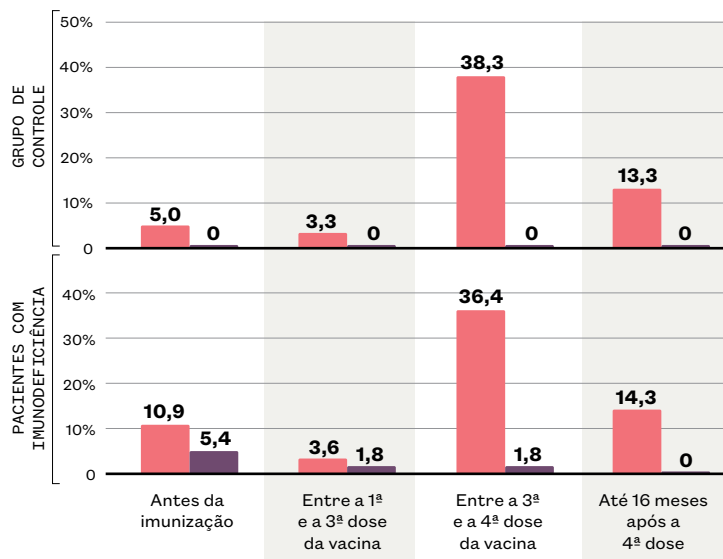
“Muitas vezes, presume-se que pacientes com imunodeficiência não responderão às vacinas”, conta Lopes da Silva. “Nosso estudo mostra que, mesmo produzindo poucos anticorpos, essas pessoas podem desenvolver uma boa resposta celular, o que provavelmente contribui para evitar formas graves da doença”, explica o pesquisador, primeiro autor do artigo publicado na *Frontiers in Immunology*.

“Ao observar os dados do estudo, fica claro que a resposta celular nesses pacientes pode, de

Efeito protetor

Vacinação reduziu a proporção de pessoas com imunodeficiência que precisaram de hospitalização

■ Proporção de infectados com Sars-CoV-2 **não hospitalizados**
■ Proporção de infectados com Sars-CoV-2 **hospitalizados**



FONTE: LOPES DA SILVA, V. G. ET AL.
FRONTIERS IN IMMUNOLOGY, 2025



Equipe de saúde prepara vacina contra o Sars-CoV-2, aplicada a partir de maio de 2021 em pessoas com erros inatos da imunidade

certa forma, compensar a deficiência na produção de anticorpos”, acrescenta Moraes-Pinto, coordenadora da pesquisa e orientadora de Lopes da Silva. “Isso é importante porque muitas vezes o papel da resposta celular é subestimado até mesmo pelos profissionais da saúde”, complementa.

O efeito mais importante observado pelo grupo da Unifesp foi a redução nas taxas de hospitalização à medida que o esquema vacinal se completava. Antes do início da imunização, que, no Brasil, começou em maio de 2021 para as pessoas com erros inatos da imunidade, nove dos 55 participantes (16,3%) tiveram Covid-19. Deles, três (5,4%) precisaram ser internados e seis (10,9%) não. A proporção de pessoas que necessitaram de hospitalização baixou para 1,8% depois da primeira dose, mesmo quando a variante ômicron circulou pelo país e infectou quase 40% dos participantes. A taxa de internação foi zerada depois da quarta dose. No grupo dos participantes saudáveis, ninguém precisou ser hospitalizado ao longo de todo o acompanhamento (*ver gráfico na página anterior*). “Esses dados ressaltam a importância de um esquema vacinal primário com três doses para pacientes com erros inatos da imunidade, bem como a necessidade de doses de reforço a cada seis meses”, afirma Lopes da Silva.

“Estudar pacientes com erros inatos da imunidade nos permite entender melhor os mecanismos que levam ao desenvolvimento da doença e identificar quais caminhos do sistema imunológico podem ser ativados para combater o vírus”, conta Aranda, coorientadora de Lopes da Silva no doutorado.

“O fato de os pacientes com deficiência na produção de anticorpos desenvolverem uma resposta celular protetora robusta reforça o papel crucial dos linfócitos T na proteção contra a Covid-19”, afirma a bióloga e imunologista Cristina Bonorino, da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) e membro dos comitês científico e clínico da Sociedade Brasileira de Imunologia (SBI), que não participou do estudo atual.

Pesquisas anteriores já indicavam que a resposta celular poderia proteger contra o adoecimento grave. Em um artigo publicado em 2022 na revista *Cell*, o grupo do imunologista italiano Alessandro Sette, do Instituto de Imunologia La Jolla, nos Estados Unidos, havia mostrado que os linfócitos T eram capazes de reconhecer variantes do novo coronavírus que escapavam à detecção de anticorpos induzidos pela vacinação. No Hospital Geral de Massachusetts, também nos Estados Unidos, a equipe dos médicos John Niles e Gaurav Gaiha constatou que a vacinação havia reduzido quase cinco vezes o risco de adoecimento grave em um grupo de pacientes com uma forma específica de imunodeficiência – a imunodeficiência comum variável –, mesmo na ausência de produção de anticorpos contra o Sars-CoV-2, segundo artigo publicado em 2023 na revista *Science Translational Medicine*. “Os resultados fornecem suporte para a vacinação dessa população vulnerável”, escreveram os autores no artigo.

“É importante reconhecer o mérito da equipe da Unifesp de reunir essa coorte diversa de pacientes com erros inatos da imunidade, algo desafiador”, afirma o imunologista Helder Nakaya, do Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein e da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (FCF-USP), que não participou do trabalho publicado na *Frontiers in Immunology*. Ele destaca, porém, que estudos futuros deveriam trabalhar com um grupo mais homogêneo de pacientes em termos de diagnóstico, o que permitiria comparações mais precisas com o grupo de controle. Em sua opinião, um desdobramento interessante seria aplicar técnicas de transcriptômica de célula única ao material coletado desses pacientes para conhecer quais células estão sendo ativadas e quais genes estão expressos nelas em resposta à vacinação.

O grupo da Unifesp planeja agora acompanhar a evolução no longo prazo da resposta imunológica dos pacientes com erros inatos da imunidade e investigar o papel da terapia de reposição de imunoglobulinas (anticorpos) no desempenho das vacinas. ●

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

Colônia de
escorpiões-amarelos
(*T. serrulatus*) mantida
em laboratório

Uma epidemia silenciosa

Número de acidentes com escorpiões cresceu 154% no Brasil de 2014 a 2023 e, se nada for feito, deve continuar aumentando

MEGHIE RODRIGUES

Em meados de maio, notícias de acidentes com escorpiões em Perdizes, bairro de classe média e alta na zona oeste de São Paulo, deixaram em alerta os paulistanos não habituados a se deparar com esses aracnídeos. Eles são encontrados com mais frequência nas áreas periféricas e pobres da cidade, embora existam focos em vários bairros mais centrais. Apesar do susto inicial, até o momento, não há sinais de que a capital paulista esteja enfrentando uma invasão recente dos bichos, que podem entrar em casas e apartamentos por meio da tubulação elétrica ou de água e esgoto não protegida. Dados do painel de acidentes por animais peçonhentos, da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, contabilizavam 161 casos

de envenenamento por escorpião na cidade até junho de 2025, ante 426 ao longo de todo o ano anterior e 451 durante o ano de 2023 (ver gráfico abaixo). A análise de um período mais longo, no entanto, revela um crescimento importante no total de acidentes na capital, no interior do estado e no restante do país nas últimas décadas.

“Antigamente, não se ouvia falar de picada dentro de casa. Hoje, muita gente encontra e se acidenta. Eu mesma já encontrei escorpiões em casa”, conta a biomédica Manuela Pucca, professora da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Araraquara, onde vive. Ela é a autora principal de um artigo publicado em maio na revista *Frontiers in Public Health* que mostra a evolução dos acidentes nas diferentes regiões brasileiras de 2014 a 2023. No período, o total de casos de envenenamento no país cresceu 154%. De acordo com os dados do Ministério da Saúde disponíveis à época em que o trabalho foi escrito, saltou de 67 mil em 2014 para 170,6 mil picadas em 2023.

As duas regiões mais populosas do Brasil – a Sudeste, onde vivem 84,8 milhões de pessoas, e a Nordeste, com 54,6 milhões – são também as que concentram o maior número de envenenamentos. Em 2023, foram registrados, respectivamente, 84,5 mil e 57,6 mil casos, aproximadamente um para cada mil habitantes. Com 30,2 milhões de moradores, a região Sul é proporcionalmente a menos afetada, com um acidente a cada 4 mil pessoas. Os números conhecidos oficialmente, suspeitam

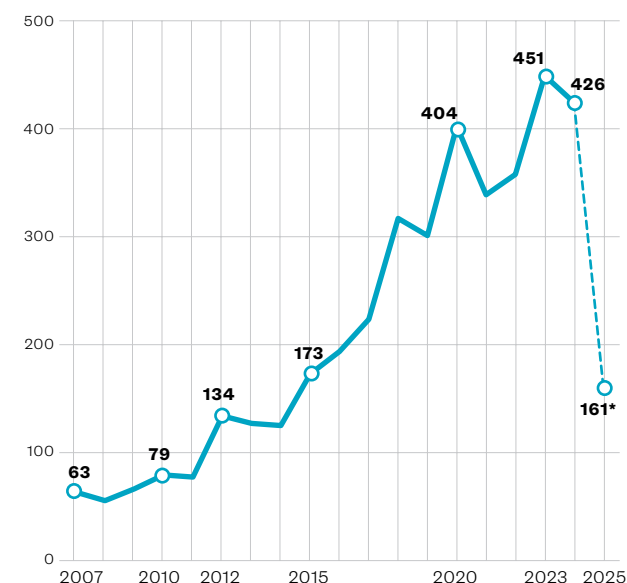
os pesquisadores, seriam apenas a parte visível de uma epidemia silenciosa, uma vez que os adultos, quando picados, não costumam procurar o serviço de saúde (responsável pela notificação obrigatória) e se automedicam em casa. “O escorpionismo, como são chamados os acidentes com escorpiões, é um problema negligenciado dentro das doenças negligenciadas”, afirma Pucca.

Com um título ligeiramente alarmista, que sugere que as cidades brasileiras estejam passando por uma infestação de escorpiões, o estudo traz ainda uma projeção do que pode acontecer se nada for feito para alterar as condições que favorecem a proliferação desses animais. O total de acidentes por ano deve continuar aumentando e chegar a 274,3 mil casos em 2033 (ver gráfico abaixo). “Apesar de os números da série histórica serem conhecidos, a projeção escancara o problema de forma muito clara”, comenta o biólogo Gabriel Murayama. Ele é pesquisador do Laboratório de Ecologia Sensorial e de Comportamento de Aracnídeos (Lesca) da Universidade de São Paulo (USP), onde investiga o controle químico e biológico dos escorpiões, e não participou do estudo atual.

No trabalho publicado em maio, Pucca e os outros cinco colaboradores enumeraram algumas razões para o aumento dos acidentes com os aracnídeos: o crescimento rápido e não planejado das cidades (em particular em regiões com pouca

São Paulo e os escorpiões

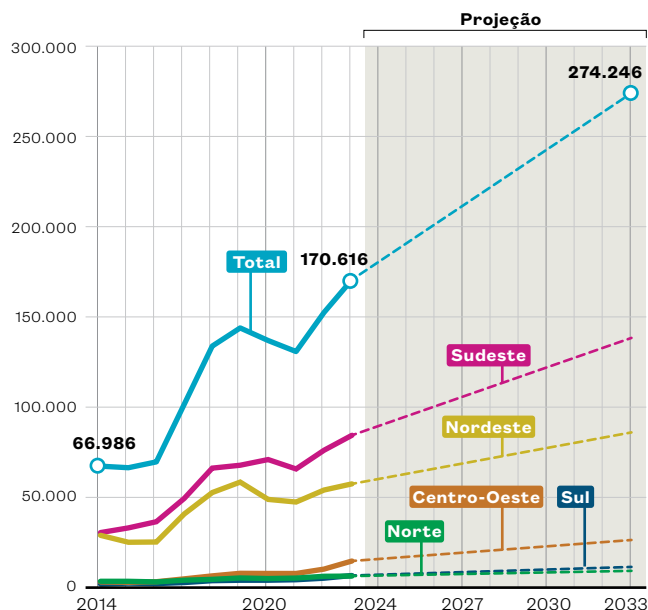
Casos notificados até junho correspondem a cerca de um terço dos registrados em 2024



FONTES: SECRETARIA DA SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO/SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO (SINAN)/MINISTÉRIO DA SAÚDE *ATÉ 20/06/2025

Problema em ascensão

Acidentes com escorpiões no Brasil devem chegar a 274 mil por ano em 2033



FONTE: PUCCA, M. B. ET AL. FRONTIERS IN PUBLIC HEALTH. 2025



Extração de peçonha para a produção de soro antiveneno



Composto fluorescente do exoesqueleto faz escorpiões brilharem quando iluminados por luz negra

infraestrutura); o tratamento e a destinação inadequada do lixo; a falta de saneamento básico; a ausência de ações regulares de controle desses animais nas cidades; e a ocorrência de verões mais quentes e períodos de muita chuva alternados com secas intensas, agravados pelas alterações do clima. “Parte desse crescimento dos acidentes também pode ser atribuída à ampliação e à qualificação dos sistemas de vigilância e notificação, especialmente nos municípios que, nos últimos anos, passaram a reportar os dados de forma mais sistemática e regular”, afirma a pesquisadora.

Além disso, o escorpião-amarelo (*Tityus serpulatus*) e o escorpião-amarelo-do-nordeste (*T. stigmurus*) estariam se espalhando por diversas regiões do país, possivelmente transportados em embalagens de mercadorias. Naturais de regiões de clima quente e seco, essas espécies se adaptaram à vida em cidades, onde estabelecem facilmente novas populações, e parecem suportar bem o frio. “Nos últimos anos há relatos de acidentes com eles até em lugares de clima mais frio, como Santa Catarina e Rio Grande do Sul”, conta o zoólogo Rogério Bertani, do Instituto Butantan, autor principal de um artigo publicado em 2018 na revista *Bioinvasions Records*, no qual relatou a chegada em 2012 de *T. stigmurus* à cidade de São Paulo, provavelmente trazido em caixas de frutas.

Essas duas espécies de escorpiões são consideradas invasoras em alguns estados. Na capital paulista, elas parecem ter substituído o escorpião-marrom (*T. bahiensis*), que vive em ambientes mais úmidos, próximo a matas, e era o mais comum na cidade até os anos 1960. No *Atlas escorpionário de São Paulo*, publicado em 2024, o biólogo Sergio Cominato Ferraz, do Centro de Controle de Zoonoses da capital, e o epidemiologista Francisco Chiaravalloti Neto, da Faculdade de Saúde

Pública da USP, informam que entre 2013 e 2018 o escorpião-amarelo havia sido encontrado em 89 dos 96 distritos administrativos da capital, o escorpião-amarelo-do-nordeste em 64 e o marrom em apenas quatro.

Os escorpiões estão entre os primeiros animais a ocupar a terra firme. Registros paleontológicos indicam que os primeiros exemplares surgiram há cerca de 435 milhões de anos, quando parte dos atuais continentes estava agrupada no supercontinente Gondwana. Das cerca de 2,5 mil espécies descritas no mundo, aproximadamente 170 são encontradas no Brasil. Quatro delas são consideradas de interesse médico, por causarem acidentes graves: as três citadas anteriormente e o escorpião-preto-da-amazônia (*T. obscurus*).

Com quatro pares de patas, um par de pinças e um ferrão na ponta da cauda, por meio do qual inoculam a peçonha, os escorpiões são menores do que muita gente imagina. Os exemplares das três primeiras espécies alcançam no máximo 7 centímetros (cm) de comprimento, enquanto a maior delas, o escorpião-preto-da-amazônia, pode chegar a 12 cm. “Os escorpiões são animais sinantrópicos, ou seja, permanecem próximo dos humanos por terem se adaptado bem ao ambiente urbano, principalmente porque ele oferece os quatro ás: água, alimento, abrigo e acesso”, explicou a bióloga Denise Maria Candido, do Biotério de Artrópodes do Instituto Butantan, em fevereiro deste ano à *Agência de Notícias do Estado de S. Paulo*. “Tendo essas quatro condições, eles acabam se instalando, se reproduzindo e proliferando”, contou.

No Brasil, os acidentes mais graves são associados ao escorpião-amarelo. Com patas e cauda

Como prevenir o aparecimento de escorpiões



Mantenha o lixo bem acondicionado para evitar a proliferação de insetos, que servem de alimento para escorpiões



Deixe o quintal e o jardim limpos, sem acúmulo de entulhos, folhas secas, lixo doméstico e materiais de construção



Evite que folhagens densas (arbustos ou plantas ornamentais) encostem em paredes e muros



Procure não deixar brinquedos e objetos espalhados pelo chão, em especial em áreas externas ou próximos a jardins



Vede bem as portas com soleiras ou saquinhos de areia



Use telas nas janelas



Mantenha os rodapés íntegros e pregados na parede



Vede os ralos com tapete de borracha ou use os modelos de abre e fecha



Não deixe roupas sujas ou molhadas no chão



Evite manter camas e móveis encostados na parede



Não deixe roupas de cama e mosquiteiros encostados no chão



Mantenha fechados frestas e buracos nas paredes, como espelhos de tomadas e caixas de luz

FONTE INSTITUTO BUTANTAN

Escorpião-marrom (*T. bahiensis*), de corpo castanho-escuro, e escorpião-amarelo-do-nordeste (*T. stigmurus*), com mancha escura no dorso

amarelo-claros e tronco mais escuro, ele é encontrado em quase todos os estados. Uma característica que facilita sua proliferação é que essa espécie consegue se reproduzir de forma assexuada, por partenogênese, quando o óvulo origina um indivíduo adulto sem a necessidade do espermatozoide – os machos são raros e, em alguns locais, inexistentes.

Os compostos tóxicos injetados na ferida costumam causar problemas locais (em geral, dor, queimação, formigamento e inchaço) e sistêmicos, como dor de cabeça, náusea, salivagem, sonolência, aceleração dos batimentos cardíacos, queda ou aumento da temperatura corporal, espasmos musculares. Em casos mais graves, podem ocorrer falta de ar, queda importante da pressão arterial, prejudicando a circulação sanguínea e a irrigação dos órgãos, e até morte.

No caso de acidente, o recomendado é procurar atendimento médico de emergência o mais rápido possível porque uma parte dos casos necessita de internação, embora a taxa de óbitos seja baixa. Em uma carta publicada em 2019 na *Revista Brasileira de Medicina Tropical*, pesquisadores da USP e do Instituto Butantan, entre eles Bertani, alertam para o fato de que 80% das mortes acontecem até 48 horas depois da picada e a taxa de óbitos varia com a idade.

As crianças são as principais vítimas fatais. Abaixo dos 10 anos, ocorrem 32 mortes a cada 10 mil acidentes, taxa mais de três vezes superior à observada em adolescentes e adultos (9 por 10 mil).

O tamanho menor do corpo e a frequência cardíaca naturalmente mais elevada que a dos adultos fazem as toxinas do escorpião chegarem rapidamente ao sistema nervoso central da criança. “Os sintomas geralmente são mais graves nesse caso porque a barreira hematoencefálica, estrutura que protege o cérebro e regula o transporte de substâncias entre o sangue e o sistema nervoso central, ainda não está madura”, conta a farmacêutica-bioquímica Eliane Candiani Arantes, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto (FCFRP) da USP, coautora do trabalho publicado na *Frontiers in Public Health*. “Por isso, as neurotoxinas conseguem chegar muito rapidamente ao sistema nervoso e causar edema cerebral”, explica.

Demorar para procurar atendimento aumenta a necessidade de hospitalização para lidar com as alterações no organismo das crianças, segundo estudo publicado em abril na revista *Toxicon*. No trabalho, o grupo liderado pelo farmacêutico Edmarlon Giroto, da Universidade Estadual de



1



2



3

Envase de soro antiescorpiônico no Instituto Butantan

Londrina (UEL), acompanhou a evolução de 450 crianças com menos de 12 anos picadas por escorpião e atendidas de 2017 a 2022 pelo Centro de Informação e Assistência Toxicológica (Ciatox) do hospital universitário. Delas, 11% precisaram receber soro antiescorpiônico e 8,4% tiveram de ser internadas. A necessidade de hospitalização aumentou 11 vezes quando o acidente havia ocorrido com o escorpião-amarelo e 2,5 vezes se a busca por tratamento havia demorado mais de três horas.

Ação das toxinas, escrevem os autores, causa mudanças na circulação dos íons de sódio, potássio e cálcio nas células do sistema nervoso e leva ao que os especialistas chamam de tempestade autonômica. Há uma estimulação temporária do sistema nervoso parassimpático, que geralmente desacelera os batimentos cardíacos e faz baixar a pressão arterial, seguida de uma ativação prolongada do sistema nervoso simpático, responsável por ativar respostas de luta ou fuga e aumentar a frequência e a intensidade dos batimentos do coração e a pressão arterial, além de facilitar a respiração. “A tempestade autonômica dificulta o tratamento rápido porque o paciente pode chegar ao hospital com hipotensão e, de repente, apresentar hipertensão”, conta Arantes, da FCFRP-USP.

Adultos não estão livres da ação das toxinas e podem apresentar reações graves, em especial se forem idosos ou tiverem problemas de saúde. “Pessoas com problemas cardíacos e pulmonares podem vir a óbito porque as principais causas da morte são alterações cardíacas e edema pulmonar [acúmulo de líquido nos alvéolos]”, explica Arantes.

Produzido no Butantan, em São Paulo, e na Fundação Ezequiel Dias, em Minas Gerais, o soro antiescorpiônico serve para tratar acidentes com as quatro espécies do gênero *Tityus*. Ele só é encontrado em alguns prontos-socorros e hospitais de referência. Para saber onde encontrar o soro na cidade onde mora, consulte a lista de hospitais de referência para atendimento de acidentes por animais peçonhentos mantida pelo Ministério da Saúde.

Além disso, o soro só é indicado para casos graves porque pode causar reações alérgicas – em geral, elas são leves e controladas com os medicamentos adequados. É que, para produzir o soro, a peçonha do escorpião é injetada no sangue de cavalos. Tempos depois, o sangue é coletado e o plasma (parte líquida) filtrado para a extração de anticorpos contra as toxinas do escorpião. “Os anticorpos de cavalos não são iguais aos humanos e costumam ser reconhecidos como estranhos ao nosso organismo. Injetados em humanos, podem causar reações alérgicas e até choque anafilático”, explica Pucca, que tenta produzir soro por biotecnologia em laboratório, sem o uso de cavalos.

Escorpiões são animais predadores – em geral, caçam insetos, aranhas e outros artrópodes – e são mais ativos à noite. Na natureza, escondem-se entre folhas, na casca de árvores, sob madeiras caídas ou pedras e em frestas de rochas ou tocas. Nas cidades, são encontrados em terrenos baldios, galerias pluviais, jardins e cemitérios. Não há no mercado produtos químicos eficazes para o controle de escorpiões e sabe-se pouco sobre os inimigos naturais das espécies encontradas no Brasil. “É urgente haver estudos para testar métodos de controle”, afirma Murayama, da USP.

A melhor forma de evitar a presença indesejada de escorpiões é manter a casa e o ambiente externo livres de lixo e entulho, que podem servir de abrigo e fonte de alimento, e vedar frestas, portas, janelas, ralos e tomadas – eles podem entrar pelo encanamento ou pelos conduítes de fios elétricos (*ver quadro na página ao lado*). Para evitar acidentes, deve-se estar protegido com luvas e calçados em atividades rurais ou ao cuidar do jardim. Chacoalhar as roupas e inspecionar o interior dos calçados antes de vesti-los também é aconselhável. Escorpiões não atacam os seres humanos. Segundo especialistas, seu instinto é fugir em caso de ameaça. As ferroadas ocorrem quando as pessoas os tocam ou os pisam. Ao encontrar um, não tente pegá-lo, mesmo usando luvas. Acione o Centro de Controle de Zoonoses de sua cidade (na capital paulista, ligue 156, seguido da opção 2 e depois opção 3). ●

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



Ativação dos músculos libera compostos que ajudam a preservar a função do pâncreas

Exercício contra o diabetes

Atividade física de intensidade moderada e alta reduz a morte de células do pâncreas produtoras de insulina

RICARDO ZORZETTO

O endocrinologista brasileiro Décio Eizirik cultiva um interesse especial pelo pâncreas. Não só por seu papel na digestão de alimentos, lançando nos intestinos enzimas digestivas, mas principalmente por sua capacidade de fazer, por meio de hormônios, o ajuste fino e dinâmico dos níveis sanguíneos de glicose, a principal fonte de energia do organismo. Em 40 anos de pesquisa, ele descreveu alguns mecanismos que levam as células do pâncreas a deixarem de produzir insulina, o hormônio que ajuda a glicose a entrar nos tecidos, onde é usada como combustível celular. Mais recentemente, Eizirik e sua equipe na Universidade Livre de Bruxelas (ULB), na Bélgica, começaram a desvendar como o exercício físico pode proteger o pâncreas e ajudar a evitar – ou ao menos a retardar – o desenvolvimento do diabetes.

Durante a atividade física, os músculos liberam compostos que caem no sangue e alcançam outros órgãos. Nos últimos oito anos, Eizirik e colaboradores identificaram ao menos três deles que contribuem para reduzir a inflamação associada ao diabetes e diminuir a morte das células beta, que sintetizam insulina. O efeito protetor do composto avaliado mais recentemente, talvez

o mais potente deles, foi descrito em abril na revista *Diabetologia*.

No trabalho, o fisiologista José Maria Costa Júnior, que faz pós-doutorado na ULB, testou o efeito de uma molécula chamada proteína semelhante à meteorina (Metrnl) sobre as células beta cultivadas sob condições que mimetizam o diabetes. Também avaliou, nas mesmas circunstâncias, o efeito da Metrnl sobre miniórgãos similares às ilhotas pancreáticas, o conjunto de células produtoras de hormônio.

Tempos atrás Eizirik havia constatado que, no diabetes, moléculas inflamatórias alteram o funcionamento das células beta e direcionam células do sistema de defesa para destruí-las, efeito mais pronunciado no diabetes tipo 1. O tratamento prévio com Metrnl reduziu em até 41% a mortalidade de células beta – isoladas ou nos miniórgãos – quando submetidas a um ambiente inflamatório que simula o do diabetes. A Metrnl também preservou a capacidade das células beta de produzir e secretar insulina.

Um efeito mais potente foi observado quando, em vez de usar uma solução de Metrnl, Costa Júnior empregou o soro de pessoas que haviam passado por 10 semanas de treinamento físico intenso. O programa de exercícios aumentou em 40% a concentração de Metrnl no sangue. Usado para tratar as células e os miniórgãos, o plasma desses voluntários diminuiu em 46% a morte celular.

A proteção proporcionada por essa proteína desapareceu quando o pesquisador acrescentou às células e aos miniórgãos um anticorpo que neutraliza a ação da Metrnl. “Esse resultado mostra que essa proteína é necessária para produzir o efeito protetor do exercício físico sobre as células do pâncreas”, explica Costa Júnior.

O grupo da ULB sabe que outras moléculas contribuem para essa ação benéfica do exercício. “Certamente, esse efeito não decorre da ação de apenas um fator”, afirma Eizirik. “Por isso, é provável que as pessoas com diabetes se beneficiem mais se aprenderem a fazer exercício de forma sistemática e rotineira.”

A ideia de buscar moléculas protetoras no sangue de quem faz atividade física surgiu há quase 15 anos, quando Eizirik recebeu para um doutorado sanduíche a bióloga Flávia Maria Moura de Paula. Na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), sob a orientação do fisiologista Antonio Carlos Boscherio, ela havia realizado experimentos com o soro de roedores submetidos a um programa de exercícios e observado que ele evitava a morte de células do pâncreas em um modelo de diabetes. Eles então repetiram os testes com o soro de oito voluntários saudáveis que passaram por treinamento em Campinas e confirmaram o efeito protetor, descrito em 2018 no *The FASEB Journal*. Analisando

os componentes do soro, De Paula constatou que o efeito se devia, em parte, à interleucina 6, uma proteína que, no caso, teve ação anti-inflamatória.

Em um experimento posterior, a bio-médica Alexandra de Brachène testou o efeito do soro de um grupo maior de pessoas – no total 82, incluindo indivíduos saudáveis, com sobrepeso e com diabetes tipo 1 ou 2 – que haviam sido separadas em três grupos, cada um submetido a um programa diferente de treinamento (ciclismo, corrida e treino funcional) por dois meses. Outra vez, o soro reduziu em até 35% a mortalidade das células beta, independentemente do tipo de exercício e da existência de diabetes, relataram os pesquisadores em 2023 na *Diabetologia*. O efeito protetor se manteve mesmo com o soro extraído dois meses após o fim dos treinos. De Brachène obteve resultados semelhantes ao usar, em vez do soro total, uma solução de clusterina, proteína anti-inflamatória liberada no exercício.

“Os resultados obtidos até agora nos levam a pensar que a Metrnl seja responsável por até metade do efeito protetor do soro de indivíduos treinados, uma vez que a maior parte desse efeito desapareceu quando essa proteína foi bloqueada”, conta Eizirik.

“Esses experimentos sugerem que o exercício físico ajuda a proteger contra o diabetes por dois mecanismos”, comenta o endocrinologista Sergio Atala Dib, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), que não participou dos estudos. “O primeiro, já conhecido, é por aumentar a sensibilidade à insulina, a eficiência com que as células do corpo respondem a esse hormônio. O segundo, que começa a ficar evidente, é por reduzir a inflamação e o ataque das células de defesa ao pâncreas, causa do diabetes tipo 1”, conta o pesquisador, que, em estudo publicado em 2012 na revista *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, mostrou que o efeito modulador do sistema imunológico produzido pela vitamina D3 ajudava a preservar a função das células beta do pâncreas nos estágios iniciais do diabetes tipo 1.

A equipe de Bruxelas imagina que a prática regular de exercício possa beneficiar principalmente essas pessoas, que ainda mantêm certa capacidade de produzir insulina. Para verificar se o exercício retarda de fato a progressão da doença, porém, é necessário realizar um ensaio clínico em que dezenas de pessoas são acompanhadas por ao menos 12 meses. “Colegas da Inglaterra e da Finlândia estão interessados em fazer”, conta Eizirik. ●

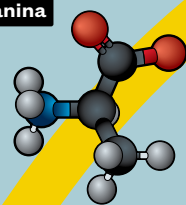
Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

Espelho seletivo

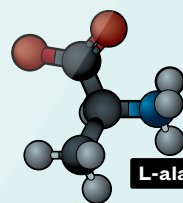
Estudo simula estruturas de células primitivas e avança na compreensão da origem da vida

GUILHERME COSTA

D-alanina



L-alanina



Uma das grandes dúvidas sobre a origem da vida na Terra pode estar mais próxima de uma resposta: se as moléculas importantes para o organismo existem em versões espelhadas – ou especulares, como se fossem a mão direita e a esquerda –, por que as células selecionam apenas uma dessas versões? Mais impressionante, a mesma escolha vale para todos os organismos, que usam a versão de “mão direita” dos açúcares (como a D-ribose, presente no DNA e no RNA) e a esquerda dos aminoácidos, que ficam marcados com um L. Um estudo publicado em maio na revista científica *PLOS Biology* aponta que a seletividade de membranas primitivas teria sido o fator decisivo nessa escolha entre formas de moléculas, moldando as bases da vida como a conhecemos.

A metáfora das mãos descreve um fenômeno fundamental da química: a lateralidade molecular ou quiralidade. Embora idênticas na composição, as versões especulares não se alinham perfeitamente uma com a outra. Na prática, isso

significa que uma versão da molécula se encaixa com precisão nos processos biológicos, enquanto a outra não.

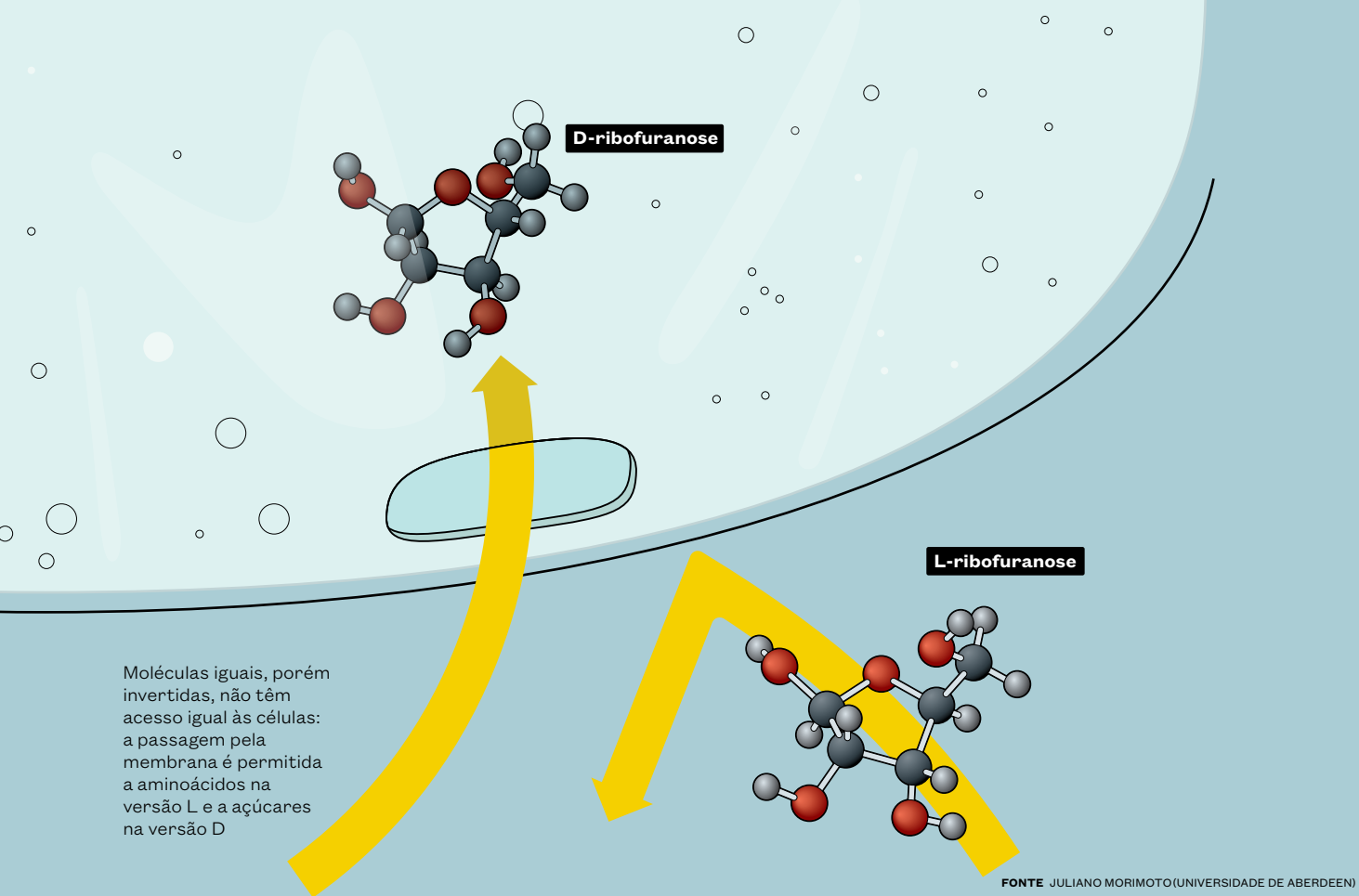
“A vida na Terra tem preferência por açúcares na configuração da ‘mão direita’ [D] e por aminoácidos na ‘mão esquerda’ [L], com algumas pequenas exceções”, explica o biólogo brasileiro Juliano Morimoto, da Universidade de Aberdeen, na Escócia, e do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Paraná (UFPR). “Quando esses compostos são produzidos quimicamente em situações que simulam a origem da vida, aparecem em proporções iguais, tanto na configuração de mão direita quanto na de esquerda. Mas, como só uma delas é utilizada nos sistemas biológicos, precisou existir algum mecanismo seletor”, detalha o pesquisador, que é um dos autores do estudo.

A explicação remonta a bilhões de anos, quando o planeta era um ambiente repleto de reações químicas capazes de formar moléculas simples, como açúcares e aminoácidos – cenário demonstrado na década de 1950 pelos experimentos do químico norte-americano Stanley Mil-

ler (1930-2007) e também observado em meteoritos. A vida teria surgido a partir da forma como elas passaram a se organizar e formar estruturas membranosas primitivas, que mais tarde deram origem às células.

Em laboratório, Morimoto e colaboradores recriaram modelos semelhantes às membranas de bactérias e arqueias, os dois principais grupos de organismos unicelulares considerados nas teorias sobre a origem da vida, e constataram que essas barreiras eram capazes de selecionar quais moléculas podiam atravessá-las. Esse processo seria resultado de uma permeabilidade determinada pelas propriedades físico-químicas das membranas, cujas moléculas em si também têm características de quiralidade em sua composição: L nas arqueias e D nas bactérias e eucariotos.

Além disso, a equipe desenvolveu uma versão híbrida, combinando características bacterianas e arqueanas para investigar se alguma das três apresentava propriedades compatíveis com o que se observa na biologia atual. “O que verificamos é que a membrana híbrida tem a



capacidade de selecionar certos açúcares da ‘mão direita’ e aminoácidos da ‘mão esquerda’, exatamente a seletividade que esperaríamos na origem da vida pelo que sabemos hoje da biologia”, detalha.

A partir das membranas recriadas, os pesquisadores utilizaram uma técnica que permite controlar com precisão a passagem de fluidos contendo diferentes açúcares e aminoácidos em torno das vesículas formadas. Eles adicionaram um marcador fluorescente ao interior das membranas e monitoraram a intensidade do brilho emitido ao longo do tempo. Quando as moléculas externas conseguiam atravessá-las e interagir com o marcador, a fluorescência se alterava, indicando a entrada da substância. Esse método permitiu comparar diretamente a permeabilidade entre moléculas de “mão direita” e de “mão esquerda”.

“Talvez a solução para o mistério da quiralidade da vida esteja, de fato, na permeabilidade seletiva das membranas das protocélulas”, analisa o físico e astrônomo brasileiro Marcelo Gleiser, do Dartmouth College, nos Estados Unidos, que não participou da pesquisa. Ele é autor de

um artigo publicado na revista científica *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, em 2022, sobre as possíveis origens da homocircularidade (a preferência por L-aminoácidos e D-açúcares) na vida terrestre.

Na publicação, Gleiser propõe que essa definição possa ter se originado a partir de três mecanismos distintos: flutuações ambientais locais que atuaram de forma aleatória, a influência de radiação ultravioleta circularmente polarizada em regiões de formação estelar, ou ainda efeitos sutis de violação de paridade em nível subatômico. Cada uma dessas hipóteses, segundo afirma, implica diferentes consequências observacionais, tanto no Sistema Solar quanto em exoplanetas, o que sugere que a busca por vida fora da Terra pode ser essencial para desvendar a origem dessa assimetria fundamental nos sistemas biológicos que conhecemos até agora.

Sobre a hipótese testada por Morimoto e colaboradores, Gleiser afirma que

é válida e apresenta resultados interessantes, mesmo que não seja possível conhecer com total precisão o conjunto de fatores físicos, químicos e ambientais da Terra naquela época. “A dificuldade maior aqui é saber se esse foi o processo exato que ocorreu há 4 bilhões de anos, uma vez que não temos acesso às condições planetárias dessa época primordial”, pondera.

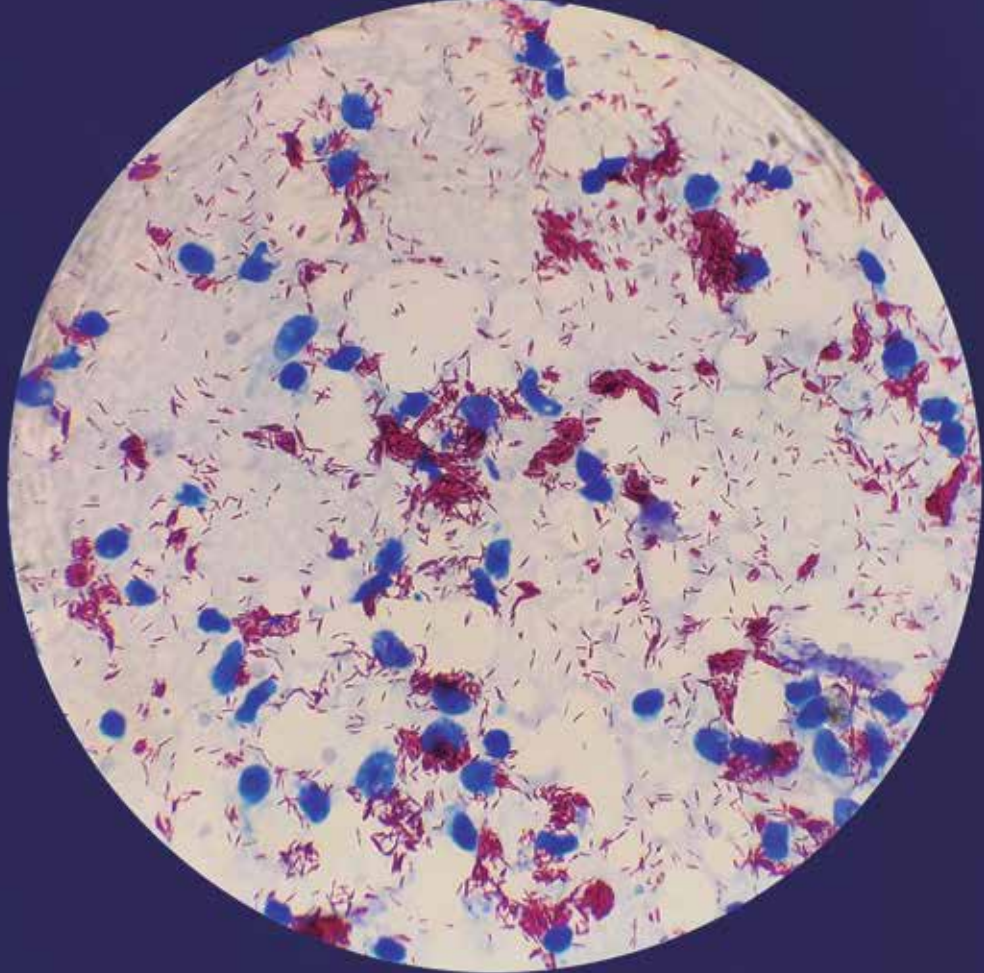
Ciente dos desafios de reconstruir eventos do passado remoto, o grupo de Morimoto avança em duas frentes para aprofundar a compreensão da quiralidade. Com financiamento de £ 1,4 milhão da Gordon and Betty Moore Foundation – organização norte-americana que apoia a pesquisa –, os pesquisadores buscam investigar em detalhe como a composição química das membranas das protocélulas influencia a origem da permeabilidade seletiva. Paralelamente, desenvolvem um modelo matemático para entender a dinâmica desse fenômeno e identificar as condições mínimas necessárias para que ocorra um processo de seleção natural. ●

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

Hanseníase pré-colombiana

Principal espécie, *Mycobacterium leprae*, foi trazida por europeus, mas *M. lepromatosis* já estava no continente há pelo menos mil anos

MARIA GUIMARÃES



Amostra de lesão de pele com *Mycobacterium leprae* (os fiapos vermelhos), vista ao microscópio em aumento de mil vezes

A hanseníase tem uma longa história na América, de acordo com estudo publicado em maio na revista científica *Science*. Há mais de mil anos, antes da ocupação europeia, a bactéria *Mycobacterium lepromatosis* provavelmente estava no continente inteiro.

É uma novidade porque até 2008, quando a espécie foi descrita, se conhecia apenas o principal agente causador da doença, *M. leprae*, responsável por cerca de 200 mil novos casos a cada ano no mundo todo. A espécie teria sido trazida para o Novo Mundo a partir do final do século XV, de carona com os europeus e os escravizados trazidos da África. Esse entendimento permanece.

A história começou a ganhar outros contornos porque o geneticista e bioin-

formata argentino Nicolás Rascovan, pesquisador do Instituto Pasteur, na França, em 2018 detectou *M. lepromatosis* ao sequenciar um DNA antigo de uma amostra humana coletada em um sítio arqueológico no Canadá e mantida no Museu Canadense de História. Mais recentemente ele obteve amostras armazenadas no Museu de La Plata, na Argentina, de dois sítios arqueológicos na Patagônia, que analisou com anuência das comunidades indígenas locais. E ali também encontrou material genético da mesma espécie de bactéria. Em conjunto, esses achados permitem dizer que há cerca de mil anos *M. lepromatosis* estava no norte e no sul do continente. Seria, portanto, improvável que não existisse nos 10 mil quilômetros que separam um local do outro.

“Também detectamos *M. lepromatosis* em uma amostra atual do Brasil usando uma técnica chamada PCR, mas não foi

possível obter sequências genômicas”, detalha Rascovan em e-mail a *Pesquisa FAPESP*. “Tanto as evidências contemporâneas de pacientes brasileiros quanto as do estudo publicado agora sugerem que essa bactéria esteve – e talvez ainda esteja – muito mais amplamente distribuída do que pensávamos.” Para preencher essas lacunas, o geneticista defende um mapeamento mais abrangente que permita investigar a diversidade histórica e atual do microrganismo. “Nosso trabalho deve incentivar dermatologistas, hospitais e pesquisadores a dedicarem mais recursos e esforços ao monitoramento e à detecção desse patógeno, tanto em humanos quanto em animais.”

Não é possível, com os dados disponíveis, reconstruir o histórico de disseminação pelo continente. A bactéria pode ter chegado há mais de 10 mil anos com as populações humanas que vieram da

Sibéria e se espalharam da América do Norte para o sul, ou ter infectado esses primeiros americanos a partir de animais já presentes no continente. Fora da América, *M. lepromatosis* só foi encontrada em esquilos do Reino Unido. Uma hipótese ainda especulativa é que tenha sido transmitida em algum momento dos últimos três séculos por esquilos de outra espécie, introduzidos a partir dos Estados Unidos. “Ou algum outro animal, inclusive seres humanos”, ressalva Rascovan.

O estudo analisou 389 amostras antigas – sequenciadas agora ou usando dados disponíveis em bancos públicos – e 408 contemporâneas, colhidas de pacientes com hanseníase em cinco países: Estados Unidos, México, Guiana Francesa, Brasil e Paraguai. Em 36 dessas amostras atuais, a maior parte do México, o agente patogênico era *M. lepromatosis*. Uma delas era brasileira, de Pernambuco.

A maior parte das amostras brasileiras vinha de pacientes da região amazônica – Pará e Amazonas –, onde está o grupo do médico dermatologista e hansenologista Claudio Salgado, da Universidade Federal do Pará. O médico ressalta a importância do trabalho de monitoramento constante, que lhes permite contribuir para um estudo amplo como o liderado por Rascovan. O Brasil é o segundo país em número de casos, atrás da Índia. Em 2023, de acordo com o boletim do Ministério da Saúde lançado no início deste ano, foram registrados quase 23 mil novos casos, um aumento de 16% em relação a 2022. A maior parte deles se concentra nas regiões Norte e Centro-Oeste. Os sintomas se manifestam na pele, com manchas, nódulos e perda de sensibilidade, e a doença pode afetar o sistema nervoso, causar um quadro de fraqueza generalizada e levar à deficiência física.

Salgado considera essencial ajustar os protocolos para buscar *M. lepromatosis*. Como a espécie ainda não foi suficientemente estudada, ainda nem se sabe quais as diferenças do quadro clínico em relação à doença causada por *M. leprae*, muito mais comum. Para Salgado, a presença de diferentes espécies da bactéria pode ser em parte responsável por manifestações diversas da doença e pela atuação limitada da medicação para alguns pacientes – além da necessidade de se atualizar o

antibiótico usado, o mesmo há décadas. “As bactérias evoluem e adquirem resistência”, alerta o médico.

É uma doença bastante negligenciada, em parte por causa da população que atinge, caracterizada por pobreza e exclusão, de acordo com a médica-veterinária Patricia Rosa, do Instituto Lauro de Souza Lima, em Bauru, no interior paulista, também coautora do estudo e colaboradora do grupo paraense. “A hanseníase não mata e está carregada de estigma, talvez por isso atraia pouco investimento, mas é complicada pelas manifestações no organismo que se tornam crônicas”, explica ela.

O grupo de Rosa estuda *Mycobacterium leprae* por inoculação em camundongos. É uma forma de entender melhor como a doença atua, como o organismo reage à medicação e também de cultivar cepas da bactéria, que, diferentemente de outras, não sobrevive em meio artificial.

O estudo em animais é importante, ainda, para entender a disseminação da doença. “Se não sabemos quais são os outros hospedeiros, não temos como conter a cadeia de transmissão”, afirma Rosa. Alguns grupos no Brasil buscam os reservatórios das duas espécies de *Mycobacterium*. Um deles é o da médica epidemiologista Rita Donalisio, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que não participou do estudo da *Science*. Um artigo publicado em 2024 na revista *Acta Tropica* descreve os resultados da amostragem de 78 tatus, coletados em um trabalho que levou a equipe por 40 mil quilôme-

tros de estradas em todos os biomas do país em busca de animais atropelados. “O tatu é um reservatório conhecido para a hanseníase”, conta a pesquisadora, que ficou frustrada por não encontrar *M. lepromatosis*. Já *M. leprae* se comprovou frequente nesses animais. “É importante porque em muitas regiões as pessoas têm contato próximo com tatus, para alimentação e diversos usos da carapaça.”

Donalisio explica que falta esforço de diagnóstico de *M. lepromatosis* no Brasil. Como as manifestações clínicas são parecidas, seria necessário disseminar análises moleculares para detectar a bactéria. Para ela, a descoberta de que a espécie já circulava na América em tempos pré-colombianos é importante para aumentar o conhecimento sobre a bactéria e torna ainda mais provável a existência de reservatórios animais, que é preciso localizar. “Na perspectiva da Uma Só Saúde, One Health, incluir animais-sentinelas na vigilância epidemiológica é um recurso importante para alertar que um patógeno está circulando em uma região”, propõe.

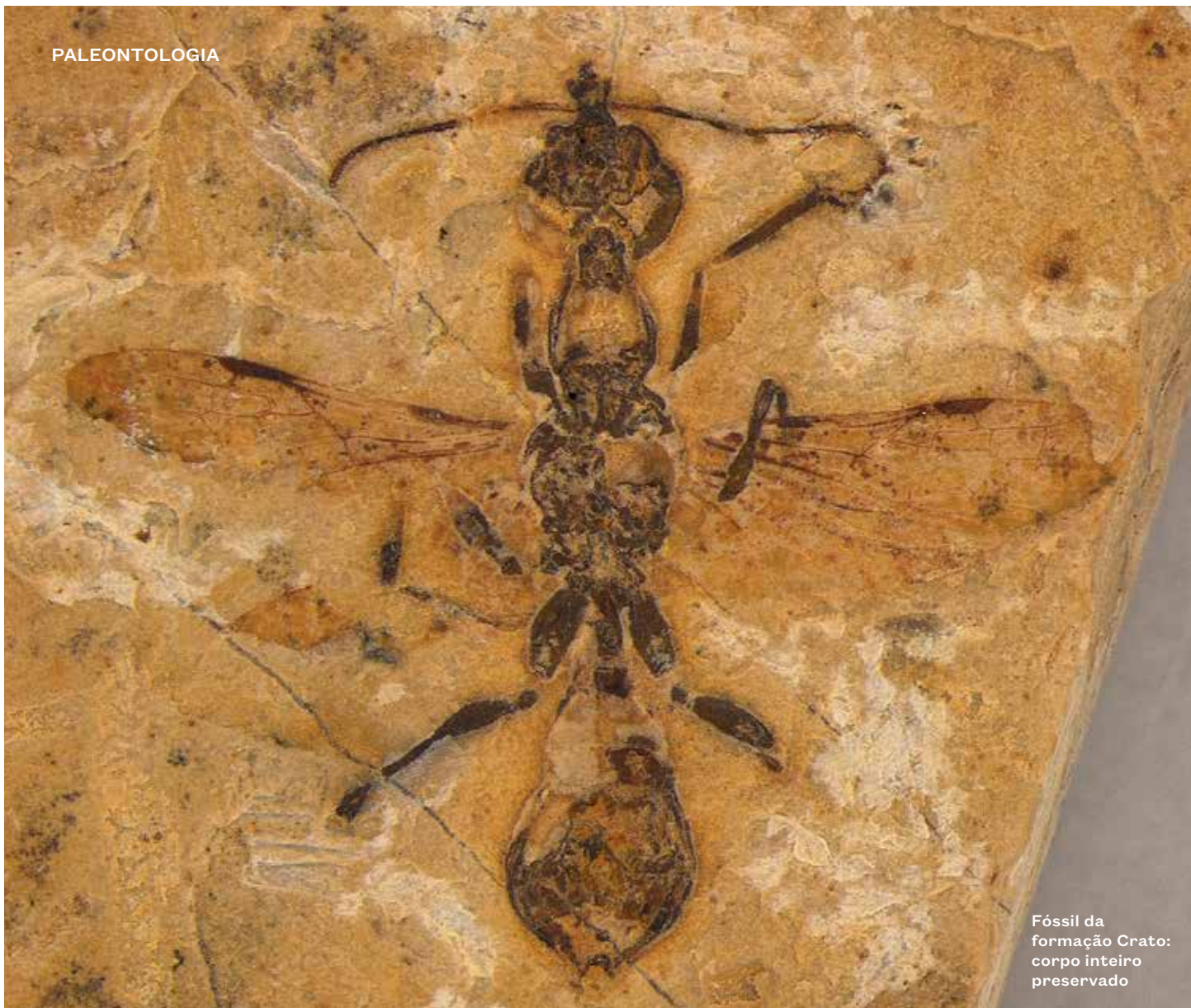
Mais do que completar o conhecimento, o artigo da *Science* revela o quanto ainda há por descobrir. Para Rascovan, do Pasteur, é bem provável que haja espécies desconhecidas de *Mycobacterium* por aí. “Em nosso estudo detectamos linhagens muito antigas e raras de *M. lepromatosis*, o que sugere que outras ainda não identificadas possam estar circulando no continente, possivelmente em reservatórios animais ou em regiões onde o diagnóstico genético não é realizado de forma sistemática”, sugere.

O grupo também detectou uma separação de quase 1 milhão de anos entre o surgimento das espécies *M. leprae* (provavelmente na Eurásia) e *M. lepromatosis*, na atual América. “Isso nos obriga a repensar em que contexto temporal e em qual região geográfica essa diversificação ocorreu, se outras espécies ou subespécies também podem ter se ramificado desde então e onde estariam hoje.” O pesquisador argentino deixa um recado final: o trabalho mantém os achados anteriores de que *M. leprae* foi trazida às Américas pelos europeus e teve um impacto significativo sobre as populações indígenas. ●



Dente escavado em sítio arqueológico argentino: fonte para a extração de DNA antigo

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



Fóssil da formação Crato: corpo inteiro preservado

Pequeno predador entre os gigantes

Com 113 milhões de anos, fóssil de formiga-infernal encontrado no Nordeste é o mais antigo do mundo

ENRICO DI GREGORIO

Dinossauros e répteis voadores não eram os únicos perigos da Terra 100 milhões de anos atrás. Rente ao chão, formigas com cerca de 1,5 centímetro (cm) com asas, mandíbulas afiadas com formato de foice e um ferrão podiam ser um verdadeiro incômodo.

A aparência hostil desses insetos da subfamília *Haidomyrmecinae* rendeu a eles o apelido de formiga-infernal. Um artigo de maio na revista *Current Biology* revelou que uma espécie desse grupo extinto, *Vulcanidris cratensis*, viveu há 113 milhões de anos nas terras do atual município do Araripe. O fóssil foi encontrado na formação Crato, na divisa de três estados: Ceará, Pernambuco e Piauí.

É a primeira espécie de formiga-infernal encontrada no Brasil. Desde 2008, paleoentomólogos já haviam classificado 12 espécies a partir de fósseis encontrados em âmbar de Mianmar, na Ásia, uma espécie nos Estados Unidos e outra na França. O fóssil brasileiro é o mais antigo deles.

A presença das formigas no Brasil mostra que a distribuição desses insetos era muito maior do que se pensava. “Agora sabemos que elas estavam tanto no hemisfério Norte quanto no Sul”, conta a entomóloga Gabriela Procópio Camacho, do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZ-USP).

Antes da recente descoberta, os pesquisadores sabiam, por estudos genéticos de formigas atuais da América do Sul e África, que as primeiras espécies desses insetos tinham surgido no continente sul-americano. “O problema é que, apesar disso, os fósseis mais antigos conhecidos eram do hemisfério Norte, particularmente da Ásia”, conta Camacho. “A descoberta dessa nova espécie no Ceará, com cerca de 110 milhões de anos, indica se tratar da formiga mais antiga conhecida até hoje, de um grupo considerado bem primitivo, o que fortalece a ideia de que a América do Sul teve um papel central no início da história evolutiva das formigas e pode ter sido um dos lugares onde elas começaram a se diversificar.”

Há 100 milhões de anos, a região onde agora é Mianmar era quente, chuvosa e coberta por uma vegetação fechada típica de florestas tropicais úmidas. Na mesma época, a formação Crato registra um ambiente de clima seco, com lagos rasos, estações marcadas e uma vegetação variada, com coníferas, samambaias e algumas plantas com flores – as primeiras do mundo. “Isso mostra que as formigas-infernais tinham uma boa capacidade de adaptação, o que pode explicar como elas conseguiram se espalhar por várias partes do planeta durante o Cretáceo.”

A descoberta foi fruto do acaso. “O fóssil foi doado junto a outros por uma família que tinha uma coleção. Ao fazer a curadoria, vimos esse inseto que não se parecia com nenhum outro que conhecíamos no Brasil”, conta Camacho. O primeiro autor do artigo, Anderson Lepeco, biólogo em treinamento técnico no MZ-USP, com bolsa da FAPESP, lembrou dos fósseis de formiga-infernal de Mianmar. Os pesquisadores fizeram,

então, um exame tomográfico para estudar o corpo do inseto em 3D e confirmar a identificação.

O excelente estado de preservação do fóssil e a anatomia particular desses insetos ancestrais facilitaram o trabalho. “As formigas-infernais tinham mandíbulas verticais, usadas para morder de baixo para cima. As formigas de hoje se alimentam com movimentos horizontais”, detalha Camacho.

Essas foices minúsculas eram usadas para carregar alimentos vegetais, como seiva de árvores, e capturar outros insetos. Uma das formigas ancestrais de Mianmar, descrita por pesquisadores dos Estados Unidos e da França, em 2020 na *Current Biology*, foi fossilizada em âmbar com as mandíbulas fincadas em outro inseto.

O artigo escrito pelos brasileiros conclui que a raridade de exemplares desse grupo no Crato, onde a única espécie encontrada é *V. cratensis*, é um indicativo de que as formigas-infernais não eram um predador dominante naquele ambiente. Em 1989, o zoólogo Carlos Roberto Brandão, do MZ-USP, deu o nome de *Cariridris bipetiolata* para uma espécie de formiga do Crato. “O problema é que o fóssil estava em uma coleção particular à qual os pesquisadores perderam acesso e a descrição de Brandão foi ba-

seada em um desenho e uma fotografia do fóssil, e não em uma tomografia 3D, como a de *V. cratensis*”, conta Camacho. “Alguns pesquisadores classificaram o fóssil como uma vespa e a identidade acabou contestada.” A nova publicação dá uma base maior para o trabalho de Brandão, embora Camacho destaque que, por conta das tecnologias usadas, “a nova descoberta é atualmente considerada a primeira formiga fóssil do Crato validada com segurança pela ciência”.

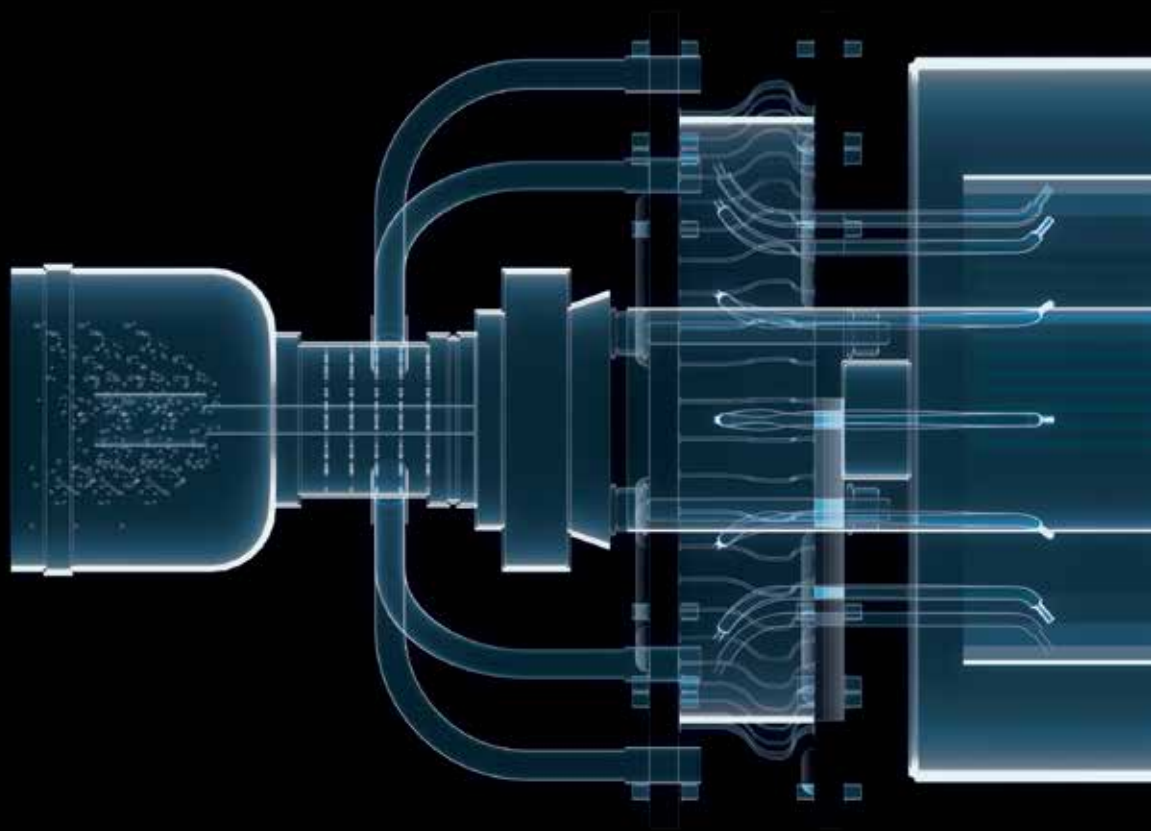
“A tomografia é muito importante porque os detalhes anatômicos que ela revela permitem pensar sobre os modos de vida desses animais”, defende o paleontólogo Gabriel Osés, pesquisador colaborador no Instituto de Física da USP, que estuda fósseis de insetos do Crato e não participou do estudo. Ele ressalta que, no caso dos insetos, é possível entender a relação entre os organismos e as plantas.

O fóssil brasileiro se diferencia dos asiáticos porque é o único em rocha, e não em âmbar. “Isso é uma característica muito particular da formação Crato, conhecida pela preservação excepcional tanto de grandes animais quanto de insetos e outros artrópodes”, conta Osés. Nessa formação, há dois tipos de calcário onde é possível encontrar fósseis. Em um deles, escuro pela abundância de matéria orgânica no passado, a preservação dos animais era mais precária. O outro, de cor bege, era rico em um mineral chamado pirita, que, quando oxidado, forma hidróxido de ferro (ver Pesquisa FAPESP nº 283).

São alguns desses minerais que substituíram os tecidos de vários dos organismos do passado no Crato e preservaram suas estruturas. No caso dos insetos, mais delicados e difíceis de preservar, a fossilização é mais rara do que nos vertebrados, mas, quando ocorre, pode preservar o corpo inteiro dos artrópodes, incluindo os tecidos moles.

Estudar essas formas de vida é essencial para entender melhor os ambientes ancestrais. “As formigas de hoje são grandes engenheiras de ecossistemas”, conta Camacho. “Elas tornam o solo mais poroso, facilitando a entrada de água e favorecendo a fertilidade.” Também transportam sementes e controlam a quantidade de pragas ou plantas invasoras que fazem parte da sua dieta. “Podemos considerar que, no passado, elas também desempenharam um papel importante”, sugere. ●

A América do Sul teve um papel central no início da evolução das formigas



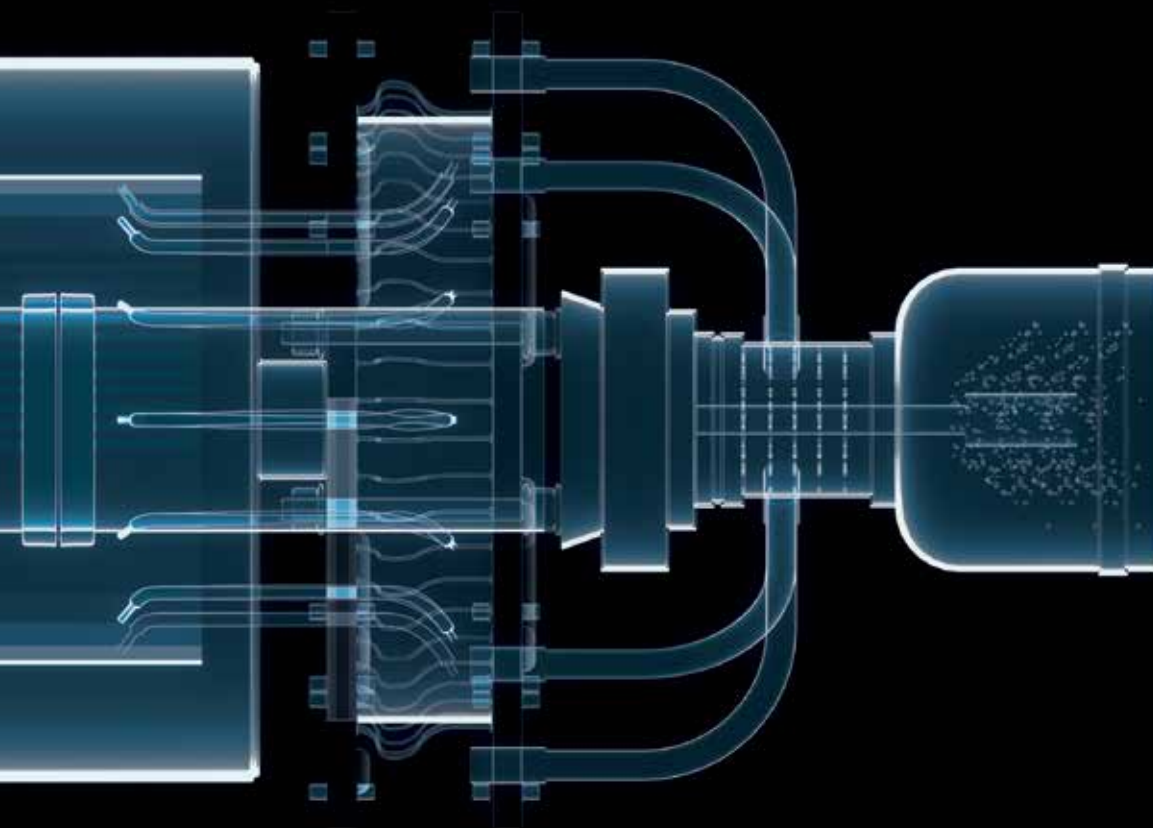
Compacto e potente

Projeto de microrreator nuclear em desenvolvimento para produzir eletricidade se propõe a atender comunidades isoladas e substituir geradores a diesel

DOMINGOS ZAPAROLLI

Nove instituições, entre universidades, institutos de pesquisa e uma diretoria da Marinha do Brasil, e quatro empresas unem esforços para desenvolver no país os meios e a tecnologia necessários para a fabricação de microrreatores nucleares. Se forem bem-sucedidos, irão incluir o país entre os pioneiros nesse sistema de geração de eletricidade. Os microrreatores são equipamentos de menor porte do que os reatores nucleares convencionais que geram energia por meio da fissão do núcleo atômico. O projeto prevê o desenvolvimento de aparelhos capazes de gerar entre 1 e 5 megawatts (MW) de energia. Cada megawatt é suficiente para abastecer cerca de mil pessoas. Pouco mais de um quinto dos municípios brasileiros tem até 5 mil habitantes e poderia ser atendido por apenas um microrreator.

Controlados remotamente e do tamanho de um contêiner de 40 pés, com 12 metros (m) de comprimento por 2,4 m de largura e 2,6 m de altura, os equipamentos poderão ser usados em substituição a geradores de eletricidade a diesel que abastecem comunidades isoladas, indústrias,



Representação gráfica de microrreator nuclear inspirada em projeto da britânica Rolls-Royce

hospitais, datacenters e outros estabelecimentos que precisam de um sistema alternativo ou complementar ao fornecimento elétrico convencional.

“Os microrreatores nucleares podem gerar energia ininterruptamente por até uma década sem precisar de recarga de combustível”, diz o físico e coordenador técnico do projeto João Manoel Losada Moreira, do Programa de Pós-graduação em Energia da Universidade Federal do ABC (UFABC) e da startup Terminus Energia. “Uma de suas grandes vantagens é não emitir gases de efeito estufa [GEE].”

O projeto do microrreator brasileiro, programado para ser instalado junto ao reator Argonauta, do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, exigirá a superação de vários desafios tecnológicos e poderá proporcionar legados para a pesquisa nuclear brasileira. Entre os principais suprimentos que irão requerer um esforço local estão a concepção e a produção dos tubos de calor – *heat pipes*, no jargão nuclear –, capazes de suportar temperaturas de 800 graus Celsius (°C), e o desenvolvimento da cadeia produtiva da grafita e do berílio. “*Heat pipes* de uso nuclear e berílio são dois materiais considerados

estratégicos e de comercialização internacional restrita”, comenta o pesquisador da UFABC.

A iniciativa ainda está em uma fase intermediária de desenvolvimento. Seu Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) atual é o 3, que compreende a demonstração da viabilidade da solução proposta por meio de estudos analíticos ou experimentais em laboratório. Criada pela Nasa, a agência espacial norte-americana, a escala TRL indica o estágio de desenvolvimento de inovações tecnológicas em diferentes setores da economia. O último nível, 9, significa que a solução se encontra em produção continuada. O objetivo dos pesquisadores brasileiros é alcançar o estágio TRL 6 em três anos, demonstrando por meio de experimentos específicos as funções críticas da nova tecnologia.

Além da UFABC, participam do projeto as universidades federais do Ceará (UFC), de Minas Gerais (UFMG) e de Santa Catarina (UFSC), o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) e o IEN – ambos ligados à Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) –, o Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel), a Marinha do Brasil, por meio de sua Diretoria de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico, as empresas pú-

blicas Amazul – Amazônia Azul Tecnologias de Defesa e Indústrias Nucleares Brasileiras (INB), a startup fluminense Terminus Energia e a companhia catarinense Diamante Geração de Energia. A iniciativa tem um orçamento de R\$ 50 milhões, sendo R\$ 30 milhões em recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), obtidos este ano, e R\$ 20 milhões da empresa Diamante.

A tecnologia dos microrreatores é inspirada nos reatores nucleares projetados para gerar energia em missões espaciais. Eles não utilizarão água ou gás em seu sistema de refrigeração e de condução de calor, como ocorre nas usinas nucleares tradicionais. A recuperação de calor será feita pela tecnologia de *heat pipes*, a mesma proposta para reatores espaciais (ver infográfico).

O aparelho será composto por um reator de pequeno porte onde ocorrerá a fissão nuclear, ou seja, o processo de divisão do núcleo de átomos de urânio causada por uma reação em cadeia de nêutrons. O resultado da fissão é a liberação de

energia na forma de calor. Os átomos de urânio estarão contidos em varetas de combustível colocadas dentro do reator. Os nêutrons gerados pela fissão serão inicialmente de alta energia cinética (velocidade), na casa de 2 milhões de elétron-volts (eV), mas a reação em cadeia da fissão é mais eficiente quando os nêutrons são lentos, com cerca de 1 eV. Para baixar a energia dos nêutrons, será possível usar grafita ou berílio, denominados moderadores de energia.

“Em um reator tradicional, os nêutrons são desacelerados com água aquecida”, explica o engenheiro de materiais Jesualdo Luiz Rossi, pesquisador do Ipen, responsável por desenvolver o sistema moderador do microrreator. “Dois outros elementos podem ser empregados para a mesma tarefa: a grafita ou o óxido de berílio [BeO].” A grafita é um composto de carbono sólido, disponível no mercado global. Para usá-la como agente desacelerador, o núcleo do reator precisará ter em torno de 1 metro de diâmetro, informa Moreira. Se for utilizado o berílio, pode ter 60 centímetros.

O calor gerado, em torno de 800 °C, é conduzido do reator por um conjunto de *heat pipes* para o trocador de calor do sistema de conversão de potência, que transformará a energia térmica em elétrica. De acordo com Moreira, dois sistemas tradicionais de conversão de potência estão em análise pela equipe: os ciclos termodinâmicos Stirling e Brayton. O desenvolvimento de *heat pipes* capazes de trabalhar a 800 °C está a cargo das equipes da UFC, UFMG e UFSC.

O núcleo do *heat pipes* será de sódio puro, um eficiente condutor de calor. Segundo o pesquisador da UFABC, não existem dados disponíveis sobre a produção dos tubos de calor adequados para a aplicação nuclear, pois são tratados como segredo industrial por quem detém a tecnologia.

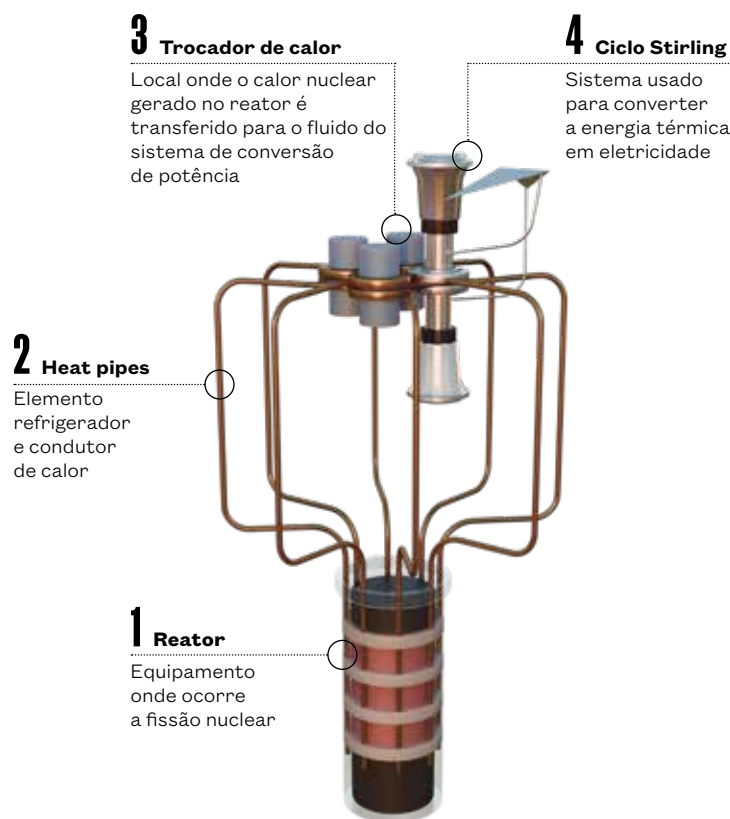
Também compõe o microrreator um sistema que usa barras e tambores rotativos absorvedores de nêutrons para controle da reação de fissão em cadeia do microrreator. Esse sistema, essencial para a segurança do processo, permite estabilizar, elevar, reduzir ou mesmo zerar o nível de potência do microrreator, desligando-o. “O material absorvedor de nêutrons será produzido com carboneto de boro, material cerâmico de alta resistência e dureza”, detalha Rossi. Gerar carboneto de boro é uma tecnologia conhecida, mas o Brasil não fabrica. Caberá ao Ipen desenvolver o processo produtivo, que será posteriormente repassado a eventuais empresas interessadas.

CONTENÇÃO E BLINDAGEM DE AÇO

Outro desenvolvimento tecnológico que se fará necessário é de um sistema de controle remoto digital para os microrreatores, tarefa a cargo do Inatel e do IEN. “Estamos propondo um sistema

Uma nova máquina para gerar eletricidade

Desenho esquemático dos componentes de um reator nuclear espacial dotado de *heat pipes*



FONTE: GIBSON, M. ET AL. KILOPOWER, NASA'S SMALL FISSION POWER SYSTEM FOR SCIENCE AND HUMAN EXPLORATION. 2014 (ADAPTADO)



O microrreator brasileiro será instalado nas dependências do reator nuclear de pesquisa Argonauta, no Rio de Janeiro

inovador, que, além do controle remoto do microrreator, também permitirá ao equipamento trabalhar de forma integrada com microrredes de energia, redes elétricas locais autossuficientes que podem ou não estar conectadas com a rede nacional”, diz Moreira.

Nas microrredes, a geração de energia é feita por equipamentos de pequeno porte, geralmente com fonte eólica ou fotovoltaica ou uma combinação de fontes. No caso, o microrreator nuclear poderá trabalhar isolado ou em conjunto com geradores intermitentes, que dependem da incidência de sol ou vento, dando estabilidade ao fornecimento de energia local.

Complementa o projeto a construção de um sistema de blindagem e contenção, uma estrutura de aço ou de camadas de aço e chumbo, que envolverá o sistema reator e terá a função de conter a radiação durante a operação e o material radioativo em caso de acidente. Moreira explica que os processos de refrigeração e condução de calor via *heat pipes* operam em pressão próxima da atmosférica. “Nas grandes usinas nucleares, o maior desafio da segurança é manter a refrigeração quando o reator é repentinamente desligado. É a perda de refrigeração que gera o descontrole da pressão e o risco de escape de material radioativo”, conta. “No caso do microrreator, por ter níveis de potência cerca

de mil vezes menor do que os reatores de grande porte, se ele for desligado repentinamente é muito mais fácil resfriá-lo.”

Em um estudo divulgado na revista *Nuclear Engineering and Design*, em 2024, Moreira e colegas da UFBAC e da Terminus apresentaram os fundamentos e o detalhamento do projeto que norteará a construção do núcleo do microrreator. Também demonstraram um potencial do ciclo de trabalho do reator em 8,7 anos sem reabastecimento e compararam a iniciativa nacional com três projetos considerados de referência internacional, que apresentam a autossuficiência do combustível limitada a cinco anos.

O enriquecimento de urânio para o microrreator poderá chegar a 20%, enquanto para os grandes reatores comerciais esse nível é de até 5%. Inicialmente, o microrreator brasileiro empregará dióxido de urânio (UO_2) como combustível. Fornecido pela INB, é o mesmo combustível que abastece as usinas nucleares de Angra dos Reis, no litoral fluminense. Em uma etapa mais avançada, quando estiverem em uso comercial, a proposta é reciclar o rejeito radioativo das unidades de Angra para uso como combustível nos microrreatores – na Europa e na Ásia, a reciclagem já ocorre em pequena escala.

O potencial da reciclagem do combustível nuclear e os ganhos proporcionados em termos de redução do tempo para o decaimento da radioatividade quando o material é reaproveitado foram demonstrados em artigo publicado por pesquisadores associados ao projeto na *Nuclear Engineering and Design*, em 2023.

O físico Claudio Geraldo Schön, coordenador do curso de engenharia nuclear da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), que não integra o grupo de pesquisa responsável pelo desenvolvimento do microrreator, avalia que esses aparelhos são uma tecnologia segura. “Se algo diferente de sua operação programada ocorrer, não há risco de evolução para um acidente nuclear. O risco que existe nos grandes reatores está associado à possibilidade de o núcleo radioativo fundir”, explica. Os microrreatores, esclarece Schön, trabalham com temperatura menor e não há como o núcleo atingir o ponto de fusão. “Isso ocorre nos reatores tradicionais pela falta de líquido refrigerante; e o microrreator não usa fluidos líquidos.” Também contribui para a segurança desses equipamentos, segundo o pesquisador, o fato de eles terem baixa potência e usarem menos urânio.

INCENTIVO À ENERGIA NUCLEAR

Várias empresas e centros de pesquisas públicos e privados de outros países trabalham no desenvolvimento de microrreatores nucleares,

mas ainda não há nenhum modelo em operação comercial. A norte-americana Westinghouse e a britânica Rolls-Royce têm projetos avançados na área. Espera-se que os primeiros aparelhos, de uso exclusivo do Exército dos Estados Unidos, entrem em operação ainda este ano ou em 2026.

O custo inicial do microrreator brasileiro é estimado em cerca de US\$ 10 milhões; quando passar a ser fabricado em série, o valor deverá cair. O equipamento terá um custo de geração elétrica em torno de R\$ 990 por megawatt-hora (MWh), informa Moreira. Esse valor o tornaria ligeiramente mais econômico do que os geradores a diesel que são usados para atender a pequenas comunidades na região Norte, que têm custo superior a R\$ 1 mil por MWh.

O governo brasileiro já demonstrou interesse em ter mais energia nuclear na matriz elétrica do país. Em maio, durante visita à Rússia, o presidente Luiz Inácio Lula da Silva reiterou manifestação de seu governo de realizar uma parceria com a estatal nuclear russa Rosatom para adquirir tecnologia de pequenos reatores modulares, conhecidos como SMR (*small modular reactors*). Esses aparelhos podem gerar entre 20 MW e 300 MW e operam nos moldes dos reatores tradicionais – para comparação, Angra 1 tem potência instalada de 640 MW e Angra 2 de 1.350

MW. No mundo, só há três SMR em operação, um na China e dois na Rússia.

No Brasil, a Petrobras tem um acordo com o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe-UFRJ) para a avaliação do uso de SMR embarcados para atender a plataformas de petróleo em alto-mar, substituindo as turbinas a gás hoje em uso. A troca de um sistema por outro deverá reduzir as emissões de GEE.

O físico Giovanni Laranjo Stefani, chefe do Departamento de Engenharia Nuclear da UFRJ e pesquisador de reatores nucleares, avalia que o desenvolvimento no Brasil de tecnologias necessárias para a construção de microrreatores e SMR poderá permitir ao país, considerado neutro em disputas tecnológicas globais, estabelecer-se como fornecedor desses equipamentos para o mercado internacional.

“Também possibilitará ao Brasil contar com uma fonte de energia limpa em emissões de carbono e confiável, que não dependa das oscilações do tempo”, afirma Stefani, que não integra o grupo responsável pelo projeto do microrreator brasileiro. “Essa característica é muito importante para instalações onde a oferta contínua de energia é imprescindível, como hospitais e datacenters.” ●

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



Plataformas no mar do Norte: reatores de pequeno porte poderão ser usados para atender instalações offshore de óleo e gás



Os dois bezerros de pelo curto nascidos na fazenda experimental da Embrapa em Juiz de Fora

BIOTECNOLOGIA

Seleção genética acelerada

Edição de DNA facilita a incorporação de características desejadas em bovinos

CARLOS FIORAVANTI

Após quase 10 anos de planejamento, batalhas por financiamentos, formação de equipes e sucessivos ajustes nas técnicas em laboratório, apareceram os resultados de uma nova abordagem de melhoramento genético animal. São os dois bezerros da raça angus, um macho e uma fêmea, vindos do mesmo pai, com pelo curto, liso e brilhante, que pastam e dormem com tranquilidade na fazenda experimental da Embrapa Gado de Leite. Eles mostram que até aqui deu certo o experimento para induzir características desejadas em animais usando uma técnica de edição gênica conhecida como Crispr-Cas9.

Nesse caso, pretendia-se induzir uma mutação genética que poderia resultar em pelos curtos. Essa característica interessava aos pesquisadores por ser visível já ao nascer, indicando se o experimento havia sido bem-sucedido ou não. Esse atributo poderá também aumentar a tolerância dos bovinos ao calor, em comparação com os de pelo longo.

Em laboratório, a equipe da Embrapa Gado de Leite, sediada em Juiz de Fora (MG), produziu 16 embriões, implantados no final de junho de 2024 em 16 vacas previamente preparadas para recebê-los. Seis gestações avançaram, embora uma delas não tenha chegado ao final. Na última semana de abril e primeira de março, nasceram cinco bezerros. Cada um deles apresentou graus variáveis de eficiência da edição gênica, com taxas de incorporação da mutação entre 0% e 83%. Dois animais nasceram com 74% e 83% de edição no genoma, o que explica seus pelos curtos. Dos outros três, dois apresentaram pelos longos e sem edição no genoma e um, de pelo intermediário, apresentou 50% de edição, mas morreu com 41 dias por causa de uma infecção bacteriana.

“Com o melhoramento genético de precisão, por meio da edição genética, podemos fazer em apenas alguns anos o que a natureza demora décadas”, comenta o médico-veterinário Luiz Sérgio de Almeida Camargo, coordenador da pesquisa. Ele se refere ao fato de que os animais trazidos

de Portugal e Espanha para a América Latina e Caribe durante a colonização tinham pelo longo; parte de seus descendentes desenvolveu mutações naturais que resultam em uma pelagem curta. Essa característica permite a esses animais uma melhor regulação da temperatura corpórea, reduzindo o estresse causado por calor e umidade excessivos do ambiente tropical e subtropical. Esse estresse térmico prejudica o bem-estar e leva a perdas na produção de carne e leite (ver Pesquisa FAPESP nº 340).

Por meio de cruzamentos e seleção ao longo de várias gerações, que constituem o melhoramento genético convencional, o desenvolvimento de novas características em animais de criação pode demorar décadas – muito mais do que o de plantas. “Para fixar uma característica em uma população bovina, podem ser necessárias cinco ou mais gerações”, conta Camargo. Segundo ele, o melhoramento de precisão permite que uma característica desejada, desde que se conheça o gene que a determina, possa ser fixada em duas ou três gerações, sem interferir em outras características, diferentemente do que pode ocorrer no melhoramento convencional.

Camargo conta que começou a discutir em 2014 com seus colegas do Brasil e de outros países as possibilidades de edição gênica de bovinos. Em 2022, ele obteve o primeiro financiamento, por meio de um edital para inovação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). Em seguida vieram os apoios da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).






Igualmente bem-recebida foi a parceria com a Associação Brasileira de Angus e Ultrablack, que cedeu as vacas que gestaram os embriões. Um artigo de fevereiro de 2022 na *CABI Agriculture and Bioscience* e outro de fevereiro de 2023 na *Animal Reproduction* expõem a visão do grupo da Embrapa sobre o uso da Crispr para melhoramento de bovinos. O trabalho com os resultados mais recentes ainda está sendo escrito.

A modificação genética se apoia na fertilização *in vitro*, à qual se acrescentaram outras. “Durante quase dois anos, tentamos outro método para acessar o interior das células, a microinjeção, e outra técnica de edição gênica, a Talen [*transcription activator-like effector nucleases* ou nucleases efetoras do tipo ativador de transcrição], mas o rendimento era sempre muito baixo”, conta o líder da pesquisa. A partir de 2023, a taxa de mutação triplicou com outras técnicas, a chamada eletroporação e a Crispr.

A eletroporação consiste em pulsos elétricos de alta voltagem e duração de microssegundos para abrir poros nas membranas das células reprodutivas. Por esses poros entram a molécula formada por um RNA e uma enzima que vai agir no DNA para que ocorra a modificação desejada no genoma (ver infográfico na página ao lado). Com essa intervenção, sairá truncada a proteína que formará o receptor da superfície celular para o hormônio prolactina. Como resultado, o receptor será mais curto e, quando ativado pela prolactina, resultará em pelos mais curtos. “A produção de leite continua normal”, assegura Camargo. “Nosso feito mais inovador foi ter usado embriões fecundados *in vitro* e associar eletroporação e edição gênica para resolver um problema nosso, o bem-estar dos animais no calor.”

Nos últimos anos, também usando a Crispr, a empresa de biotecnologia Acceligen, dos Estados Unidos, lançou bovinos editados com pelo curto e desenvolve pesquisas para promover edições

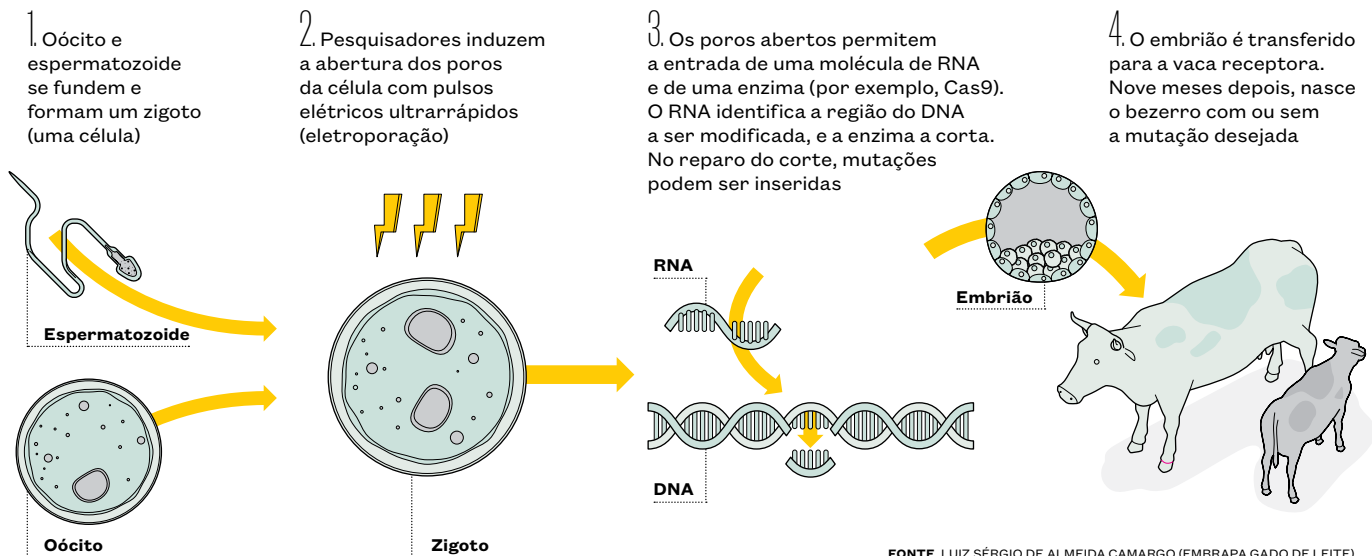
Animais editados geneticamente e aprovados para comercialização

|  Empresa (país) |  Espécie animal |  Objetivo |  Gene-alvo |  Aprovação |
|--|--|--|---|---|
| Acceligen (EUA) | Bovinos | Aumento de rendimento | Miostatina | Brasil, Argentina |
| | Bovinos | Maior tolerância ao calor | Receptor de prolactina | Brasil, Argentina, EUA |
| AquaBounty (EUA) | Tilápia-do-nylo | Aumento de rendimento | Miostatina | Brasil, Argentina |
| Genus PLC (Reino Unido) | Suínos | Resistência ao vírus da síndrome respiratória suína | CD-163 | Brasil, Colômbia, EUA |
| Regional Fish (Japão) | Baiacu-tigre | Crescimento mais rápido | Receptor de leptina | Japão |
| | Linguado verde-oliva | Crescimento mais rápido | Receptor de leptina | Japão |
| | Pargo | Aumento de rendimento | Miostatina | Japão |

FONTES LUBIENIECHI, S. A. ET AL. TRENDS IN BIOTECHNOLOGY, 2025 / GENE-EDITED ANIMAL DATABASE

Como melhorar bois e vacas

Edição gênica induz mutações que poderão aumentar a produção de carne e leite



também em suínos e peixes com maior resistência a doenças, maior produção de carne ou maior capacidade de adaptação às regiões tropicais, principalmente na África.

“A tecnologia está dominada e pode levar a outras aplicações”, comenta o médico-veterinário Flávio Meirelles, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP), *campus* de Pirassununga, que não participou da investigação com os bezerros de pelo curto. Ele trabalha com Crispr para estudar o desenvolvimento embrionário de bovinos e já fez uma vaca transgênica capaz de produzir leite com insulina humana (*ver Pesquisa FAPESP nº 339*).

Nos próximos meses, Camargo pretende realizar outros testes para verificar se não houve mutações em outros lugares do DNA que possam prejudicar o desenvolvimento dos animais editados geneticamente. Daqui a um ano, quando o bezerro macho atingir a maturidade sexual, ele quer coletar sêmen e ver se os gametas incorporaram a mutação para pelo curto. O resultado indicará se a mutação poderá ou não ser transmitida para seus descendentes.

Segundo o pesquisador da Embrapa, à medida que a edição gênica por Crispr se firmar, talvez seja possível fazer modificações mais complexas. Por exemplo, ampliar a produção de leite, que depende de vários genes e não de apenas um só, como no caso do comprimento do pelo. “Fazer um gene perder sua função parcialmente, como no caso do pelo curto, é mais fácil do que levar a

um ganho de função ou a uma maior expressão dos genes”, comenta Meirelles.

A equipe da Embrapa de Juiz de Fora pretende formar um grupo inicial de animais de pelo curto, que poderia ser distribuído aos criadores, e povoar o Centro-Oeste, naturalmente mais quente. Esse plano depende de aprovação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

“As perspectivas de liberação são boas, mesmo sem otimismo excessivo, porque já há outros casos semelhantes”, comenta o médico-veterinário Marcelo Demarchi Goissis, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da USP, na capital paulista, que usa Crispr para estudar a diferenciação das células do embrião de bovinos e não participou da pesquisa com os angus. Ele lembra que, além dos animais com o DNA editado nos Estados Unidos, empresas da Argentina e do Japão produzem peixes modificados por Crispr com maior volume de carne que as mesmas espécies que não receberam nenhuma modificação.

Em 2022, a CTNBio liberou para plantio uma variedade de cana-de-açúcar desenvolvida na Embrapa usando a técnica Crispr (*ver Pesquisa FAPESP nº 313*). O argumento, que será usado novamente, é que não se trata de organismos transgênicos, cuja aprovação é mais burocrática, mas apenas da indução de uma mutação que poderia ocorrer naturalmente nas mesmas espécies. “Os organismos editados geneticamente não contêm DNA de outra espécie. Portanto, não são transgênicos”, ressalta Goissis. ●

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

Caca ao desperdício

Marco Legal do Saneamento impulsiona a busca de tecnologias para enfrentar as perdas de água no sistema de distribuição

SUZEL TUNES

Sensores, fibra óptica, imagens de satélite, robôs, inteligência artificial. Nos últimos anos, multiplicam-se as tecnologias voltadas à detecção de vazamentos nas redes de distribuição de água. As estimativas sobre o desperdício justificam o empenho. O mais recente estudo do Instituto Trata Brasil, de junho de 2024, revela que a água tratada perdida no processo de distribuição poderia abastecer 54 milhões de brasileiros por um ano. Diariamente, são mais de 7,6 mil piscinas olímpicas desperdiçadas, equivalente a 37,8% de todo o líquido tratado. Os dados baseiam-se no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Hoje, 32 milhões de pessoas não têm acesso ao recurso no país.

Cerca de 38% da água tratada no país é perdida antes de chegar ao imóvel dos consumidores

Comparado a estudos anteriores, há uma boa notícia. Após seis anos de aumentos consecutivos, é a primeira vez que o desperdício de água diminuiu no Brasil – em 2021, as perdas representavam 40,3% do total. O país, contudo, ainda está muito aquém do valor de referência proposto pelo governo federal, que mira em perdas de, no máximo, 25% até 2033. “Em qualquer setor industrial, 25% seria um índice de perdas inadmissível. Mesmo assim, a meta é ambiciosa”, avalia a engenheira civil Maria Mercedes Gamboa Medina, do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Na maioria dos estados das regiões Norte e Nordeste, o desperdício ultrapassa 40%. No Amapá, com o pior índice, as perdas alcançam 71%.

“O novo Marco Legal do Saneamento exerce grande pressão pelo controle de vazamentos”, comenta o engenheiro mecânico Fabrício César Lobato de Almeida, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de Bauru. Dentre as diretrizes dessa política federal de saneamento básico, estabelecida pela Lei nº 14.026, de 2020, destacam-se a sustentabilidade econômica na prestação dos serviços e o incentivo a tecnologias que promovam redução de custos de operação e aumento da eficiência.

Na busca por atingir essas metas, Almeida coordena o projeto Localizador de Vazamento de Superfície (LocVas), que tem apoio do programa Parceria para Inovação Tecnológica (Pite), da FAPESP, e é executado com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). Seu objetivo é desenvolver um sistema de detecção de perdas pela análise de mudanças nos padrões vibroacústicos das tubulações de água usando medidas no solo logo acima do tubo. Quando há vazamento, essas estruturas enterradas vibram em uma faixa de frequência específica, que depende do tipo de solo, material do tubo e suas dimensões. Os sinais vibroacústicos são captados por meio de sensores instalados na superfície, ou seja, é um método não invasivo que dispensa escavações. Os pesquisadores pretendem validar a técnica em diferentes tubos e superfícies, como grama, pedra portuguesa e asfalto.

O LocVas é um refinamento de uma técnica já em uso, conhecida como correlação cruzada, também baseada na captação de sinais vibroacústicos, produzidos pelo vazamento. “No correlacionador de ruídos, medimos os sinais capturados por sensores instalados em dois pontos das tubulações. Sabendo a velocidade com que o ruído de vazamento se propaga e o atraso entre os sinais medidos, estimamos sua localização”, explica. A diferença entre as duas tecnologias é a necessidade de contato do correlacionador de ruí-

dos com o duto de água, o que costuma acontecer por meio de um ponto de acesso para inspeção ou por aberturas escavadas no solo – o LocVas não exige contato com a rede por captar as vibrações a distância. “Um aspecto inovador da técnica é o cálculo estimado da localização do tubo e da posição do vazamento, procedimento ainda não utilizado em dispositivos comerciais”, diz Almeida. Um artigo sobre a tecnologia foi publicado em 2024 na revista *Journal of Physics: Conference Series*.

Com início em 2022 e término previsto para 2026, o projeto da Unesp envolve desde alunos de iniciação científica a pesquisadores de pós-doutorado e tem gerado novas vertentes de pesquisa. Um de seus desdobramentos foi o projeto de mestrado do engenheiro mecânico Bruno Cavenaghi, do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB), que se baseia no uso de câmeras e técnicas de visão computacional para registrar, no solo, as vibrações dos dutos enterrados. “Posicionamos a câmera junto ao solo, em um ângulo de 10 a 15 graus, para registrar o movimento naquele ponto do terreno. Cada pixel gravado atua como um sensor teórico”, resume o pesquisador. Em 2024, Cavenaghi ganhou o Prêmio Jovem Profissional da Associação dos Engenheiros da Sabesp (AESabesp) pelo trabalho, apresentado naquele ano no 35º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente.

Para desenvolver sua pesquisa, ele fez medições em um simulador de ruído de vazamentos criado na universidade. “É o primeiro do mundo”, anuncia Almeida, orientador de Cavenaghi. A bancada de simulação, explica, é importante não só para a pesquisa, mas também para treinar profissionais das empresas de saneamento.

CARDÁPIO DE SOLUÇÕES

Métodos acústicos são os mais comuns na prospecção de vazamentos. Os mais antigos e simples são baseados em hastes de escuta e geofones. Em geral, as hastes são empregadas em uma primeira varredura. Por meio do contato de uma barra metálica em hidrantes e cavaletes – as estruturas que conectam a rede de distribuição com a instalação do imóvel – ou outros pontos de rede, o operador capta as vibrações produzidas pelos vazamentos. Para uma localização mais precisa, entra em cena o geofone, aparelho que lembra um estetoscópio. Usado para auscultar o solo, amplifica os sinais e requer um operador treinado para fazer a interpretação.

Automatizar essa etapa para tornar a busca por vazamentos mais ágil e eficiente, especialmente

em locais carentes de profissionais qualificados, foi a proposta da empresa Status4 ao criar um sistema inteligente de detecção. Em 2018, a startup, fundada três anos antes e sediada no Parque Tecnológico de Sorocaba, no interior paulista, desenvolveu com apoio do programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe), da FAPESP, o 4Fluid Móvel. O equipamento pode ser usado mesmo por pessoas com pouca experiência de campo.

Os ruídos coletados por uma haste de escuta são enviados para um ambiente virtual, ou nuvem, onde um programa baseado em inteligência artificial, usando uma base de dados de ruídos previamente armazenados, encarrega-se de sua interpretação. “Temos mais de 7 milhões de ruídos catalogados, que ajudam nossa IA [inteligência artificial] a identificar onde há um potencial vazamento. O índice de acerto chega a mais de 80%”, afirma a administradora de empresas Marília Lara, cofundadora e CEO da Status4. Dentre os clientes que contratam serviços da startup estão empresas de saneamento, como Sabesp; Copasa, de Minas Gerais; Sanepar, do Paraná; e o Grupo Águas do Brasil, presente em 32 municípios de São Paulo, Minas e Rio de Janeiro.

Criada há quatro anos e sediada em São Paulo, a Waterlog também aposta na inteligência artificial para reconhecer sinais sonoros característicos de vazamentos. O engenheiro químico Fernando Loureiro Pecoraro, sócio-fundador da empresa, conta que o marco regulatório foi um estímulo para investir em uma solução tecnológica antivazamento, desenvolvida a partir de conversas com concessionárias do setor. Foi assim que nasceu o sistema Iris. “Sua grande vantagem é fazer o monitoramento em tempo real. Instalado no cavalete, o sistema capta os ruídos da rede e identifica a

ocorrência de vazamento assim que ele surge. Para localizar o ponto de fuga, é preciso recorrer a outros instrumentos, como geofones”, ressalta Pecoraro.

Além dos métodos acústicos, o mercado oferece variadas soluções tecnológicas. O que vai determinar a escolha é a relação custo-benefício, que varia segundo as condições econômicas e tecnológicas locais. O engenheiro civil Cícero Mirabô Rocha, do setor de Desenvolvimento Operacional da Sabesp, conta que é comum receber empresas oferecendo diferentes propostas. “Primeiro fazemos um teste. Se aprovada, a tecnologia pode entrar no rol de soluções. Mas não há milagre: o que funciona é a combinação de técnicas”, explica Rocha.

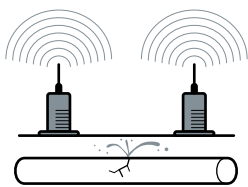
Em abril, a Sabesp começou a testar uma tecnologia de sensoriamento remoto da israelense Asterra baseada em imagens de satélite para a prospecção de vazamentos. Por meio da emissão de um feixe de onda que penetra até 3 metros (m) de profundidade no subsolo, são identificados locais com presença de cloro, usado no tratamento de água. O sensoriamento associado à inteligência artificial resulta na produção de imagens que indicam locais potencialmente encharcados. Em 50 quilômetros de redes analisadas na Região Metropolitana de São Paulo, foram identificados 81 vazamentos pelas imagens do satélite, enquanto os métodos tradicionais encontraram 14. “Para a localização exata do vazamento ainda precisamos de técnicas acústicas”, pondera Rocha.

Uma alternativa para fiscalizar o interior de tubulações de grande porte, como adutoras, que conduzem a água da estação de tratamento aos reservatórios de distribuição, é o emprego de robôs.

Tecnologias antivazamentos

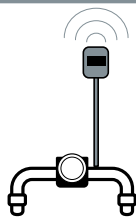
Diversas soluções podem ser usadas para detectar e localizar o desperdício de água

NOVAS TÉCNICAS



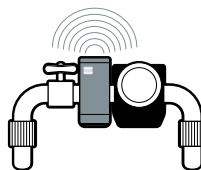
Localizador de Vazamento de Superfície (LocVas)

Detecta perdas pela análise de mudanças nos padrões de vibração das tubulações de água, que atingem frequências mais altas do que o normal quando há vazamento. Os sinais sonoros resultantes dessa vibração são captados por sensores na superfície



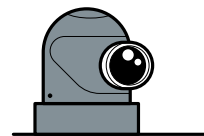
4Fluid Móvel

A inovação da Status4 assemelha-se a uma haste de escuta tradicional (ver tópico na página ao lado). Os ruídos coletados em campo são analisados por IA com base em um banco de dados com 7 milhões de sons



Íris

O dispositivo acústico da Waterlog fica instalado no cavalete, que conecta a rede de distribuição à instalação do imóvel. Capta permanentemente ruídos da tubulação, que são analisados por IA indicando a ocorrência de vazamento



Videocâmera

Câmeras de alta velocidade e técnicas de visão computacional registram, no solo, as vibrações de dutos enterrados. A câmera é posicionada próxima ao terreno e a localização do vazamento é estimada por meio de técnicas de correlação cruzada



1

Técnica utiliza a haste de escuta inteligente 4Fluid Móvel para averiguar possíveis fugas na rede de água (acima). Robô da Yadah Robotics realiza videoinspeção em tubulação de PVC com 15 centímetros de diâmetro (à dir.)



2

Essa solução é oferecida pela Yadah Robotics, de São José dos Campos (SP). Fundada em 2015, a empresa desenvolveu quatro modelos de robôs para executar trabalhos de videoinspeção em tubulações e galerias de esgoto e águas pluviais de 15 centímetros a 2 m de diâmetro. “Já atendemos prefeituras, companhias de saneamento e indústrias”, diz o engenheiro mecânico Fernando Sato, CEO da empresa.

DA BANCADA AO MERCADO

Os robôs da Yadah Robotics, de tecnologia nacional, são quase uma exceção entre os dispositivos antivazamento em uso no país, a grande maioria projetada no exterior. “Somos dependentes de produtos importados. Costumamos usar um geofone japonês ou um correlacionador inglês”, observa o engenheiro civil Marcelo Kenji Miki, da Diretoria de Tratamento de Esgoto da Sabesp.

Entre 2015 e 2019, quando era gerente do Departamento de Execução de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da companhia, Miki participou do projeto de um correlacionador de

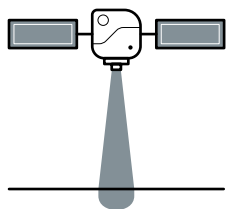
ruídos nacional, o primeiro da América Latina, em parceria com a Unesp, sob a coordenação do engenheiro mecânico Michael John Brennan. “Conseguimos estabelecer uma ponte entre a área operacional e a academia. Os pesquisadores escutaram os operadores e vice-versa”, diz Miki.

O resultado foi um equipamento, já patenteado, mais adaptado às condições do solo brasileiro e cerca de 10 vezes mais barato do que o modelo importado. Recentemente, o grupo obteve uma patente internacional abrangendo um processamento de sinal inovador que estima o atraso de sinal medido, essencial para a localização precisa do vazamento.

“O que não conseguimos foi transformar o conhecimento acadêmico em produto”, lamenta Miki. Almeida, da Unesp, ainda tem esperança de ver a comercialização do modelo nacional de correlacionador de ruídos. “Estamos retomando esse projeto e já mantivemos conversas com um possível parceiro comercial”, informa. ●

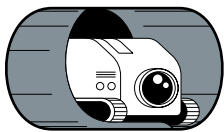
Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

TRADICIONAIS



Satélite

Sensoriamento remoto associado à IA resulta na produção de imagens indicando locais no subsolo potencialmente encharcados. A produção de imagens se dá por meio da emissão de um feixe de ondas que penetra até 3 m de profundidade



Robô

Guiado remotamente e equipado com câmera, faz a inspeção visual em tubulações. Mais comum em instalações industriais, pode ser usado em tubulações de maior porte, como adutoras, galerias de águas pluviais e de esgoto



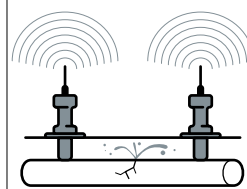
Haste de escuta

O operador capta as vibrações produzidas pelos vazamentos com a ajuda de uma barra metálica colocada em pontos das redes, como cavaletes e hidrantes. O som é transmitido a um amplificador na outra extremidade da barra



Geofone

Espécie de estetoscópio para auscultar o solo, detecta com maior precisão o vazamento antes identificado pela haste de escuta. Amplifica os sinais sonoros, que serão interpretados por um profissional, permitindo a localização do ponto de fuga



Correlacionador de ruído

Sensores captam ruídos do vazamento em dois pontos da tubulação. Conhecendo a velocidade com que o ruído se propaga, calcula o tempo que leva para atingir cada sensor e estima o ponto da perda. Usado depois das hastes de escuta

GÊNERO



**No meio
do caminho**



Passados 10 anos da Lei do Feminicídio, modalidade de crime continua ocorrendo com frequência no Brasil

MÔNICA MANIR — ilustrações VALENTINA FRAIZ

“Estou aqui porque eu tinha uma filha de lindos olhos verdes.” Assim um pai se apresentou à socióloga Eva Alterman Blay num encontro no apartamento dela no bairro de Santa Cecília, região central de São Paulo, há cerca de 20 anos. Blay, que desde a década de 1970 é engajada na questão da violência contra a mulher, costumava receber em sua residência pessoas ligadas aos movimentos sociais. O homem, levado ao apartamento por uma colega da socióloga, trazia consigo um desabafo e um arrependimento. Revelou que, diante da intenção da filha de se separar do marido porque ele a agredia, havia pedido paciência: “Quem sabe ele muda, você muda e as coisas se ajustam”. Dias depois, a moça foi morta com um tiro no olho dado pelo companheiro. “Também estou aqui porque acho que o trabalho que vocês fazem tem de continuar”, arrematou o homem.

Ele sabia que Blay fizera parte do grupo do governo estadual de Franco Montoro (1983-1987), que, em 1985, criou na cidade de São Paulo a primeira Delegacia de Defesa da Mulher (DDM) do Brasil. Mas parecia reivindicar coisa maior, para que o assassinato de sua filha pelo marido não passasse de mais um. “Como socióloga, sei que, quando finalmente se faz uma lei, a sociedade já se adiantou e está a caminho de pedir essa solução”, diz Blay, professora emérita da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). “A Lei do Feminicídio é recente e importante, mas, por si só, não soluciona o problema. Basta ver o aumento no número de casos no país nos últimos anos.”

Segundo dados do Ministério da Justiça e Segurança Pública, os feminicídios saltaram de 527 casos em 2015 para 1.510 em 2024, um aumento de 186,53%. Foram 11.714 vítimas de feminicídio nesse intervalo de tempo, numa média de três ocorrências por dia. Entre os estados brasileiros, São Paulo lidera o ranking, com 1.590 mortes até 2024, seguido de Minas Gerais (1.501) e Rio Grande do Sul (935).

No dia 9 de março, a Lei do Feminicídio (nº 13.104) completou 10 anos. Ao pé da letra, consiste no assassinato de uma mulher “por razões da condição de sexo feminino”, razões essas que envolvem dois incisos: o primeiro é a violência doméstica e familiar, o segundo é o menosprezo ou discriminação à condição de mulher.

Fruto da Comissão Parlamentar Mista de Inquérito (CPMI) da Violência contra a Mulher, que vigorou no Congresso Nacional de março de 2012 a agosto de 2013, ela não apenas alterou o Código Penal, ao prever o feminicídio como circunstância qualificadora do homicídio, como incluiu esse assassinato no rol dos crimes hediondos.

No ano passado, o presidente Luiz Inácio Lula da Silva sancionou a Lei nº 14.994, que endureceu a 13.104 ao tornar o feminicídio um crime autônomo (que possui características próprias) e estender a pena para até 40 anos de prisão. É a maior pena prevista no Código Penal.

Também foram criadas nesses últimos anos, por pressão da sociedade, medidas como o Ligue 180, serviço de utilidade pública que oferece suporte e orientação a mulheres em situação de violência – implantado em 2005, passou a receber em 2014 denúncias e encaminhá-las aos órgãos competentes.

O uso na lei do termo “sexo”, e não “gênero” feminino, pode dificultar a avaliação dos casos

Outras iniciativas são a Patrulha Maria da Penha (instituída pela primeira vez no país em 2012, no Rio Grande do Sul, a ação promove visitas regulares às vítimas de violência doméstica e familiar com medida protetiva) e o uso de tornozeleiras eletrônicas para submeter o agressor à monitoração eletrônica durante a aplicação de medida protetiva de urgência em casos de violência doméstica e familiar, que passou a ser obrigatória em 2025.

No entanto, se por um lado endureceu-se a penalização, por outro escancarou-se a falha do Estado em promover a proteção efetiva das mulheres. “T tecnicamente, quando a morte de mulheres é qualificada como feminicídio, há o reconhecimento de que os serviços públicos não funcionaram para combater uma prática que, na maior parte das vezes, é evitável”, diz a advogada Fabiana Cristina Severi, do Departamento de Direito Público da Faculdade de Direito de Ribeirão Preto da USP. “Ela não acontece de uma hora para outra, mas vem em escala.”

O feminicídio é compreendido pela literatura especializada e por organizações internacionais de direitos humanos como decorrente de outras formas de violência contra mulheres e meninas, sobretudo a violência doméstica e familiar. Seria a tragédia letal de um ciclo de desproteção.

De 2015 para cá, estudos acadêmicos a respeito do feminicídio buscam não apenas apontar falhas e acertos na aplicação da lei, como também levantar números mais fidedignos de feminicídios no país e entender seus impactos e sua dimensão em diferentes contextos.

No ano passado, Severi coordenou um levantamento feito no âmbito do Grupo de Pesquisa em Direitos Humanos, Democracia e Desigualdades na USP de Ribeirão Preto. Em fase de submissão a uma revista científica, o estudo analisou em torno de 20 mil processos de homicídios de mulheres

que correram a partir de 2015 no Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (TJSP) com o objetivo de identificar o que aqueles crimes reconhecidos pela Justiça como feminicídios tinham de diferente em relação aos não reconhecidos como tal.

De acordo com Severi, os processos avaliados por ela e mais três colegas da USP mostram que preponderou o olhar dos agentes da segurança pública e do sistema de Justiça, de policiais a promotores: se

esses profissionais normalmente não titubeiam em classificar como feminicídio as mortes no ambiente doméstico provocadas por parceiros íntimos, não raro hesitam se o relacionamento foi esporádico ou se o assassinato derivou de misoginia, ainda que essa condição se encaixe no menosprezo ou na discriminação à condição de mulher previstos na lei.

Ainda relativo ao texto da Lei do Feminicídio, um ponto que pode dificultar a avaliação dos casos é a utilização do termo “sexo”, e não “gênero”. Em 2015, antes de a lei ser aprovada, já existia um campo robusto de estudos que relacionava a violência doméstica e familiar não ao sexo feminino, e sim ao lugar desigual que a mulher ocupa em termos de acesso a direitos na sociedade. Mas, quando o projeto já estava para ser aprovado, o então presidente da Câmara dos Deputados Eduardo Cunha requereu a substituição da expressão “gênero” por “sexo feminino”. Caso contrário, retiraria o tema da pauta.

Um dos problemas da terminologia baseada no termo “sexo” e não “gênero” seria o distanciamento da Lei do Feminicídio em relação à violência contra mulheres transexuais. “Na maior parte das vezes, elas são mortas por conta do ‘desvio’ que fazem do gênero esperado delas”, diz Severi. “Uma vez circunscrita ao sexo, a Lei do Feminicídio não abraçaria essas cidadãs.”

Dossiê da Associação Nacional de Travestis e Transexuais (Antra) divulgado em janeiro apontou que, diante das 122 mortes de trans e travestis registradas em 2024, o Brasil mantém, pelo 16º ano consecutivo, o primeiro lugar entre os países que mais assassinam essas pessoas no mundo. O perfil das vítimas, em sua maioria, é de jovens pretas e pobres, com expectativa de vida média de até 35 anos.

Nos tratados internacionais dos quais o Brasil é signatário, assim como na Convenção Interamericana para Prevenir, Punir e Erradicar a Violência Contra a Mulher (Convenção de Belém do Pará), aprovada em 9 de junho de 1994, a terminologia usada para violências é gênero, e não sexo. Daí estudiosos do direito sugerirem que, na leitura da lei, seja trocado o segundo pelo primeiro termo, como uma adequação mais apropriada ao controle de convencionalidade, que verifica a compatibilidade entre as leis de um país e os tratados internacionais.

Para a socióloga Ana Paula Portella, pesquisadora visitante do Centro de Estudos de População da Universidade da Pensilvânia, nos Estados Unidos, o gênero (ou a falta dele na lei) se articula com outros pontos, como a questão racial e



a própria segurança e a violência nos ambientes em que as mulheres vivem. “É muito diferente o risco que uma mulher corre num ambiente de precariedade social em relação àquela que tem acesso a serviços de saúde e transporte”, diz.

Dentro dessa precariedade, Portella destaca o contexto da criminalidade, mais especificamente o mercado das drogas ilícitas, como um meio de extremo risco de morte feminina. “Esses grupos criminosos são, em geral, controlados por homens que se orientam por uma masculinidade violenta, que transborda nas relações de poder entre homens e mulheres e das quais elas são as principais vítimas”, completa.

De acordo com a pesquisadora, o perfil desse agressor é muito semelhante ao da vítima: homens jovens, negros, de baixa escolaridade, residentes em áreas socialmente vulneráveis. Nesse meio, a arma de fogo é o principal método para aniquilamento da mulher. Já nos casos de violência doméstica, o perfil dos agressores atinge um espectro mais amplo. “Qualquer homem, de qualquer classe social, faixa etária, raça e nível de escolaridade, é capaz de cometer um feminicídio”, afirma Portella.

Autora do livro *Como morre uma mulher?* (Editora UFPE, 2020), adaptação de sua tese defendida em 2014, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a pesquisadora diz que ainda predominam as armas brancas no ambiente familiar, embora as de fogo venham crescendo também nesse espaço de convívio.

Em outra tese de doutorado, esta defendida em 2024 na Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz),

Luciane Stochero avaliou mais um cenário de grande vulnerabilidade para as mulheres vítimas de violência no Brasil: o meio rural. Ela investigou casos ocorridos em duas cidades do noroeste gaúcho, Bossoroca, município com cerca de 6 mil habitantes, e São Miguel das Missões, com aproximadamente 7 mil moradores.

“A distância geográfica é um dos fatores limitantes para que a mulher do campo seja acolhida em serviços sociais de proteção, isso quando eles existem”, observa a pesquisadora. “Uma das minhas entrevistadas, que estava grávida, disse que, quando o marido chegava bêbado em casa e era agressivo, ela andava quilômetros no escuro com três filhos para pedir abrigo no vizinho mais próximo.”

A internet e a telefonia também são falhas nesse meio, assim como o transporte público. Ainda que houvesse um carro na garagem, a maior parte de suas entrevistadas não saberia dirigir. No estudo, ela busca quebrar o estereótipo do homem do campo como mais violento do que o urbano. “O fato é que ele encontra no ambiente rural algo que o auxilia nessa violência, que é o isolamento. Ninguém o vê batendo na mulher, não há testemunha”, afirma.

Afora a dificuldade de chegar aos participantes da pesquisa, Stochero cita os percalços de acesso a informações específicas sobre o meio rural em bancos de dados oficiais como o Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), que não dispõe de uma variável que relacione o óbito de mulheres à área onde viveram, se rural ou urbana.

A pesquisadora recorreu especialmente ao Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), no qual avaliou as notificações de violência contra as mulheres no meio rural brasileiro entre 2011 e 2020. Ao todo, foram 79.229 casos, sobretudo de ordem física, psicológica e sexual. As vítimas eram mulheres jovens, negras e casadas, com agressões cometidas principalmente na residência e pelo próprio companheiro. Ao estudar essas duas regiões rurais do Rio Grande do Sul, a pesquisadora registrou 6.335 notificações de, por exemplo, violência física e psicológica, além de tentativa de suicídio.

Homicídio, quando há corpo presente, seria um crime fácil de contabilizar pela obrigatoriedade da notificação. Já o feminicídio ainda sofre com a necessária caracterização de morte intencional de mulheres, como alerta a socióloga Silvana Aparecida Mariano, da Universidade Estadual de Londrina (UEL), no Paraná.

“Se pegamos fontes policiais, o dado é um; se for do Judiciário, é outro. E, se usamos dados produzidos com independência, como acontece no nosso caso desde janeiro de 2003, as informações também são outras”, constata a pesquisadora, à

frente do Laboratório de Estudos de Femicídios (Lesfem), que abarca o Monitor de Femicídios no Brasil (MFB).

Fruto da parceria entre a UEL e as universidades federais de Uberlândia (UFU) e da Bahia (UFBA), além da cooperação de outras instituições, o MFB centra sua coleta de dados no acompanhamento contínuo de notícias com indícios de feminicídios publicadas na mídia.

O levantamento leva em conta tipologias e definições das Diretrizes Nacionais para Investigar, Processar e Julgar com Perspectiva de Gênero as Mortes Violentas de Mulheres (femicídios), da ONU Mulheres, e do Mapa Latino-americano de Femicídios, feito pela associação civil franco-argentina MundoSur, que busca denunciar a violência de gênero na América Latina.

Essa coleta é complementada com informações de bases públicas. São verificados não apenas os feminicídios consumados, como também os tentados, isto é, quando houve tentativa de assassinato de uma mulher motivada por razões de gênero em que a vítima sobreviveu.

O *Informe feminicídios no Brasil janeiro-junho 2024*, publicado pelo Lesfem, esmiúça a metodologia do MFB. A detecção das notícias é feita primeiramente com o uso de duas ferramentas digitais criadas pelo projeto “Dados contra o feminicídio” afiliado ao Data + Feminism Lab, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), nos Estados Unidos, em colaboração com ativistas do mundo todo, que foram adaptadas para o português.

A primeira ferramenta chama-se Alerta de e-mails, que ajuda a identificar notícias potencialmente relacionadas a feminicídios. Ela funciona a partir da identificação de palavras-chave e de um algoritmo de aprendizado de máquina, treinado por ativistas que coletam dados de feminicídio, capaz de filtrar notícias relevantes na base de dados do Media Cloud (ferramenta de código aberto que permite o estudo do fluxo global de notícias e informações). Os usuários registrados recebem, então, alertas de e-mail sobre essas notícias.

Esse sistema é usado pelo Lesfem em conjunto com outra ferramenta chamada Marcador de dados, uma extensão para o navegador Chrome que destaca palavras-chave em páginas da internet, facilitando a identificação de casos de feminicídio. A extensão, assim como a plataforma, funciona em inglês, espanhol e português e permite o registro de dados e compartilhamento de informações com outros colaboradores.

Após coletar e categorizar as notícias detectadas pela plataforma do Data + Feminism Lab,

o Lesfem realiza uma segunda verificação utilizando o sistema de busca do Google. Isso é feito para identificar notícias faltantes na base de dados do Media Cloud usada pela plataforma do laboratório do MIT.

Os resultados do MFB são chamados de contradados por serem produzidos de forma independente com a finalidade de contestar, complementar ou revelar lacunas nas informações oficiais. Pelos cálculos da organização, em 2024, ocorreram no Brasil 1.859 feminicídios consumados, 349 a mais que os 1.510 divulgados pelo Ministério da Justiça e Segurança Pública, que trabalha com dados informados pelos Estados e pelo Distrito Federal.

“Há uma violência que levamos em consideração nesse enquadramento, que é a violência simbólica”, exemplifica Mariano. “Quando tomam como alvo partes do corpo como genitália, seios, rosto, quando cortam o cabelo da vítima, quando enfiam uma lingerie na boca dela. São sinais de desprezo, menosprezo e ódio pelo feminino.”

Ao Lesfem importa também contabilizar os feminicídios tentados, que, pelos cálculos do laboratório, teriam sido 2.286 em 2024. A justificativa para esse levantamento vem do impacto negativo que ele causa na vida das mulheres atacadas e de suas famílias, na comunidade que a cerca e na sociedade como um todo.

Também seria um registro para reflexões a respeito da efetividade das medidas protetivas, previstas na Lei Maria da Penha, de 2006, que definiu a violência doméstica e familiar contra a mulher como crime e criou mecanismos para prevenir, combater e punir essa violência. No estado de São Paulo, em 2024, foram concedidas 103.519 medidas protetivas, segundo o Painel de Proteção do TJSP.

Outro ponto, lembra Mariano, é que os dados sobre feminicídios tentados são subdimensionados, considerando que muitas vezes não são veiculados pela mídia porque não levaram à morte imediata.

No momento, o projeto “Dados contra o feminicídio”, do MIT, desenvolve, em parceria com o Data in Society Collective (Disco Lab), da Universidade Brown (EUA), uma ferramenta de inteligência artificial que busca entender e mitigar os vieses de notícias jornalísticas ao abordar feminicídios. A mídia é a principal fonte das ativistas contra o feminicídio na América Latina e Caribe, onde, em 2024, foram computados mais de 12 mil assassinatos de mulheres sob esse rótulo.

“Agora, estamos desenvolvendo uma taxonomia das palavras em duas grandes categorias, uma em que a mídia é prejudicial em relação à violência contra as mulheres, outra de boas práticas da mídia nesse sentido”, diz a pesquisadora





brasileira Alessandra Jungs de Almeida, que trabalha no projeto “Dados contra o feminicídio”.

Com formação em relações internacionais, Jungs de Almeida editou e organizou o livro *Estudios feministas de seguridad desde América Latina y el Caribe*, publicado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Lançada em fevereiro de 2025, por enquanto apenas em espanhol, a obra reúne artigos de autoras de 14 países da região.

Um dos capítulos trata do feminicídio transnacional, que seriam as mortes de meninas e mulheres ocorrida em contextos de crime organizado, migração forçada e militarização, por exemplo. Outro enfoca o feminicídio contra lideranças femininas do movimento em defesa do meio ambiente.

A violência contra mulheres está muito longe de ser algo recente. Em pesquisa de doutorado defendida em fevereiro na Universidade Estadual do Maranhão (Uema), a historiadora Nila Michele Bastos Santos analisou um crime com todas as características de feminicídio ocorrido em 14 de agosto de 1873, em São Luís (MA).

Trata-se do caso Pontes Visgueiro ou, como prefere a pesquisadora, o assassinato de Mariquinhas.

O desembargador José Cândido Pontes Visgueiro (1811-1875) foi um magistrado que, na casa dos 60 anos, se apaixonou pela jovem Maria da Conceição, apelidada de Mariquinhas, que tinha entre 15 e 16 anos e era apontada por muitos como prostituta. Indignado com a falta de controle sobre a vida da jovem, premeditou o assassinato dela com a ajuda de um empregado. Visgueiro dopou, esfaqueou e esquartejou a adolescente,

ocultando o cadáver num baú forrado de zinco, que mandou enterrar no quintal do sobrado onde morava.

Descoberto o delito, o desembargador foi condenado à prisão perpétua, embora a penalidade cabível na época fosse a pena de morte. Na sua pesquisa, Santos resgata a atuação das mulheres que cercavam Mariquinhas e seu respectivo apagamento da história.

“A mãe, a irmã e as amigas da vítima foram determinantes na descoberta do crime tanto pela pressão que exerceram sobre a polícia quanto pela vigília que fizeram na frente do sobrado em que morava o desembargador. Nos relatos encontrados, percebe-se que elas já supunham que Mariquinhas estivesse morta, pois vigiavam a casa para garantir que o corpo não fosse jogado no mar, próximo dali”, conta a pesquisadora.

Outra descoberta, vinda não apenas dos jornais, mas especialmente da literatura, foi a percepção de que, com o passar dos anos, Mariquinhas – uma mulher branca, conforme atesta o exame de corpo de delito da época – foi sendo enegrecida nos relatos. De acordo com Santos, o componente racial reforça a imagem de devassa que passou a marcá-la ao longo do tempo.

Da tese nasceu a história em quadrinhos *Mariquinhas: Crime e resistência feminina na São Luís do Maranhão de 1873*, voltada para alunos acima de 14 anos, que a historiadora pretende lançar neste ano. “A proposta é que a pesquisa acadêmica dialogue com a educação básica, contribuindo para fomentar debates sobre questões de gênero e violência de forma acessível”, afirma Santos. ●

Os livros e os relatórios consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

ANTROPOLOGIA

Por escrito

Taka, ataka armadilha de pesca



Dicionários e centro de documentação
buscam fortalecer os direitos linguísticos
dos povos originários

ANA BEATRIZ RANGEL

Quem tem o português como língua materna no Brasil provavelmente nunca parou para pensar sobre seus direitos linguísticos. Sim, eles existem e foram organizados na Declaração Universal dos Direitos Linguísticos, um documento assinado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) e por diversas organizações não governamentais em 1996, na cidade de Barcelona, Espanha. O texto reconhece o direito individual e coletivo de usar e manter uma língua, bem como a proteção de idiomas ameaçados de extinção.

No Brasil, além do português, são faladas mais de 200 línguas (*ver Pesquisa FAPESP nº 335*), como, por exemplo, indígenas, de sinais e afro-brasileiras. A língua portuguesa é a única oficial em âmbito nacional. Contudo, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) e o Ministério da Cultura (MinC) reconhecem sete línguas como Referência Cultural Brasileira, das quais seis são indígenas.


Entre elas, está a língua kuikuro, que ganhou neste ano um registro em dicionário, publicado por meio de uma parceria entre o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), em Belém, e o Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN-UFRJ). O trabalho de pesquisa teve o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj) e do Programa de Documentação de Línguas Ameaçadas (DoBeS) da Fundação Volkswagen.

Com caráter enciclopédico, o dicionário kuikuro-português busca registrar a cultura material dos Kuikuro. Organizada pelos antropólogos Bruna Franchetto e Thiago Braga Sá (ambos do Museu Nacional) e pela linguista Gélisma Mara dos Santos, da Universidade Federal do Amapá (Unifap), a obra teve a participação da comunidade e de professores kuikuros. “A edição é destinada principalmente à própria comunidade”, diz Franchetto. O próximo volume, que registrará a flora do Alto Xingu, região no estado de Mato Grosso onde estão localizadas as aldeias kuikuros, começa a ser organizado neste ano.

Resultado de um trabalho de documentação iniciado há mais de 20 anos por Franchetto e Santos, o dicionário teve inúmeras versões digitais que circularam entre pesquisadores e comunidade. Já a criação da escrita alfabética da língua kuikuro, utilizada no volume, começou nos anos 1990, liderada por professores indígenas, com assessoria de Franchetto.

Segundo Braga Sá, uma das principais dificuldades desse tipo de trabalho está em sua complexidade. “O dicionário é uma forma de padronizar a língua, mas nesse caso estamos lidando com a cultura indígena, pautada pela multiplicidade de perspectivas”, observa.

Por isso, a participação ativa da comunidade é determinante. De acordo com o pesquisador, os professores das escolas kuikuros foram fundamentais durante todo o processo de pesquisa. “Desde o princípio, as versões iniciais do dicionário foram incorporadas ao ensino nas aldeias”, relata Braga Sá. “A ideia é de que ele funcione co-



Samuagü
(à frente) e o filho
Kope'i, do povo
Kuikuro, testam
armadilha em
canal perto da
aldeia Ipatse (MT)

mo mais um instrumento de fortalecimento da língua kuikuro. As línguas indígenas são frequentemente associadas ao cotidiano das aldeias, mas não podemos esquecer que sobretudo nos últimos anos elas também circulam pelas universidades, produzindo e registrando conhecimentos.”

O primeiro volume do dicionário tem como título *Inhanhigü*, palavra que que significa “feito com as mãos, artefato”. Estão reunidos 363 verbetes, divididos em cinco seções temáticas: “Kengikogu” (coisas), “Kengikôdohogu” (adornos), “Tühatinhü” (materiais), “Iku” (pinturas ou grafismos) e “Üne” (casa). Além da tradução da palavra para o português, cada verbete apresenta exemplos de uso e imagens. Na introdução, Franchetto explica os aspectos estruturantes da fonologia e da sintaxe da língua kuikuro.

Os Kuikuro estão entre os povos indígenas mais populosos do Alto Xingu. Atualmente, reúnem cerca de 1.200 pessoas, em nove aldeias. “Nossos alunos são alfabetizados primeiramente na língua materna e depois na língua portuguesa”, conta Sepé Ragati Kuikuro, professor e liderança da aldeia Ipatse, que participou da elaboração do dicionário.

Além de apoiar a publicação do dicionário kuikuro-português, o Museu Goeldi desenvolve outros projetos de documentação de línguas indígenas. Entre eles estão os dicionários multimídia de livre acesso, depositados no site da ins-

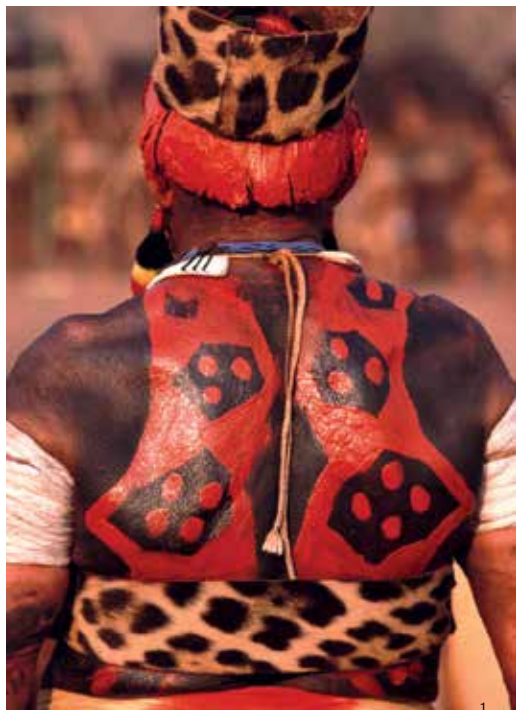
tuição. Até o momento, sete línguas de povos da região amazônica contam com esse registro digital: Kanoé, Oro Win, Puruborá, Sakurabiat, Salamã, Wanyam, além do dicionário de lugares sagrados do povo Medzeniakonai.

O projeto começou em 2019, a partir de uma demanda de José Augusto Kanoé, cacique da comunidade Kanoé, da Terra Indígena Rio Guaporé, em Rondônia. “Ele solicitou aos pesquisadores do museu uma ferramenta de estudo da língua que incluísse a possibilidade de ouvir o som das palavras. Por isso, a ideia do registro multimídia”, explica a linguista Ana Vilacy, pesquisadora do Museu Goeldi e uma das coordenadoras do projeto. Nos dicionários, que podem ser baixados em formato PDF e HTML ou então acessados on-line, é possível ouvir o som e ver as imagens associadas às palavras.

Para Lidia Sakurabiat, que mora na aldeia Koo-pi, pertencente à Terra Indígena Rio Mequéns, em Rondônia, e participou da elaboração do dicionário sakurabiat-português, a possibilidade de acessar sons e imagens permite que o material seja utilizado não só por quem frequenta as escolas indígenas, mas também pelas famílias: “Além dos professores, os pais e irmãos mais velhos ensinam as crianças”, relata Sakurabiat. Ela trabalhou por sete anos como agente de saúde indígena em sua própria comunidade e hoje utiliza o dicionário multimídia para transmitir a língua ao filho, aos irmãos e a quem mais tiver interesse em aprender.

De acordo com Vilacy, os dicionários multimídias do Museu Goeldi são pensados como uma

Ajue tupongo pintura “costas do jabuti”



Etene remo

Verbetes do primeiro volume do dicionário kuikuro-português, cujo título é *Inhanhigü* ou “feito com as mãos, artefato”





3

Documentação de línguas dos povos Makurap (*acima*) e Puruborá realizada em Rondônia pelo Museu Goeldi



4

tecnologia social, desenvolvida em diálogo com as comunidades para ajudar a resolver demandas locais. A metodologia dos pesquisadores da instituição também inclui a elaboração dos softwares em código livre. Um manual com *scripts* de passos semiautomatizados está disponível ao público que deseja replicar o modelo, o que dispensa conhecimento avançado de programação.

Em abril deste ano, uma turma de alunos indígenas da licenciatura intercultural indígena da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) entrou em contato com o museu para utilizar a metodologia na produção de seus próprios dicionários. Essa é outra frente de trabalho dos pesquisadores do Goeldi: a capacitação de membros das comunidades indígenas para realizar o registro de suas línguas. No caso da parceria com a UFMA, foi oferecida uma oficina aos professores da disciplina de produção textual para que eles orientassem os alunos na reprodução da metodologia de feitura dos dicionários.

Segundo o linguista brasileiro Joshua Birchall, da Universidade do Novo México, nos Estados Unidos, que assina a coordenação do projeto de dicionários multimídia com Vilacy, a documentação das línguas orais envolve frequentemente a criação de um alfabeto, um processo que durou séculos em línguas como português e inglês. “Nesse caso, é preciso reproduzir essa transformação histórica em apenas alguns anos, o que envolve um grande trabalho conjunto de linguistas, antropólogos, professores e toda a comunidade”, constata Birchall em entrevista a *Pesquisa FAPESP*.

Apesar dos esforços de pesquisadores, a preservação das línguas indígenas no Brasil enfrenta desafios. Para a linguista Altaci Kokama, responsável pela Coordenação de Promoção à Política Linguística do Ministério dos Povos Indígenas (CPPL-MPI), além do reconhecimento e da valo-

rização simbólica, é fundamental avançar na implementação de políticas públicas estruturantes, contínuas e territorializadas. Entre as principais medidas, ela destaca a cooficialização das línguas indígenas nos municípios com presença dos povos originários e a contratação de agentes bilíngues para fins de acessibilidade. Tais iniciativas são fundamentais para garantir o acesso dessa população ao sistema judiciário, à saúde e à educação.

Kokama faz parte do conselho consultivo do Centro de Documentação de Línguas e Culturas Indígenas Antônio Kanajó, inaugurado em maio na capital paulista. A instituição foi criada por meio da parceria entre o Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP) e o Museu da Língua Portuguesa (MLP), com apoio da FAPESP. A ideia partiu da própria fundação em razão da Década das Línguas Indígenas, instituída em 2022 pela Organização das Nações Unidas (ONU).

A meta é que o centro desenvolva atividades em três linhas: pesquisa e documentação; construção do repositório digital de acesso gratuito; e ações de mediação intercultural e de difusão. Segundo a antropóloga Maria Luísa Lucas, professora do MAE e coordenadora do setor de antropologia do centro, a articulação com as comunidades e pesquisadores indígenas foi pensada em todas as etapas da criação da instituição: da formação do conselho consultivo à chamada de bolsas de mestrado e doutorado, que priorizará candidaturas indígenas.

O primeiro ano de trabalho será dedicado à construção do repositório digital, mas já está prevista para novembro a realização de um seminário internacional no Museu da Língua Portuguesa, como parte da programação do Ano Cultural Brasil-França 2025. “A preservação das línguas indígenas não é apenas uma ação técnica, mas um compromisso ético e político”, destaca Kokama. ●

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

Permanentes, mas vulneráveis

Painéis de azulejos de diferentes épocas e estilos enfrentam o desafio da preservação

MÁRCIA CARINI

“Como é o nome? Raio que o parta?! Ave Maria... Deus me livre e guarde...” Essa foi a reação de uma moradora de Santarém (PA) ao descobrir que o mosaico colorido na fachada de certas casas da vizinhança tinha uma alcunha tão inesperada. O depoimento foi colhido pelos pesquisadores que assinam o livro *Raio que o parta: Uma arquitetura marcante no Pará* (Editora Blucher), lançado no ano passado e disponível para download gratuito.

Entre os anos 1950 e 1960, fachadas revestidas por mosaicos de cacos de azulejo se espalharam a princípio por Belém e depois pelo restante do estado do Pará. “Os murais com motivos como desenhos geométricos, raios e representações

da fauna amazônica simbolizam uma assimilação popular do modernismo”, conta a arquiteta Cybelle Salvador Miranda, coordenadora do Laboratório Memória e Patrimônio Cultural da Universidade Federal do Pará (UFPA) e uma das autoras do livro.

Segundo a pesquisadora, a expressão é atribuída ao historiador e crítico de arte Donato Mello Júnior (1915-1995). Durante a formatura da primeira turma de arquitetura da então Universidade do Pará, em 1966, da qual foi paraninfo, Mello Júnior disse em discurso: “Muitos paraenses (não orientados) revestiram fachadas de formas agressivas e cacarias azulejadas e multicoloridas num estilo ‘raio que os parta’ (*sic*). Donde veio o mau gosto?”.

Em 2009, Miranda e o arquiteto Ronaldo Nonato Marques de Carvalho, também da UFPA, resgataram a expressão citada por Mello Júnior para transformá-la – agora sem ironia – em nome oficial da tipologia. Muitos outros estudos somaram-se a esse e culminaram no livro lançado no ano passado pela dupla com a arquiteta Laura de Carvalho da Costa, autora de tese de doutorado sobre o tema defendida em 2023 na mesma instituição.

Na obra, os autores destrincham as características dessa linguagem arquitetônica, sua complexa relação com o olhar do público ao longo do tempo e as perspectivas de futuro. Segundo Carvalho, o ornamento colorido não é só um detalhe artístico, e sim um componente próprio dessa arquitetura. Entre outras coisas, realça o formato das residências, já que, na maioria delas, o telhado se inclina desde a fachada frontal em direção ao fundo do terreno – o que contribui para a imponência da parte voltada à rua.

Embora a linguagem arquitetônica Raio que o parta tenha surgido em Belém, ela pode ser encontrada até em bairros da ilha de Marajó, a cerca

de 90 quilômetros da capital paraense. De acordo com os pesquisadores, a disseminação pelo estado se deve, provavelmente, à vinda de milhares de visitantes a Belém para o Círio de Nazaré – festa católica que acontece na capital desde 1793, no segundo domingo de outubro.

A adoção inicial dos mosaicos ocorreu em casas da elite paraense e, com o tempo, a linguagem se popularizou. “Em determinado momento, algumas famílias mais humildes reformavam apenas a fachada para aplicar mosaicos como forma de ostentação e valorização do imóvel”, observa Carvalho. “O Raio que o parta passou a ser um símbolo de *status*.”

Para os pesquisadores, isso não ocorreu por acaso. “Murais de azulejo são veículos de comunicação simbólica”, lembra o historiador André Cabral Honor, da Universidade de Brasília (UnB), organizador do livro *Estudos de azulejaria na monarquia pluricontinental lusitana* (Roma Tre-Press, 2024), disponível para download gratuito. A coletânea reúne nove artigos de pesquisadores brasileiros e portugueses que analisam a iconografia, os significados e a preservação de painéis de azulejo portugueses sobretudo dos séculos XVII e XVIII em ambos os países.

De acordo com Honor, a Igreja Católica foi uma das instituições que mais souberam tirar proveito dessa demanda pela imagem. “Para emocionar os fiéis, murais de azulejo eram mais eficazes do que pinturas no teto. Podiam ser instalados à altura dos olhos e estar ao alcance das mãos”, destaca. Neles, representava-se, por exemplo, a vida dos mártires. Além disso, o suporte democratizava a experiência estética. “O público comum tinha pouco ou nenhum acesso à arte naquele período.

FOTOS IRENE ALMEIDA

Abaixo, casas em Belém com a linguagem arquitetônica Raio que o parta e, ao lado, detalhe de painel com cacos de azulejos



Os murais de azulejos tornavam viável um repertório visual até então restrito a poucos.”

Como a produção de azulejos era proibida nas colônias, as olarias lisboetas recebiam as encomendas acompanhadas das ilustrações a serem replicadas nos pedidos além-mar. Esses artesãos podiam até acrescentar elementos que demonstrassem seu domínio técnico e artístico, mas tinham pouca liberdade para alterar o conteúdo sob o risco de desagradar os clientes – há que se considerar que devolver um painel executado do outro lado do oceano seria uma tarefa complicada naquela época. “Da planta com as medidas do local de instalação à escolha da imagem de referência, passando pela adaptação de escala, cálculo do número de peças cerâmicas, confecção, embalagem, transporte e assentamento, muitas mãos atuavam nesse produto final”, conta Honor.

Justamente por depender de tantas etapas, discutir a originalidade e desvendar a autoria dos painéis de azulejos é um desafio. Como aponta o arquiteto e pesquisador brasileiro Felipe Eugênio da Silva em um dos textos da coletânea, o mural *Milagre do Monte Carmelo*, instalado no século XVIII, na Igreja de Nossa Senhora do Carmo, em João Pessoa (PB), utilizou como referência a gravura anônima *Sacrifício de Elias*, publicada em uma edição da *Bíblia de Royaumont*, de 1671.



1

Mesmo em obras contemporâneas e amplamente documentadas, o autor de murais de azulejo pode permanecer sem identificação clara. É o caso de alguns exemplares no Palácio Gustavo Capanema, no centro do Rio de Janeiro. O complexo arquitetônico, inaugurado em 1945, foi erguido por uma equipe liderada pelo arquiteto Lucio Costa (1902-1998) para abrigar o então Ministério da Educação e Saúde. Após uma década fechado e seis anos de reforma, o prédio foi reaberto em maio de 2025.

Em artigo publicado em 2023, a historiadora da arte Iaci d’Assunção Santos, das universidades do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Santa Úrsula, discute a autoria dos nove painéis instalados no local. Dois deles são do pintor Cândido Portinari (1903-1962) e contam, inclusive, com os azulejos de arremate – ou peça de assinatura. Outro painel é do artista visual Paulo Rossi Osir (1890-1959), responsável pela confecção de todos os azulejos do Capanema em sua oficina, o Ateliê Osirarte, em São Paulo.

Entretanto, os demais não têm indicação clara de autoria. Para Santos, essa indeterminação permite compreender o conjunto como resultado de um esforço compartilhado, entrelaçado pelos nomes de Portinari, Osir e da própria Osirarte.

“Quando se fala do processo de azulejaria, mesmo quando há plena identificação do autor, a obra continua atravessada e marcada pelos gestos e nomes de todos os que contribuíram para sua realização”, constata a pesquisadora.

“A questão da autoria é apenas um dos aspectos que definem o percurso dos azulejos”, comenta o historiador da arte Antônio Celso Mangucci. Radicado em Portugal desde a década de 1980, o pesquisador brasileiro investiga a azulejaria lusitana. Em tese de doutorado defendida em 2020 na Universidade de Évora, ele estudou um conjunto azulejar do século XVIII, idealizado por jesuítas para decorar 12 salas de aula daquela instituição. “Os desenhos aludem a disciplinas como física e química”, relata Mangucci, que mantém o site *O azulejo em Portugal*, em português, espanhol e inglês.

Seu trabalho mais recente é o livro *João Burnay: A coleção de azulejos e a arquitetura neorrenascentista da Quinta da Trindade no Seixal* (Câmara Municipal do Seixal, 2024). Na obra, inédita no Brasil, o pesquisador descreve a trajetória da edificação portuguesa que abrigou uma ordem religiosa do século XV ao XIX.

Após 1834, o imóvel foi secularizado. Ao se tornar propriedade do industrial português João Burnay (1843-1903), o local passou por reforma e



O mural *Milagre do Monte Carmelo*, do século XVIII, na Paraíba (à esq.), e painel de Portinari no Palácio Gustavo Capanema



recebeu uma vasta coleção de azulejos. “Essa coleção atende ao anseio daquele momento histórico: consolidar a azulejaria como símbolo identitário de Portugal. Isso porque, embora a produção cerâmica fosse volumosa no país, transformá-la em patrimônio artístico foi uma criação cultural do século XIX”, explica Mangucci.

De acordo com o pesquisador, a coleção de azulejos da Quinta da Trindade é feita de muitas peças transferidas de palácios e conventos demolidos, retiradas de contexto para fazer parte de uma nova narrativa. Em 1971, o engenheiro português Santos Simões (1907-1972) realizou um inventário do espaço e o reconheceu como um pequeno museu, contribuindo para que a casa fosse tombada e, assim, protegendo a construção e seus azulejos do desaparecimento.

A preservação está entre os pontos abordados pela arquiteta Renata Monezzi na tese de doutorado “Azulejos na arquitetura paulista: Das artes decorativas às artes industriais”, que defendeu em 2024 na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). No trabalho, a pesquisadora analisa, por exemplo, a decoração azulejar de quatro edificações que integram o conjunto arquitetônico erguido ao longo do Caminho do Mar, como era conhecida a estrada velha de Santos, atual rodovia SP-148.

A ideia de realizar essas interferências na estrada partiu de Washington Luís (1869-1957), então presidente do estado de São Paulo, com a meta de celebrar o Centenário da Independência, em 1922. Para executá-las, foram convidados o arquiteto Victor Dubugras (1868-1933), que assina os monumentos e edificações, e o artista visual José Wasth Rodrigues (1891-1957), autor dos painéis de azulejos. “Os painéis são pautados por referenciais nacionalistas e reforçavam narrativas históricas sobre as glórias paulistas, seja na construção da ideia de um bandeirante visto como herói, seja no uso de outros personagens políticos que enfatizavam a supremacia paulista”, explica Monezzi.

Ao comparar as fotografias da época da inauguração com as peças atuais, a pesquisadora percebeu que as intervenções ocorridas nos anos 1960 e 1980 haviam promovido alterações significativas nos desenhos originais. No painel *Rancho da maioridade*, por exemplo, dom Pedro II (1825-1891) e seu exército foram apagados. Na nova versão, o imperador transforma-se em um fazendeiro de chapéu de abas curtas, e o grupo de militares dá lugar a uma tropa de sertanejos montados a cavalo. “As ideias defendidas na década de 1920 foram modificadas para dar espaço a uma outra memória, que exaltou a elite agrária”, constata. De acordo com Monezzi, essas mudanças comprometeram a integridade simbólica e artística do conjunto.

No Pará, construções na linguagem Raio que o parta estão em risco. Segundo Miranda, da UFPA, estima-se que das cerca de 300 casas com mosaicos de cacos em Belém, restam hoje apenas 100. “A proposta de tombamento não é bem recebida pelos moradores”, relata a arquiteta. “À medida que as casas passam para novos proprietários, os vínculos afetivos com o projeto original se enfraquecem. Muitos mosaicos foram pintados e várias fachadas refeitas.”

Na avaliação dos pesquisadores da UFPA, a preservação dessa identidade depende de um processo de educação patrimonial. Em 2024, ações de extensão passaram a ser desenvolvidas pela universidade, como a catalogação de exemplares e a criação de uma cartilha distribuída gratuitamente. “Nosso intuito é resgatar o orgulho por uma arquitetura tão singular, mas é preciso oferecer também aos moradores soluções práticas de restauro, limpeza e reinstalação de peças quebradas ou soltas”, conclui Miranda. ●

A guardiã do semiárido

Arqueóloga Niède Guidon trabalhou pela valorização e preservação dos sítios de arte rupestre na serra da Capivara, interior do Piauí

MARCOS PIVETTA

Depois da inauguração do museu, saio. Vou voltar para a França, mas não sei para onde. Gosto de cidades pequenas, bonitas. Tenho direito de descansar. Vou reclamar meu direito de não fazer nada. Comecei a trabalhar com 18 anos.” As frases foram ditas pela arqueóloga Niède Guidon, em entrevista a *Pesquisa FAPESP* publicada em outubro de 2018. O Museu da Natureza, instituição a que alude a pesquisadora paulista, foi inaugurado no final daquele ano no Parque Nacional Serra da Capivara, no sudeste do Piauí, conforme o previsto. Mas a aposentadoria sossegada em um recanto tranquilo na Europa, uma ideia que os amigos diziam ser apenas da boca para fora, nunca se concretizou.

Mesmo com a saúde debilitada nos últimos anos, Guidon não trocou o sertão do Piauí pela França, onde realizou parte de sua formação acadêmica e viveu por duas décadas. Em 4 de junho, aos 92 anos, ela morreu de infarto em casa, em São Raimundo Nonato. Foi enterrada no quintal de sua moradia, situada ao lado da sede da Fundação Museu do Homem Americano (Fumdhm). A entidade foi fundada em 1986 para auxiliar nos trabalhos de gestão e preservação do parque, uma área de quase 130 mil hectares criada em 1979, com fauna e vegetação típicas da Caatinga e clima do semiárido nordestino. Com mais de 1.200 sítios arqueológicos ricos em pinturas rupestres, o parque entrou em 1991 na lista de lugares considerados Patrimônio da

Humanidade pela Unesco. Tornou-se um lugar de pesquisa científica, de preservação da natureza, de difusão da cultura da região e, dada a beleza e a profusão de arte rupestre, um ponto turístico.

“Niède foi uma figura basilar da arqueologia brasileira. Dedicou sua vida à pesquisa, à formação acadêmica de quadros de excelência e ao fortalecimento das políticas patrimoniais no Brasil, desafiando paradigmas e enfrentando com coragem as convenções”, comenta a arqueóloga Adriana Schmidt Dias, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). “Seus projetos de pesquisa no Piauí descortinaram novos caminhos para a arqueologia do povoamento global.”

Filha de mãe brasileira e pai francês, Guidon nasceu em Jaú, interior de São

Pesquisadora morreu aos 92 anos e foi sepultada no quintal de sua casa, em São Raimundo Nonato (PI)



Paulo. Graduiu-se em 1959 na Universidade de São Paulo (USP) em história natural, antigo curso que reunia conhecimentos da biologia e da geologia. Foi por curto tempo professora da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo e, entre 1961 e 1962, fez um curso de especialização em arqueologia pré-histórica na Universidade Paris 1 Panthéon-Sorbonne, na França. Logo depois, ingressou no Museu Paulista, que em 1963 seria incorporado à USP.

A ideia era fazer carreira no Brasil, onde a arqueologia ainda engatinhava. Mas, com o golpe militar de 1964, teve de mudar de planos. Valendo-se de sua dupla cidadania e dos contatos em Paris, imigrou às pressas para a França. Apesar de não ter tido atuação em grupos de esquerda, Guidon teria sido denunciada por um militar por supostas atividades subversivas. “Tive de sair rapidamente do país”, relembrou em entrevista concedida em 2013 quando ganhou o Prêmio Conrado Wessel na categoria Cultura. “Deixei até um apartamento montado em São Paulo.”

Na França, fez carreira acadêmica. Trabalhou com o arqueólogo e etnólogo André Leroi-Gourhan (1911-1986), criador em 1962 da cadeira de pré-história no Museu do Homem, em Paris. Em 1975, obteve o doutorado, também na Sorbonne. A essa altura, a arqueóloga teve o primeiro contato com as pinturas rupestres da serra da Capivara, que dariam um novo norte para sua vida e

pesquisas. Em 1973, como pesquisadora do Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) em Paris, Guidon participou da primeira missão franco-brasileira que procurava vestígios do homem mais antigo das Américas. Era assistente da arqueóloga francesa Annette Laming-Emperaire (1917-1977).

Piauí não estava no roteiro de Laming-Emperaire, cuja atenção, no Brasil, concentrava-se na região mineira de Lagoa Santa, nos arredores de Belo Horizonte, com importantes sítios arqueológicos.

Como Guidon não tinha interesse em tentar descobrir o homem mais antigo das Américas, propôs um acordo com a líder da missão. Organizaria a expedição à Lagoa Santa desde que fosse autorizada a ir à serra da Capivara para conhecer a arte rupestre do semiárido nordestino. O trato foi aceito e, na primeira ida a São Raimundo Nonato, Guidon encontrou 55 sítios com pinturas pré-históricas.

A profusão de descobertas a impulsionou a investir tempo e trabalho na região. Com emprego na França, começou fazendo escavações na serra da Capivara durante as férias. As estadias se tornaram mais frequentes e mais longas com a inauguração do parque e o estabelecimento da Fumdam. Em 1993, ela se instalou definitivamente na região. Comandou a fundação até 2019, quando se tornou presidente emérita.

Em mais de meio século de atuação aguerrida na área da serra da Capivara, lutando contra um quadro crônico de falta de verbas e até ameaças físicas de quem não gostava de sua interferência na região, Guidon, para usar um chavão, colocou os sítios do Piauí no mapa da arqueologia brasileira e das Américas. Ninguém discute a importância ímpar de seus trabalhos em prol da manutenção e da valorização da área do parque, de seus sítios arqueológicos e paleontológicos, da cultura da região e de seus habitantes.

“Além do trabalho de preservação do parque, a Fumdam montou dois museus na região [o da Natureza e o Museu do Homem Americano, mais antigo], fomentou pesquisas e estimulou a Universidade Federal do Vale do São Francisco a instalar um curso de graduação e de pós-graduação em arqueologia em São Raimundo Nonato”, comenta o arqueólogo Eduardo Góes Neves, diretor do Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE) da USP. “Niêde também sempre divulgou a arqueologia para um público mais amplo, estimulando até o turismo na região, algo a que nem todos os pesquisadores se dedicam.”

Uma parte do trabalho científico de Guidon foi (e ainda é) alvo de controvérsias entre seus pares. Em artigos ao longo da carreira, chegou a atribuir a chegada do homem moderno à região de São Raimundo Nonato a 50 mil ou 100 mil anos atrás. “Trabalhos posteriores na serra da Capivara confirmaram a existência de sítios arqueológicos com mais de 20 mil anos, mas é uma questão em aberto se houve ocupações humanas ainda mais antigas”, diz Góes Neves.

No caso da serra da Capivara, a osada humana mais antiga foi datada em cerca de 10 mil anos. As pistas citadas por Guidon e colaboradores a favor da hipótese de que a ocupação humana no continente seria muito mais remota são de ordem indireta, menos contundentes, como fogueiras, pinturas e utensílios de pedra lascada que teriam sido fruto de mãos habilidosas. O debate faz parte do fazer científico. Graças à manutenção dos sítios arqueológicos do sertão piauiense, as ideias da arqueóloga poderão ser confirmadas ou refutadas por novos estudos que serão feitos com o rico material fornecido pela região. ●



Arte rupestre em um dos sítios arqueológicos da serra da Capivara

Novos métodos para desenterrar o passado

Há 60 anos, programa brasileiro
aprimorou a formação
de arqueólogos e ampliou a
descoberta de culturas antigas

ENRICO DI GREGORIO





Escavações no sítio arqueológico José Fernandes, em Itaberá (SP), em 1968, onde foram encontrados artefatos como a vasilha cerâmica da página à esquerda, preservada no MAE-USP

2

Em 1964, em uma expedição preparatória do Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas (Pronapa), o arqueólogo Valentín Calderón (1921-1980) voltava de Curitiba para Salvador com uma Rural Willys recém-comprada e decidiu descansar no Rio de Janeiro. O carro foi roubado, mas recuperado no mesmo dia pela polícia, que procurava por outro, da mesma marca, do então prefeito Carlos Lacerda (1914-1977). Para a arqueóloga norte-americana Betty Meggers (1921-2012), o episódio foi um sinal de boa sorte para o recém-iniciado programa. Durante cinco anos, o Pronapa promoveu trabalhos de campo por todo o litoral brasileiro e parte da Amazônia e mudou os métodos de trabalho da arqueologia brasileira.

Antes do Pronapa, os arqueólogos no Brasil tentavam explorar o máximo possível um sítio de cada vez e não tinham métodos padronizados para classificar os artefatos encontrados, o que prejudicava a comparação das peças achadas em locais diferentes. O programa propôs métodos similares de escavação, com pequenas espátulas, pincéis, peneiras e planilhas para classificação de sítios e artefatos, como já era feito em outros países. Em vez de aprofundar o conhecimento de poucos locais específicos,

priorizou o mapeamento de vários sítios do Brasil e a criação de uma metodologia de classificação e comparação dos artefatos. Nas pesquisas, os arqueólogos aprofundaram o conhecimento sobre as populações de até 5 mil anos atrás que construíram imensos montes de conchas no litoral brasileiro – os sambaquis –, estudaram sítios arqueológicos do interior do Brasil e da Amazônia e deram nomes aos métodos usados pelos povos originários para fazer vasilhames cerâmicos.

Em 1962, o arqueólogo José Loureiro Fernandes (1903-1977), do Centro de Estudos e Pesquisas Arqueológicas da Universidade Federal do Paraná (Cepa-UFPR), organizou um curso para uma das primeiras gerações de arqueólogos profissionais no Brasil. Ministrado pela francesa Annette Laming-Emperaire (1917-1977) e por Margarida Andreatta (1922-2015), do Cepa, era um curso prático de escavação em um sambaqui em Paranaguá, no litoral paranaense. O Pronapa resultou de outro curso organizado por Fernandes, em março de 1964, ministrado por Meggers e seu marido, Clifford Evans (1920-1980), do qual participaram arqueólogos de todo o país.

“Os cursos foram importantes porque nossa formação ainda era muito empírica”, conta o arqueólogo Ondemar Dias, do Instituto de Arqueologia Brasileira

(IAB), no Rio de Janeiro, que participou do Pronapa. Até a primeira pós-graduação nessa área, iniciada em 1972 no Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP), e o primeiro curso de graduação nessa área, criado em 1975 pela Universidade Estácio de Sá, no Rio de Janeiro, os arqueólogos eram historiadores, antropólogos e geógrafos.

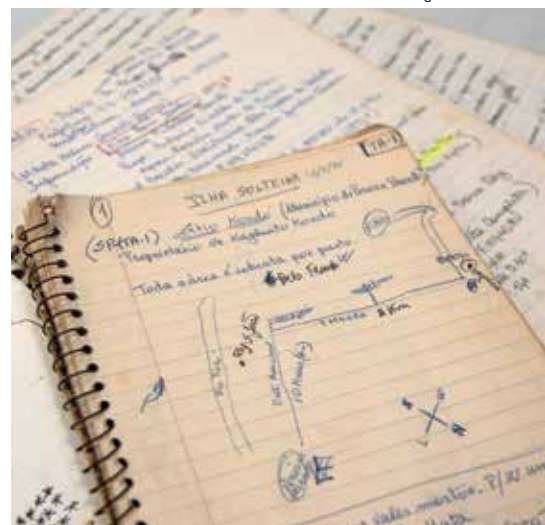
“Não tínhamos nomenclaturas padronizadas para classificar as cerâmicas, os artefatos de pedra e outros objetos, e os arqueólogos não entendiam o trabalho uns dos outros”, detalha a geógrafa e arqueóloga Silvia Maranca, professora aposentada do MAE-USP. “As pesquisas eram focadas nos grandes concheiros do litoral chamados de sambaquis. Quase não havia escavações em sítios cerâmicos do interior. O Pronapa mudou isso.”

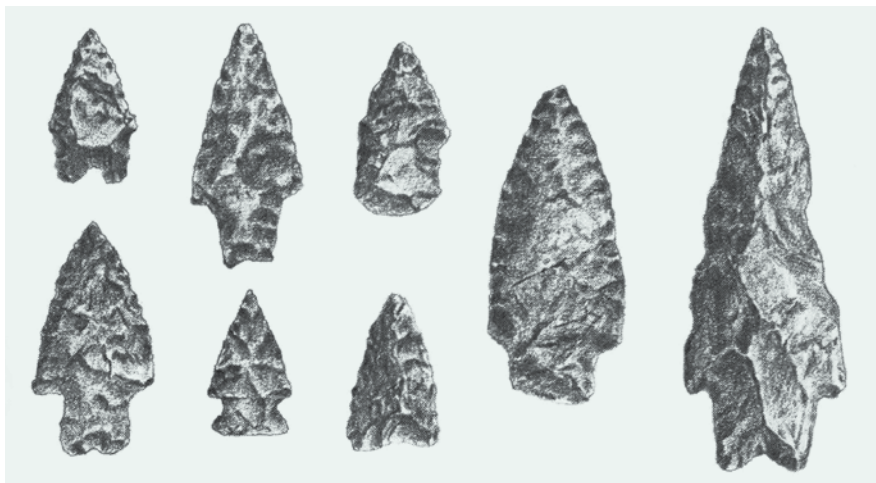
O geógrafo especializado em arqueologia Igor Chmyz, então na UFPR e hoje aposentado, ajudou a ministrar o curso de 1964. Chmyz, que havia tido aulas e participado de expedições com arqueólogos estrangeiros, apresentou métodos de classificação e análise da cerâmica a partir de uma terminologia que, dois anos depois, seria publicada como o primeiro manual para estudo da cerâmica brasileira na revista *Manuais de Arqueologia*.

Meggers apresentou o chamado método de análise e seriação Ford, criado pelo arqueólogo norte-americano James Ford (1911-1968) nos anos 1940 e 1950. A seriação estuda as similaridades e diferenças entre objetos para estabelecer uma sequência e uma datação relativa. “O método foi importante para o Pronapa

Cadernos de campo da arqueóloga Silvia Maranca, participante do Pronapa

3





Pontas de projéteis de povos indígenas que habitaram o Sul do Brasil por volta de 12 mil anos; escultura feita entre os anos mil e 500 por povos antigos das terras baixas da Amazônia



porque é usado para interpretar qualquer classe de objeto”, conta Dias.

Depois dos cursos, de 30 de outubro a 22 de novembro, Meggers e seu marido, Clifford Evans (1920-1980), com apoio da Comissão Fulbright, dos Estados Unidos, e do Conselho de Pesquisa da UFPR, visitaram arqueólogos no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Pará e Brasília para conhecer melhor a arqueologia feita no Brasil e elaborar a proposta do Pronapa. Ao final da viagem, montaram um cronograma que deveria durar três anos, pelo qual cada pesquisador deveria identificar três vales de rios (logo depois o número passou para cinco) que “talvez tenham servido como rotas de migração e comunicação”, descreveu Meggers em um artigo publicado na revista *Arqueologia* em 2007, o mesmo em que contou a recuperação da Rural Willys.

Até 1968, os participantes do programa visitaram 22 regiões em nove estados e registraram mais de mil sítios arqueológicos. Das pesquisas emergiram mais detalhes sobre as populações dos sambaquis em Santa Catarina, Paraná e São Paulo, que viviam no Brasil há mais de mil anos e usavam facas e lascas de pedras para cortar ou raspar animais abatidos e produziam outros instrumentos, a partir de pedras arredondadas, chamados de *choppers*. Eles também faziam pontas de flecha de pedra, concha e osso, machados polidos e pingentes com pedras polidas e vértebras de peixes.

Os arqueólogos do Pronapa estudaram cerâmicas de todo o país e, com base nos métodos de seriação, definiram o que chamaram de Tradição Tupiguarani e outras tradições regionais, concentradas no Sul e Sudeste do país; tradições são os modos das populações antigas de determinados locais produzirem e decorarem os vasos cerâmicos. Os vasos e potes eram diferentes uns dos outros tanto pela composição da argila quanto pela decoração, que podia ser feita com ou sem tinta e com marcas de escovas, dedos ou incisões feitas com unhas ou objetos cortantes.

Maranca participou dessas descobertas em São Paulo. “Fizemos escavações em fazendas e em terrenos onde o governo ia abrir linhas de geração de energia”, conta. “Nas construções das usinas não podíamos escavar sistematicamente, porque acompanhávamos o ritmo das obras. Mas fizemos escavações profundas para encontrar cerâmicas e artefatos de pedra em Fernandes e nas margens dos rios Paraná e Tietê.”

Os arqueólogos concluíram que os indígenas da Amazônia que produziram as cerâmicas decoradas com tintas vermelha e branca ou com marcas para formar relevo da Tradição Tupiguarani viveram em “regiões de florestas apropriadas ao cultivo sazonal”, e os produtores das cerâmicas de tradições regionais habitavam “outros tipos de meio ambiente, o que fa-

voreceu sua sobrevivência”, conforme o relatório de 1970.

Barreiras, principalmente os rios, limitavam o contato entre os indígenas do litoral com os do interior da Amazônia antes da colonização europeia. “Os estudos dos anos 1960 e 1970, mesmo que tenham passado por revisões conceituais, foram as primeiras investigações em escala nacional sobre a vida dos povos originários antes da chegada dos europeus”, diz o arqueólogo João Carlos Moreno, da Universidade Federal de Rio Grande (Furg), que não participou do programa.

O Pronapa terminou oficialmente em 1973 com um debate no Instituto Smithsonian, em Washington, Estados Unidos. Um dos participantes, o arqueólogo Má-

Os idealizadores do Pronapa: Meggers e Evans, em 1964; ao lado, os organizadores de um curso em 1956: Joseph Emperaire (à esq.), Annette Laming-Emperaire e José Fernandes



rio Simões (1914-1985), então no Museu Goeldi, comentou que o programa havia se concentrado em sítios fora da Amazônia e que era necessário trabalhar mais na floresta. Ele propôs a criação do Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas da Bacia Amazônica (Pronapaba), que começou efetivamente em 1976. Dias coordenou a pesquisa na bacia do rio Purus, no Acre, onde descobriu as estruturas conhecidas como geoglifos do Acre (ver Pesquisa FAPESP nº 346).

Por anos, os arqueólogos estudaram o solo escuro formado pelas matérias orgânicas deixadas pelas populações originárias da Amazônia, conhecido como terra preta (ver reportagem “Menos dúvidas sobre a origem da terra preta amazônica”, no site de Pesquisa FAPESP), e classificaram cacos cerâmicos em fases, como a Tucuruí, Tauá, Marabá e Itupiranga. Por fim, buscaram, novamente, identificar os movimentos das populações indígenas ancestrais.

O Pronapaba localizou e cadastrou 334 sítios na Amazônia, principalmente no estado do Amazonas, que concentra 119 deles. Hoje, há 467 sítios no estado cadastrados na base de dados do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan). Nesse mapeamento, os arqueólogos concluíram que os povos antigos que viviam nas áreas de várzea, sujeitas a inundações periódicas, fabricavam cerâmicas elaboradas, como a marajoara, e os que moravam na chamada terra firme tinham uma técnica mais simples. Outra

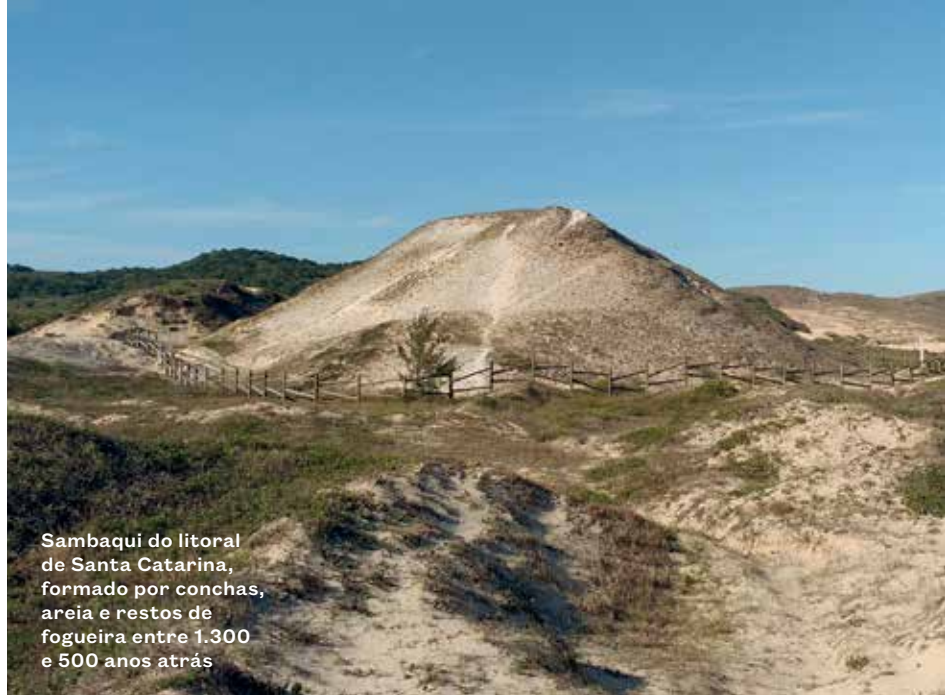
conclusão foi que as diferenças nos ingredientes da argila de cerâmicas aparentemente iguais poderiam marcar fases dentro de uma mesma tradição. Isso ajudou os arqueólogos a diferenciar quando um sítio foi ocupado por uma grande população durante um longo período de tempo e quando a ocupação da região ocorreu várias vezes de maneira intercalada.

Como os arqueólogos do Pronapa se concentraram no estudo das cerâmicas, a pesquisa de outros artefatos, como os instrumentos de pedra, foi escassa. “Após o Pronapa, no final da década de 1970, Meggers e Evans criaram a tradição Umbu, usada para classificar todas as pontas de flecha encontradas em abrigos ou sítios a céu aberto. É a mesma coisa que dizer

que todo povo originário que fazia um vasilhame cerâmico era Guarani”, critica Moreno. Em pesquisas recentes, ele concluiu que a diversidade cultural dos primeiros povos originários do Sul e Sudeste do Brasil, onde a tradição Umbu supostamente predominava, era muito maior.

As revisões foram mais profundas na Amazônia. Na década de 1990, a arqueóloga norte-americana Anna Roosevelt contestou a conclusão do Pronapa e do Pronapaba de que na Amazônia os sítios em terra firme eram pequenos, recentes e de populações pequenas. Ela encontrou sítios de até 11 mil anos atrás e datou a cerâmica mais antiga nas Américas no sítio arqueológico de Taperinha, com 8 mil anos (ver Pesquisa FAPESP nº 387).

Na mesma década, o arqueólogo norte-americano Michael Heckenberger encontrou sítios grandes com valas subterrâneas que podiam ser estruturas defensivas e registros de grandes aldeias interconectadas por caminhos feitos pelos indígenas do passado. Já a arqueóloga brasileira Denise Schaan encontrou imensos desenhos geométricos cavados pelos indígenas do passado na terra amazônica. Alguns dos sítios chegaram a ser descritos como centros urbanos ancestrais. Até hoje, os arqueólogos estudam e descobrem novas estruturas complexas dos povos antigos que habitaram o território que seria o Brasil (ver Pesquisa FAPESP nº 333). ●



Sambaqui do litoral de Santa Catarina, formado por conchas, areia e restos de fogueira entre 1.300 e 500 anos atrás

3



4

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



Escolha natural

A bióloga Mara Mussury ajuda a transformar a agricultura familiar em Mato Grosso do Sul

Meu gosto pelas plantas veio das mulheres da minha família. Nasci e fui criada no Rio de Janeiro. Minha avó era indígena e tanto ela quanto minha mãe tinham um vasto conhecimento sobre o cultivo de plantas e o uso de ervas medicinais.

Ao chegar o momento de optar por um curso superior, a biologia foi uma escolha natural. Ingressei no curso de ciências biológicas da Universidade Gamma Filho em 1982, mas pela dificuldade de arcar com os custos do ensino superior privado consegui no mesmo ano uma

transferência para a Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais.

Foi lá que compreendi como o estudo dos processos biológicos das plantas pode otimizar a agricultura – e me apaixonei pela botânica aplicada. No meu trabalho de conclusão de curso, analisei a biologia da polinização das flores de *Crotalaria anagyroides* H. B. K., conhecida popularmente como xique-xique. Assim como outras espécies do gênero, ela é tóxica, mas pode ser utilizada como adubação verde e auxiliar no controle de nematoides [vermes] e plantas daninhas.

Três anos depois de formada, em 1989, mudei-me para Dourados, em Mato Grosso do Sul, em busca de oportunidades profissionais. Queria muito ajudar minha família no Rio, que após o falecimento do meu pai, em 1983, passou a viver com dificuldade.

Além disso, meu namorado, que conheci durante a graduação em Viçosa, estava morando em Ponta Porã [MS], cidade próxima a Dourados. Ele é agrônomo. Casamos logo após minha mudança para Mato Grosso do Sul e estamos juntos até hoje. Nos primeiros anos, trabalhei como professora de biologia no ensino básico, mas meu sonho era atuar na universidade.

Foi no mestrado em agronomia que iniciei minhas pesquisas sobre a relação de insetos e plantas. Na dissertação defendida em 1997, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul [UFMS], avaliei a interação entre insetos e as flores de *Brassica napus* L., a canola.

Em 2000, mesmo com dois filhos pequenos, com 9 e 7 anos, iniciei o doutorado em ciências biológicas na Unesp [Universidade Estadual Paulista], em Botucatu. Fiz a caracterização da morfologia e da anatomia dos órgãos vegetativos – raízes, caules e folhas – da *Pfaffia glomerata*, também conhecida como ginseng-brasileiro. Trata-se de uma planta com longa história de uso pelos povos indígenas e na medicina popular, além de ter seu potencial farmacêutico já comprovado. Em 2003, um ano antes de concluir o doutorado, nasceu meu terceiro filho.

Meu sonho de ser professora universitária se concretizou em 2006, quando fui aprovada em um concurso da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados [FCBA-UFGD]. As pesquisas e parcerias na universidade me abriram novos caminhos de trocas e de aprendizado. Um deles me levou até o assentamento Itamarati, criado em 2002 e hoje considerado um dos maiores da América Latina.

Com cerca de 50 mil hectares, o Itamarati fica em Ponta Porã, na fronteira com o Paraguai. Em 2017, vi no convênio assinado entre essa comunidade, a prefeitura e a universidade, uma oportunidade de levar para o campo meu conhecimento de botânica aplicada à agricultura.

A partir de encontros e rodas de conversa com grupos de agricultores do assentamento e gestores do município surgiu o projeto de extensão Centro de Desenvolvimento Rural: Rede de Soluções Sustentáveis, o CDR. A iniciativa tem a colaboração de pesquisadores da UFGD, sendo alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável [ODS] da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas [ONU].

O Itamarati abriga por volta de 2.800 famílias, ou quase 17 mil pessoas, que se dedicam à produção de alimentos, desde hortaliças até culturas de feijão, milho e soja. Isso tanto para subsistência como para venda do excedente.

Quando iniciamos o projeto, já havia na comunidade o desejo de restringir o uso de defensivos químicos. Foi quando propus adotar os bioinseticidas. Em 2019, começamos a visitar os agricultores e as escolas da região, buscando entender as necessidades locais. E só então apresentar a essas pessoas as tecnologias específicas, ensinando a fabricar e aplicar os bioinseticidas.

As pesquisas que venho realizando ao longo dos anos mostram que diversas plantas, especialmente as do Cerrado, têm potencial como bioinseticidas. Esses estudos resultaram em um banco de dados com espécies botânicas que apresentam efeitos comprovados no controle de insetos que impactam a produção agrícola.

A partir da elaboração de um bioinseticida à base de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens*], é realizado o controle da traça-das-crucíferas [*Plutella xylostella*], praga que afeta culturas como repolho e couve. No assentamento, como o plantio é feito por um número considerável de produtores, esse controle é imprescindível.

A adoção dos bioinseticidas é um trabalho de longo prazo, que envolve um componente fundamental: a educação. Muitos acreditam, por exemplo, que pelo fato de terem sido desenvolvidos a partir de plantas, os bioinseticidas dispensam o uso dos equipamentos de produção individual, o que não é verdade. Embora esses compostos sejam, em geral, menos tóxicos, também podem causar irritações cutâneas e, eventualmente, problemas respiratórios.

Além das visitas aos agricultores, atuamos nas três escolas da comunidade, onde instalamos hortas para apoiar atividades didáticas. Elas envolvem técnicas de cultivo, cuidados com o solo e a água, a fabricação e o uso dos bioinseticidas, além da disponibilização de alimentos para a merenda escolar.

Nosso público é formado por alunos do ensino fundamental, do médio e do EJA [Educação de Jovens e Adultos]. Um dos resultados do nosso trabalho é contribuir para a permanência desses jovens no campo.



SAIBA MAIS
Centro de
Desenvolvimento
Rural: Rede
de Soluções
Sustentáveis

Ainda no eixo da educação, por meio de uma parceria com a prefeitura, são oferecidos oficinas e cursos de capacitação para as mulheres, em temas escolhidos por elas mesmas. A proposta é de que possam gerar renda a partir do trabalho realizado no próprio assentamento.

O apoio da universidade e da prefeitura de Ponta Porã é a âncora do CDR. No entanto, ao longo desses anos, temos ampliado nossa atuação no assentamento por meio de projetos específicos com o governo estadual, no eixo da educação. Outro ponto importante é a concessão de bolsas para alunos da UFGD, via CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico] e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul [FUNDECT].

Em 2025 conseguimos recursos com a Itaipu Binacional, por meio de edital público, para a aquisição de maquinários destinados à Cooperativa dos Agricultores Familiares do Itamarati. Esses equipamentos são voltados ao beneficiamento dos produtos agrícolas, com o objetivo de aumentar seu valor de mercado.

Meu sonho agora é construir uma fábrica para produzir bioinseticidas em larga escala e, com isso, atender as comunidades, dentro e fora do Itamarati. Além dos recursos financeiros, há um desafio tecnológico, o de trabalhar com compostos ativos naturais, que podem variar conforme fatores como o clima, o solo e a altitude. Ao contrário dos defensivos químicos convencionais, sintéticos, alguns bioinseticidas são sensíveis à luz, à temperatura e à umidade, o que dificulta o armazenamento e a aplicação em campo.

Quando sonhei em ser professora universitária, não tinha ideia de onde essa escolha me levaria. Hoje, aos 62 anos, percorrendo as estradas de terra do assentamento, sei que estou no caminho certo. ●

DEPOIMENTO CONCEDIDO A
PATRICIA MARIUZZO



Mussury no assentamento Itamarati com o morador João do Prado; e, na outra página, em uma das hortas da comunidade

Estratégias de sobrevivência

ANA SILVIA VOLPI SCOTT



Família e fronteira no Brasil colonial. Santana de Parnaíba, 1580-1822

Alida C. Metcalf
Editora Unesp
312 páginas
R\$ 74,00

Finalmente, após mais de três décadas de sua primeira edição norte americana (1992), o público leitor de português e interessado na história do Brasil colonial tem à sua disposição o livro *Família e fronteira no Brasil colonial. Santana de Parnaíba, 1580-1822*, da historiadora norte-americana Alida C. Metcalf, graças à iniciativa de publicação da Editora Unesp. Até hoje, a autora realiza pesquisas sobre o Brasil.

Apesar dos anos, a obra agora publicada entre nós não perde força e continua a ter lugar de destaque na historiografia sobre o período colonial brasileiro, somando-se a trabalhos de brasilianistas que, desde os anos 1970, estudaram temas da nossa história colonial. Metcalf se junta a autores que são referência na historiografia brasileira, como A. J. R. Russell-Wood, Stuart Schwartz, Mary Karash, Muriel Nazzari, que têm livros publicados no Brasil.

Embora há muito tempo houvesse o desejo de publicar a obra em português, Metcalf menciona no prefácio vários empecilhos, entre eles as questões referentes ao vocabulário específico para a realização da tradução. Desafios que, vale mencionar, foram plenamente superados, pois a versão em português oferece ao leitor um texto de leitura agradável e fluida, resultado da parceria muito afinada entre a autora e os tradutores.

No livro, Metcalf analisou o tema da(s) família(s) em um contexto de fronteira, dialogando com autores clássicos como Frederick Turner e Sérgio Buarque de Holanda. A história de Santana de Parnaíba (SP), no amplo período entre 1580 e 1822, serviu como um microcosmo para entender como diversos tipos de famílias (de proprietários, da população livre e pobre e dos escravizados) sobreviviam no Brasil colonial.

Na introdução, a autora discute o arcabouço teórico para analisar as famílias e a fronteira na colonização da América, assim como o porquê da utilização de “classe social” para analisar o passado colonial. Para Metcalf, “classe” sugere uma sociedade em que grupos de pessoas se distinguem por sua relação com os recursos materiais (terra e mão de obra), eixo de sua análise. Entretanto, ainda hoje o uso do conceito não é consenso entre os estudiosos.

De toda forma, parte-se da ideia de que, na comunidade estudada, as famílias das diferentes

classes tiveram estratégias de sobrevivência distintas, mediadas pela relação com o sertão, fator essencial para entender a colonização no Brasil. Assim, o acesso diferenciado aos recursos para as famílias de proprietários, da população livre e pobre e dos escravizados, repercutiu na organização de suas vidas.

Na sequência, a obra estrutura-se em seis capítulos. Os três primeiros apresentam aspectos mais gerais. No capítulo 1, a autora analisa a colonização da região de São Vicente, no litoral paulista, no século XVI, enquanto no capítulo 2 mostra como a população vivia em mundos distintos, mas integrados (vila, reino e sertão), e como as relações entre eles foram se transformando. Já no capítulo 3, Metcalf discute a relação das famílias da vila com o reino e o sertão, dando as bases para o surgimento das classes sociais.

Os três capítulos finais detêm-se nas famílias de cada classe e suas diferentes estratégias para viver e, quando possível, prosperar. Assim, os proprietários buscavam preservar a unidade e garantir a transmissão de sua riqueza; a população livre e pobre empenhava-se em garantir alguma estabilidade e acesso à terra e aos recursos; as famílias de escravizados tinham que lidar com as duras condições em que viviam, sob o regime escravista.

Na conclusão, fica evidenciado que o caso da comunidade de Santana de Parnaíba ilustra as complexas e distintas relações entre família(s) e fronteira, a partir da integração entre aqueles três mundos e o papel fundamental que eles têm para a compreensão do Brasil colonial.

Por fim, sublinha-se a riqueza e a diversidade de fontes (quantitativas e qualitativas), que deram sólida base para se construir uma análise abrangente da sociedade colonial e que, passados mais de 30 anos, ainda colocam temas centrais na historiografia do período. Quem sabe a publicação estimule a tradução de outra obra importante, na mesma temática de família: o livro da também brasilianista Elizabeth Kuznesof, *Household economy and urban development, São Paulo 1765-1836*, publicado em 1986.

A historiadora **Ana Silvia Volpi Scott** é professora do Departamento de Demografia e dos Programas de Pós-graduação em Demografia e em História da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Carmino Antonio de Souza

CONSELHO SUPERIOR

Antonio José de Almeida Meirelles, Helena Bonciani Nader, Herman Jacobus Cornelis Voorwald, Marcilio Alves, Maria Armanda 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



ISSN 1519-8774

COMITÊ CIENTÍFICO

Luiz Roberto Giorgetti de Britto (*Presidente*), Alexandre Xavier Falcão, Américo Martins Craveiro, Ana Claudia Latronico, Ana Claudia Torrecilhas, Ana Maria Fonseca de Almeida, Carlos Américo Pacheco, Celio Haddad, Dario Simões Zamboni, Daniel Scherer Moura, Deisy de Souza, Douglas Zampieri, Eduardo Zancul, Eduardo Magalhães Rego, Fernando Menezes de Almeida, Fabiana Cristina Komesu, Flávio Henrique da Silva, Flávio Vieira Meirelles, Gustavo Dalpian, Helena Lage Ferreira, João Pereira Leite, José Roberto de França Arruda, Liliam Sanchez Carrete, Luiz Nunes de Oliveira, Luiz Vitor de Souza Filho, Marcio de Castro Silva Filho, Marco Antonio Zago, Maria José Giannini, Mariana Cabral de Oliveira, Marta Arretche, Michelle Ratton Sanchez Badin, Nina Stocco Ranieri, Paulo Schor, Reinaldo Salomão, Richard Charles Garratt, Rodolfo Jardim Azevedo, Sergio Costa Oliveira, Sydney José Lima Ribeiro, Sylvio Canuto, Wilson Rosa de Almeida

COORDENADOR CIENTÍFICO

Luiz Roberto Giorgetti de Britto

DIRETORA DE REDAÇÃO

Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE

Neldson Marcolin

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

REPÓRTERES Christina Queiroz e Sarah Schmidt

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

FOTÓGRAFO Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS Valtier 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 Américo Craveiro, Ana Maria de Almeida, Célio Haddad, Douglas Zampieri, Emanuel Carrilho, Fabiana Komesu, Flávia Brito do Nascimento, Flávio Meirelles, Jean Ometto, José Roberto Arruda, Luiz Aragão, Isabela Martins Benseñor, Maria de Fátima Morethy Couto, Nina Ranieri, Paulo Schor, Reinaldo Salomão, Ricardo Hirata

COLABORADORES Ana Beatriz Rangel, Ana Silvia Volpi Scott, Enrico Di Gregorio, Domingos Zapparoli, Giselle Soares, Guilherme Costa, Irene Almeida, João Marcos Rosa, Leandro Alves da Silva, Marcia Carini, Meghie Rodrigues, Mônica Manir, Patricia Mariuzzo, Renata Fontanetto, Sinésio Pires Ferreira, Suzel Tunes, Valentina Fraiz

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 28.1400 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

MISTURA BRASILEIRA

Que pesquisa incrível (“Pai europeu, mãe africana ou indígena”, edição 352). Muito além do campo da ciência biológica, podemos analisar com olhos para a geografia, a história e a sociologia.

Carolina Altenfelder Silva**GÊNERO E UNIVERSIDADE**

Em uma pesquisa de 2017, minha aluna Gabriela Boechat descreveu esses dados sobre a presença de homens e mulheres nas universidades públicas de São Paulo (“A desigualdade no espelho”, edição 351). De lá para cá, se vão quase 10 anos e nada mudou.

Maria Caraméz Carlotto**PRESSÃO DE REVISORES**

Práticas de ciência aberta, como a revisão aberta, podem mitigar esses efeitos, além de contribuírem para fomentar o debate científico, que deve ser a finalidade principal das publicações acadêmicas (“Crítica de autores sobre a pressão de revisores para incluir citações leva à retratação de artigo”, edição 351).

Adelaide Silva**INOVAÇÃO**

Procurar o extramuros e fazer parcerias público-privadas e públicas

colabora para que a universidade cumpra uma de suas missões (“Blindagem na inovação”, edição 352).

Erivaldo Teixeira**VÍDEOS**

Não existem vínculos na escola (“Explosão de conflitos nas escolas: o que está por trás dos ataques recentes?”). Daí a falta de percepção e reconhecimento dos problemas. Professores não param e uma pessoa com curso superior não quer ganhar R\$ 2.500,00. Virar motorista de aplicativo dá mais retorno financeiro e é mais seguro do que enfrentar de 300 a 400 alunos por ano com suas famílias e uma gestão que “não pode fazer nada”.

Catarina Troiano

É lamentável como a humanidade não consegue entrar em acordo sobre o que é crucial para nossa existência (“Atlântico Sul em alerta”).

Ivo Andrade

Como professor de história, espero que venham mais vídeos sobre esse assunto (“Os segredos da floresta”).

Fabio Manohar

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

ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇO

Envie um e-mail para assinaturaspesquisa@fapesp.br

PARA ANUNCIAR

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

EDIÇÕES ANTERIORES

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

LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO

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

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.



Distinção no bigode

“Esse bicho do Cerrado tem um bigodinho, é diferente dos outros.”
Com essa dica do colega Nelson Albuquerque, o herpetólogo Diego Santana, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), resolveu analisar geneticamente essas serpentes coletadas por alunos no Tocantins. Era mesmo uma espécie nova de cobra-papagaio, batizada como *Leptophis mystacinus*, que vive e dorme em árvores, onde caça bichos pequenos. Não tem dentes inoculadores de veneno. Sua parente mais próxima vive na Caatinga e não tem o tal bigode preto pintado embaixo das narinas.

Imagem enviada pelo herpetólogo **Leandro Alves da Silva**, pesquisador em estágio de pós-doutorado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)



acompanhe **pesquisa**fapesp no YouTube

Novos vídeos de
ciência e tecnologia
semanalmente



A HISTÓRIA DO FUTEBOL DE VÁRZEA FEMININO



EXPLOÇÃO DE CONFLITOS NAS ESCOLAS



ATLÂNTICO SUL EM ALERTA

INSCREVA-SE!
revistapesquisa.fapesp.br |  Pesquisa Fapesp





revista **pesquisa**fapesp

25 ANOS NOTICIANDO A CIÊNCIA BRASILEIRA

À VENDA EM BANCAS DE TODO O PAÍS