

Conexão instável

Educação a distância avança no país e predomina na formação de professores; massificação no ensino superior privado ameaça a qualidade dos cursos



Em duas décadas, frio e calor mataram 142 mil pessoas em 18 cidades brasileiras

Organismos que vivem apenas um dia conseguem prever mudanças de estação

Filmes resgatados revisitam a história da ditadura militar no Brasil

Pesquisadores desenvolvem protótipos de chips fotônicos, mais rápidos e eficientes

Inteligência artificial traz possibilidades e impasses para artistas visuais

promoção
prorrogada

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



revista **pesquisa** fapesp

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

5 CARTA DA EDITORA
6 NOTAS

Dia de calor em São Paulo no ano passado: sucessivos recordes de altas temperaturas (MUDANÇAS CLIMÁTICAS, P.36)

CAPA
ALEXANDRE AFFONSO

CAPA
12 Expansão de cursos de graduação a distância expõe o potencial e as fragilidades do modelo

ENTREVISTA
20 A epidemiologista Maria Amélia Veras trabalha para conter a propagação de doenças sexualmente transmissíveis

INDICADORES
26 Levantamentos mostram o crescimento e a diversificação de áreas de pesquisa no Brasil

ENTREVISTA
29 Maysa Furlan, nova reitora da Unesp, analisa os obstáculos à ascensão feminina na ciência

BOAS PRÁTICAS
32 Iniciativa financia verificação extra de resultados de pesquisas para evitar a publicação de erros

DADOS
35 Emprego nos Setores Intensivos em Conhecimento

MUDANÇAS CLIMÁTICAS
36 Aquecimento global passou de 1,5 °C em 2024 com temperatura recorde

FISIOLOGIA
40 Frio e calor mataram 142,7 mil pessoas em 18 cidades brasileiras de 1997 a 2018

AMBIENTE
44 Aprendizado de máquina aponta áreas vulneráveis a deslizamentos de terra

GEOCIÊNCIAS
46 Mapeamento redefine limites dos blocos rochosos mais profundos da América do Sul

SAÚDE PÚBLICA
50 De 2013 a 2022, notificações de violência sexual contra meninos cresceram 6,8% ao ano no país

CRONOBIOLOGIA
53 Cianobactérias vivem um dia, mas se preparam para mudanças de estação

ZOOLOGIA
56 Monitoramento remoto permite descrever como onças-pintadas usam o espaço →



ECOLOGIA

- 58** Roedores utilizam como abrigos temporários buracos escavados por tatus

FÍSICA

- 60** Novo mecanismo promove supercondutividade em certos materiais

ÓPTICA

- 62** Pesquisadores brasileiros desenvolvem protótipos de chips fotônicos

ENGENHARIA DE MATERIAIS

- 68** Versátil, nióbio é usado em aplicações que vão de baterias a cosméticos

NEUROCIÊNCIA

- 72** Plataforma robótica aprimora tratamento por estimulação magnética transcraniana

SOCIEDADE

- 76** Por que a participação de crianças no planejamento urbano deve ser levada a sério

CINEMA

- 82** Pesquisadores resgatam filmes perdidos e revisitam a história da ditadura militar brasileira

ARTES VISUAIS

- 86** Artistas se deparam com as possibilidades e os impasses da inteligência artificial

MEMÓRIA

- 90** Instituto Benjamin Constant produziu os primeiros livros para cegos há 168 anos

ITINERÁRIOS DE PESQUISA

- 94** Paulo Takeo Sano une a botânica e o direito para defender o Cerrado brasileiro

RESENHA

- 96** *Arquiteturas políticas: Projeto, trabalho e habitação popular em São Paulo*, de José Henrique Bortoluci. Por Joana Mello de Carvalho e Silva

97 COMENTÁRIOS

98 FOTOLAB



2

Participação de cineastas no cortejo fúnebre de Edson Luís, em 1968, filmado por Eduardo Escorel (CINEMA, P.82)

WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR



VÍDEOS

O QUE É O GRAFENO?

VEJA O VÍDEO E ENTENDA

Material apresenta alta resistência mecânica e promete revolucionar o desenvolvimento de itens como baterias, pneus, roupas e produtos eletrônicos



OS IMPACTOS DE

BELO MONTE NA VIDA DE INDÍGENAS E RIBEIRINHOS

Pesquisadores comunitários se aliam a universidades para mensurar os efeitos da barragem, que secou rios, mudou o ecossistema e a paisagem da região



PODCAST

CORRA E OLHE O CÉU

A passagem de um asteroide perto da Terra em 2029 e a disputa pela posse dos meteoritos que caem no Brasil. E mais: tolerância social; peixes cartilaginosos; impactos de Belo Monte



Retrato de Maria do Carmo Vaughan Bandeira feito por Giselle Beiguelman utilizando IA (ARTES VISUAIS, P.86)

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

Aprendizado com poucos parâmetros

ALEXANDRA OZORIO DE ALMEIDA — diretora de redação

Quem foi criança e leitor de gibi no distante século XX provavelmente se lembra das publicidades de cursos por correspondência. Nessa primeira geração de ensino a distância (EaD), os correios traziam o material para programas técnicos, profissionalizantes e supletivos. Era possível concluir os então chamados primeiro e segundo graus, habilitar-se como torneiro mecânico ou, meu preferido, tornar-se detetive particular.

Existente no Brasil desde 1939 e legalmente prevista desde a Lei de Diretrizes e Bases de 1996, a EaD se beneficiou muito da disseminação da internet e de outros avanços tecnológicos recentes. Como ferramenta, os ambientes virtuais de aprendizagem permitem que o ensino chegue a localidades remotas e amplie o acesso de pessoas com deficiência.

Impulsionada pela pandemia de Covid-19, a modalidade já apresentava crescimento intenso no país a partir de desregulamentação implementada em 2017. O mais recente Censo da Educação Superior mostra que para cada aluno de graduação presencial em 2023 havia outro inscrito em um curso de EaD. Esse crescimento acelerado, também desordenado, evidencia a necessidade de parâmetros que garantam a qualidade da formação oferecida, mostra a reportagem de capa desta edição (*página 12*).

Problema social pouco abordado, a violência sexual contra meninos é tema de reportagem à página 50. Análise de longo prazo sobre dados oficiais mostra uma taxa de crescimento dos casos de quase 7% ao ano. De 2013 a 2023 foram notificadas 40 mil ocorrências contra meninos e adolescentes do sexo masculino. Dois em cada três casos reportados ocorrem na casa da vítima.

A reportagem é acompanhada por delicada ilustração produzida por Natalia Gregorini para *Pesquisa FAPESP*. Ao preparar o layout de cada conteúdo, a editora de Arte, Cláudia Warrak, e o editor responsável definem a necessidade de encomendar uma ilustração. São pré-escolhidos nomes, levando-se em conta o tema e o traço dos artistas. Feita a seleção, a equipe envia o texto jornalístico e a proposta de layout, recebendo esboços que desembocam na arte-final. Em 2024, a revista fez 27 encomendas para 17 artistas, que produziram 68 ilustrações, entre capas, imagens principais e menores.

Violência sexual não é uma ocorrência rara na vida das pessoas trans e de grupos excluídos, população à qual a médica Maria Amélia Veras dedica suas pesquisas e desenvolve atividades há 40 anos. Professora da Santa Casa de São Paulo, à frente do Núcleo de Estudos em Direitos Humanos e Saúde da População LGBTQIA+, Veras esteve recentemente no interior do Pará auxiliando uma equipe a analisar as infecções sexualmente transmissíveis no garimpo, aproveitando sua experiência com desenho de estudos para populações de difícil acesso (*página 20*).

Indicado ao Oscar, o filme *Ainda estou aqui*, de Walter Salles, com Fernanda Torres, narra a violência infligida sobre a família Paiva durante a ditadura militar. Produções cinematográficas realizadas no período da repressão também ganharam oportunidade recente de exibição, como o título *Açúcar, água e sal*, realizado por presos políticos durante uma greve de fome em 1979. Nosso colaborador Ricardo Balthazar conta sobre a pesquisa de filmes perdidos que revisitam a história da ditadura militar brasileira (*página 82*). Pautas duras, mas necessárias.



A vegetação refresca mais em cidades abertas e secas, como em Campo Grande (MS)

Árvores resfriam, mas também esquentam

Após analisarem 182 estudos sobre 17 climas em 110 cidades ou regiões globais publicados entre 2010 e 2023, pesquisadores da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, concluíram que as árvores urbanas geralmente resfriam mais as cidades com climas quentes e secos, como no Centro-Oeste brasileiro, e menos as com clima quente e úmido, típico da região Norte do Brasil. Durante o dia, as árvores bloqueiam a radiação solar, por meio da evaporação da água ou de alterações no fluxo de ar. À noite, no entanto, as copas podem reter o calor e aumentar as temperaturas. Em climas áridos, como no Cairo, no Egito, as árvores resfriaram os ambientes em pouco mais de 9 graus Celsius (°C) de dia e as aqueceram em 0,4 °C à noite. Em climas de floresta tropical, o efeito de resfriamento diurno caiu para aproximadamente 2 °C, com aquecimento noturno de 0,8 °C. Em climas temperados, as árvores podem esfriar as cidades em até 6 °C e aquecê-las em 1,5 °C. Em geral, as árvores resfriam mais efetivamente em cidades abertas e baixas com climas secos. “Nossos resultados enfatizam que os planejadores urbanos não precisam apenas dar às cidades mais espaços verdes, eles precisam plantar a mistura certa de árvores em posições ideais para maximizar os benefícios do resfriamento”, comentou a coordenadora do estudo, Ronita Bardhan, em comunicado (Universidade de Cambridge e *Communications Earth & Environment*, 10 de dezembro).

Fique longe das aves silvestres

O Departamento de Saúde do estado de Louisiana, nos Estados Unidos, registrou a primeira morte de uma pessoa relacionada a uma linhagem altamente patogênica do H5N1, o vírus da gripe aviária. A pessoa que morreu tinha mais de 65 anos, com problemas de saúde anteriores, e havia tido contato com aves silvestres doentes e mortas. Em 2024, os Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) registraram 66 casos de gripe aviária causada pelo H5N1, geralmente leves, entre trabalhadores rurais expostos a aves ou vacas leiteiras doentes. A variante D1.1 do vírus, antes de ser identificada em Louisiana, foi detectada em uma menina de 13 anos no Canadá. Nos últimos meses, infectados por uma linhagem altamente patogênica do vírus da gripe aviária, 47 tigres morreram em zoológicos no Vietnã e 20 grandes felinos nos Estados Unidos. Até o final de dezembro, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil havia registrado 158 casos entre aves silvestres, cinco em mamíferos aquáticos, três em aves de pequenas propriedades rurais e nenhum em zoológicos, na avicultura comercial ou em pessoas. A Organização Pan-americana da Saúde (Opas) lançou um quadro interativo (<https://shiny.paho-phe.org/h5n1/>) para acompanhar a situação nas Américas (BBC e AP, 7 de janeiro).



O H5N1 (*bastões amarelos*) é transmitido pelo contato com animais infectados

EUA saem do Acordo de Paris e da OMS

No dia 20 de janeiro, logo após tomar posse como presidente dos Estados Unidos, Donald Trump assinou várias ordens executivas. Uma delas retira o país do Acordo de Paris, tratado internacional assinado por 195 países em 2016 que prevê medidas para conter os impactos das mudanças climáticas e limitar o aquecimento global abaixo de 2 graus Celsius. Trump é um crítico das ações contra o aquecimento global e já havia saído do acordo durante seu mandato anterior, o que foi revertido pelo seu sucessor, Joe Biden. Outra medida deve retirar os EUA da Organização Mundial da Saúde (OMS) dentro de um ano. Entre os 190 países que integram a OMS, os Estados Unidos são o maior doador individual, contribuindo com cerca de US\$ 550 milhões (cerca de R\$ 3,3 bilhões) anuais, o equivalente a 18% do orçamento. O diretor-geral da OMS, Tedros Ghebreyesus, observou que a organização desempenha um papel crucial na proteção da saúde e da segurança da população mundial, inclusive de pessoas dos Estados Unidos (CNN Brasil e *ONU News*, 21 de janeiro).

Voando alto, dia e noite, com energia solar

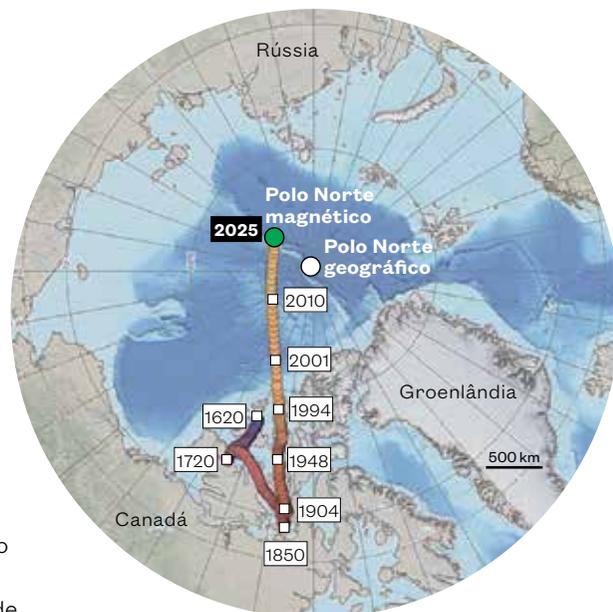
O pseudossatélite de alta altitude (HAPS) PHASA-35, uma aeronave movida a energia solar, voou por 24 horas, subiu a 20 quilômetros (km) e cruzou a estratosfera, a camada da atmosfera situada entre 7 e 50 km, nos testes realizados em dezembro no Novo México, nos Estados Unidos. Depois, pousou em condições de serviço, pronta para voar novamente em dois dias. O sistema aéreo não tripulado foi desenvolvido pela Prismatic Ltd., subsidiária da BAE Systems, sediada em Farnborough, empresa do Reino Unido responsável pelo projeto e construção do PHASA-35, assim chamado por ter 35 metros de envergadura. Ele pesa 150 quilogramas (kg), transporta uma carga de até 15 kg e tem dispositivos fotovoltaicos que durante o dia fornecem energia, armazenada em células recarregáveis para manter o voo durante a noite. Suas possíveis aplicações incluem vigilância de fronteiras, comunicação militar, operações de salvamento, reconhecimento aéreo e apoio em redes de telecomunicações. A empresa espera concluir os testes em 2026 (BAE Systems, 17 de dezembro).



Sem piloto, a aeronave PHASA-35 subiu a 20 km

Norte magnético continua a mudar de lugar

O Polo Norte geográfico permanece fixo (no cume do eixo rotacional da Terra), mas o magnético deslocou-se para leste, afastando-se do Canadá em direção à Sibéria, de acordo com o mapa atualizado produzido pela Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (Noaa), dos Estados Unidos, e pelo Serviço Geológico Britânico (BGS), do Reino Unido. Refeito a cada cinco anos, o modelo magnético mundial serve para recalibrar os sistemas de navegação em navios e aviões – as atualizações nos navegadores por satélite e nos celulares são feitas automaticamente. Perfeitamente verticais, os polos magnéticos Norte e Sul são os pontos de onde partem e para onde convergem as linhas de indução do campo magnético da Terra. Suas posições variam de acordo com o movimento do ferro e do níquel no interior da Terra. “O Norte magnético tem se movido lentamente ao redor do Canadá desde 1500, mas, nos últimos 20 anos, acelerou em direção à Sibéria, aumentando sua velocidade a cada ano até cerca de cinco anos atrás, quando desacelerou repentinamente de 50 para 35 quilômetros por ano, que é a maior desaceleração em velocidade que já vimos”, comentou William Brown, do BGS, ao site *ScienceAlert* (*BGS News* e Noaa, 17 de dezembro; *ScienceAlert*, 20 de dezembro).



Um Norte é fixo, mas o outro se desloca em direção à Sibéria



Depósitos de lixo, uma das fontes de metano

Como aproveitar o metano

Um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global, que emana da criação de gado, da queima de gás natural e de depósitos de lixo, o metano poderia ser convertido em compostos úteis e ambientalmente inofensivos por meio de um catalisador híbrido desenvolvido no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), nos Estados Unidos. Em temperaturas e pressões ambiente, as partículas do catalisador são suspensas em água, que absorve metano do ar. São dois componentes: o mineral zeólita – um silicato de alumínio modificado com ferro –, capaz de absorver metano, e a enzima álcool oxidase, por meio da qual bactérias, fungos e plantas degradam álcoois. A zeólita converte metano em metanol e a enzima transforma metanol em formaldeído. O formaldeído, adicionando-se ureia, uma molécula contendo nitrogênio encontrada na urina, poderia gerar ureia-formaldeído, resina usada em produtos agrícolas e painéis de aglomerado de cortiça. Se avançar, o catalisador poderia ser aplicado como um filme para revestir superfícies expostas ao metano ou implantado em locais de produção do gás, como usinas de energia e fazendas de gado (*Nature Catalysis* e *MIT News*, 4 de dezembro).

Perigos menos conhecidos do álcool

Em documento publicado no início de janeiro, o cirurgião geral dos Estados Unidos, Vivek Murthy, cujo mandato se encerrou com o novo governo, alerta: “Não beba, nem com moderação”. O ponto crucial é a relação entre o consumo regular de bebidas alcoólicas e ao menos sete tipos de câncer: cavidade oral, laringe, orofaringe, esôfago, fígado, mama e região colorretal. Anualmente, cerca de 20 mil mortes por câncer nos Estados Unidos estariam associadas ao consumo de álcool, mais do que os acidentes de trânsito causados pela bebida. Essa relação não é novidade, mas os indícios se tornam mais contundentes. Com amparo de um levantamento de 2019 que indicou que menos da metade dos norte-americanos associa bebidas alcoólicas ao risco de câncer, Murthy recomenda uma mudança na rotulagem dos produtos, alertando para o risco, como já é feito para cigarros (*ScienceAlert*, 13 de janeiro; *Pesquisa FAPESP* n° 327).



A expansão da pecuária em regiões como a Amazônia coloca o Brasil na vice-liderança de perdas globais de espaços naturais

2

Maior exportação, menor biodiversidade

Saldos na balança comercial (exportações menos importações) resultantes da venda de carne e produtos agrícolas de regiões tropicais para grandes mercados consumidores, como China, Estados Unidos, Oriente Médio e Europa, implicam, muitas vezes, perda da biodiversidade. Pesquisadores da Universidade Técnica de Munique (TUM), na Alemanha, e do Instituto Federal de Tecnologia (ETH), de Zurique, na Suíça, após rastrear as mudanças no uso da terra em países exportadores de *commodities* agrícolas de 1995 a 2022, verificaram que quase dois terços do impacto global da biodiversidade ocorreram em regiões tropicais. Quatro países – Indonésia (22%), Brasil (11%), Madagascar (10%)

e México (8%) – respondem por metade das perdas globais de biodiversidade por meio de mudanças no uso da terra nesse período. O que mais pesou para a perda de riqueza biológica na Indonésia foi o desmatamento de florestas primárias para cultivo de arroz e grãos; no Brasil e em Madagascar foi a derrubada de áreas verdes, substituídas por pastos visando à exportação de carne bovina; e, no México, a ocupação de áreas de vegetação nativa para produção de vegetais, frutas e nozes. Mais de 80% das mudanças no uso da terra na América Latina, Caribe, África, Sudeste Asiático e região do Pacífico decorreram do aumento das exportações agrícolas (*Nature Sustainability*, 13 de setembro).

Isolamento social gera distúrbios

Chimpanzés (*Pan troglodytes*) que viviam isolados e foram resgatados em idade tardia podem exibir níveis altos de comportamentos que desviam do considerado normal – como apertar, morder, arranhar a si próprio ou a outros ou limpar-se em excesso – e podem refletir transtornos psiquiátricos similares aos de seres humanos, como ansiedade e depressão. Os animais podem enfrentar maiores desafios na integração social, de acordo com um estudo da equipe do laboratório do biólogo brasileiro Juliano Morimoto, da Universidade de Aberdeen, no Reino Unido, e da Universidade Federal do Paraná, realizado na Fundação Mona, centro de reabilitação na Espanha. Os pesquisadores observaram durante 116 horas em agosto e setembro de 2023 10 animais que haviam sido explorados anteriormente por circos, empresas de propaganda ou como animais de estimação antes de serem resgatados. Seis deles, que já tinham vivido antes em grupo, exibiram comportamento anormal em menos de 1% do tempo, enquanto com os outros quatro, antes em isolamento e resgatados na idade adulta, a proporção variou entre 24% e 29% (*American Journal of Primatology*, 18 de dezembro).



3

Chimpanzés que viviam isolados enfrentam dificuldade de interação social

Medicamento contra a obesidade decepciona

Na fase 3 dos testes clínicos, com 3.417 participantes, o CagriSema (combinação dos fármacos cagrilintida e semaglutida) mostrou ser capaz de reduzir o peso em 22,7% em 68 semanas, abaixo dos 25% que a empresa dinamarquesa Novo Nordisk havia definido como meta. Em resposta ao anúncio dos resultados, o valor de mercado da empresa caiu 27%, o equivalente a US\$ 125 bilhões. Antes da divulgação, analistas estimaram que o pico de vendas do CagriSema poderia ser de US\$ 20 bilhões. É o segundo revés da empresa, após a concorrente Eli Lilly, dos Estados Unidos, informar que os participantes dos testes de fase 3 de seu medicamento Zepbound (tirzepatida) experimentaram uma perda de peso 47% maior que a obtida com outro medicamento da Novo Nordisk, o Wegovy, cujo ingrediente ativo é a semaglutida, o mesmo do Ozempic, também da empresa dinamarquesa. O mercado global de medicamentos para obesidade pode render US\$ 150 bilhões por ano até 2030 (*Reuters e Clinical Trials Arena*, 20 de dezembro).

Representação artística de um centauro como Quíron: as cores na cauda indicam a composição (gás, gelo ou poeira)

Um centauro do espaço

Descoberto em 1977, com um diâmetro de aproximadamente 200 quilômetros (km), 2060 Quíron se move e se comporta como asteroide, mas tem uma cauda brilhante de gás e poeira como cometa. Circulando entre Júpiter e Netuno, é um híbrido cometa-asteroide, também chamado de Centauro, em alusão à criatura mitológica metade cavalo, metade homem. Com dados do telescópio espacial James Webb, um grupo de astrônomos o fizeram ainda mais peculiar ao detalhar sua composição química. A superfície desse híbrido cometa-asteroide contém produtos químicos que provavelmente existiam antes da formação do Sistema Solar, como dióxido de carbono (CO₂), metano e água congelada. “O que é único sobre Quíron é que podemos observar tanto a superfície, onde a maioria dos gelos pode ser encontrada, quanto a coma [cauda], onde vemos gases que se originam da superfície ou logo abaixo dela”, comentou a pesquisadora principal, Noemi Pinilla-Alonso, da Universidade Central da Flórida (UCF), nos Estados Unidos, em um comunicado da universidade (UCF, 17 de dezembro; *Astronomy & Astrophysics*, 18 de dezembro).

Um telégrafo à portuguesa

Antes da eletricidade, funcionou de 1822 a 1828 o primeiro telégrafo no estado de São Paulo, estabelecendo a comunicação entre a capital e a cidade de Santos, no litoral. Era do tipo janelinhas, método inventado pelo cartógrafo português Francisco António Ciera (1763-1814), com três janelas, que poderiam estar abertas ou fechadas, de modo a representar números e letras. Examinando documentos antigos e resquícios arqueológicos, o especialista em cartografia histórica Jorge Cintra, do Museu Paulista da Universidade de São Paulo (USP), refez a história e localizou os seis postos de retransmissão, o primeiro no Monte Serrat, em Santos, e o último no Pátio do Colégio, no centro da capital. Os operadores de Santos e São Paulo codificavam e decifravam as mensagens e os intermediários recebiam e retransmitiam as mensagens. “Se o tempo estivesse bom, a transmissão levava uma hora e meia, mas se estivesse nublado poderia demorar dias”, comenta Cintra. Sistemas semelhantes operaram nos estados do Rio de Janeiro, Bahia, Pernambuco, Ceará, Maranhão e Santa Catarina, até serem substituídos pela rede de telégrafos, a partir de 1852 (*Anais do Museu Paulista*, dezembro; *Pesquisa FAPESP* n° 338).



Telégrafo de janelinhas na praia da Vitória, nos Açores; os cordões abrem e mantêm as janelas abertas

Trocar ideias... e micróbios

Mais uma boa razão para escolher com quem conversar face a face: os contatos sociais criam um ambiente que permite a transferência e a incorporação do microbioma – o conjunto de microrganismos que habita a pele, o cabelo, a boca ou os intestinos – de outras pessoas. O compartilhamento microbiano, por meio do contato – ao cumprimentar ou beijar a face, por exemplo –, ocorre entre muitos tipos de relacionamento, incluindo conexões não domésticas, verificou uma equipe dos Estados Unidos, após sequenciar o microbioma em 1.787 adultos em 18 comunidades isoladas em Honduras. Pessoas conectadas por vários relacionamentos sociais compartilhavam mais variedades microbianas do que as não conectadas. A similaridade é maior entre quem vive na mesma casa ou são cônjuges e entre mães e filhos. Quando as medições foram refeitas, dois anos depois, a diversidade do microbioma de cada pessoa havia aumentado, em razão da frequência das interações e da proximidade física. Pessoas que não compartilhavam linhagens no início do estudo não aumentaram as trocas, indicando que continuaram isoladas (*Nature*, 20 de novembro; Conselho Americano de Ciência e Saúde, 6 de dezembro).



No contato social, microbioma compartilhado

3

Charlotte agora pode nadar

Usando um cinto com pesos, Charlotte, uma tartaruga-marinha verde macho (*Chelonia mydas*) do Mystic Aquarium em Connecticut, nos Estados Unidos, agora pode nadar e flutuar, apesar de seu problema: ela sofre da síndrome de flutuabilidade positiva, também conhecida como síndrome do bumbum de bolha. É causada por um trauma, como colisões com barcos, e cria uma irregularidade nos cascos que prende o ar e faz as tartarugas nadarem com o traseiro para cima e a cabeça baixa. O dispositivo que lhe permitiu se movimentar normalmente na água começou com o projeto em impressora 3D divulgado pela revista *Science News Explores*. O trabalho rendeu um prêmio de

ciência naval em 2019 à paulista Gabriela Queiroz Miranda, então estudante do ensino médio em Minnesota e atualmente engenheira de segurança e brinquedos em um parque temático na Flórida, também nos Estados Unidos. O artigo inspirou a equipe do Mystic Aquarium a tentar algo parecido para facilitar a vida da tartaruga com idade estimada entre 25 e 30 anos, resgatada em 2008 quando os veterinários viram que ela não conseguia nadar ou comer o suficiente para sobreviver. Especialistas em 3D de três empresas participaram do desenvolvimento do cinto, formado por arreios ligados a pequenos pesos (*Popular Science*, 17 de dezembro).

4



Um cinto com arreios ajustáveis e pesos repara a flutuação da tartaruga



Formação remota

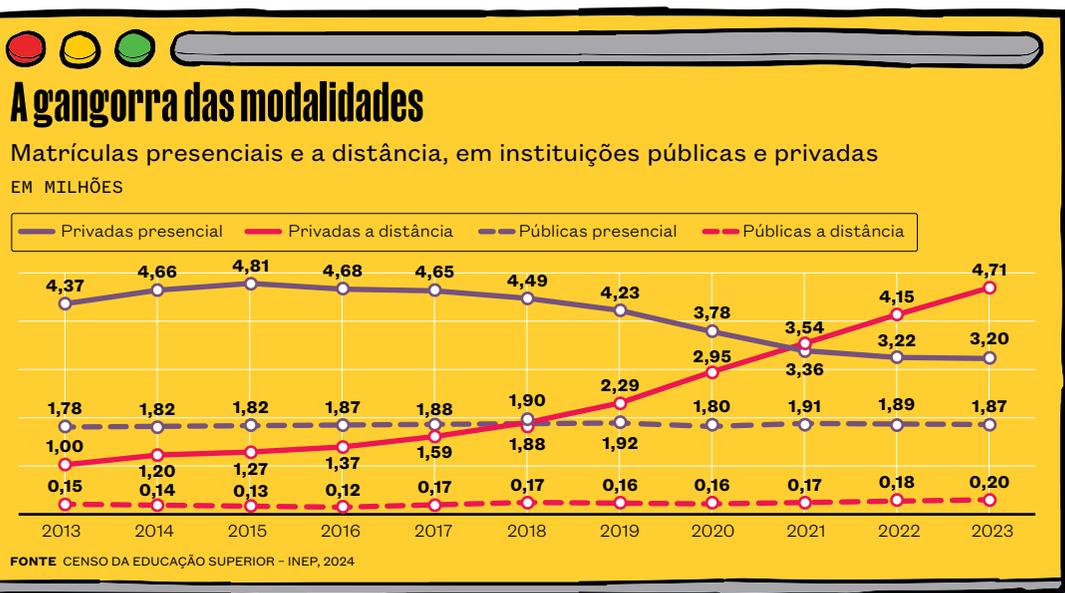
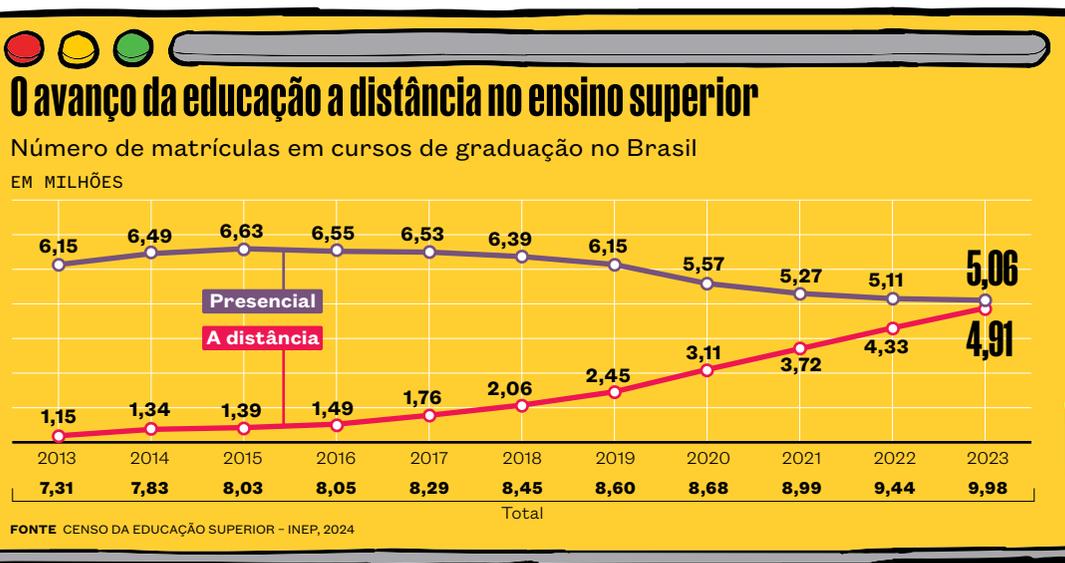
Expansão vigorosa e desordenada de cursos de graduação de educação a distância no Brasil expõe o potencial e as fragilidades do modelo

FABRÍCIO MARQUES — ilustrações ALEXANDRE AFFONSO

O Ministério da Educação (MEC) deve anunciar neste mês novas regras para o funcionamento de cursos superiores de educação a distância (EaD), aqueles em que a aprendizagem acontece predominantemente em um ambiente virtual: as aulas – gravadas ou ao vivo – são ministradas em plataformas na internet por professores especialistas e os estudantes, sempre apoiados por tutores on-line, só precisam cumprir um certo conjunto de atividades em modo presencial, como provas e estágios. O governo, conforme afirmou o ministro Camilo Santana, vai publicar um decreto para definir quais cursos poderão continuar a ser ministrados de forma remota, quais outros precisarão ter formato 100% presencial e quais poderão ser híbridos, com carga horária combinando as duas modali-

dades. “Fiquei impressionado quando soube que 40% dos cursos de enfermagem já estavam sendo a distância. Como se pode formar um enfermeiro a distância?”, indagou o titular do MEC em entrevista concedida em 14 de janeiro à Empresa Brasileira de Comunicação. Hoje, poucas graduações não podem ser oferecidas em EaD no país, como direito, psicologia, medicina e odontologia.

Os termos da nova regulamentação vêm sendo discutidos desde meados de 2024, quando o MEC suspendeu a abertura de polos presenciais e de cursos a distância e congelou o número de vagas existentes – a restrição vigora até 10 de março. A preocupação se deve ao crescimento vigoroso no número de matrículas e às evidências de que muitos cursos podem não estar seguindo parâmetros capazes de garantir a qualidade da formação. De acordo com o Censo da Educação Superior, divulgado em outubro de 2024 pelo Instituto Nacional



de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep), para cada aluno inscrito em um curso de graduação presencial no país em 2023, havia outro que optou pela EaD: em um quase empate, foram contabilizados 5 milhões de matrículas presenciais e 4,9 milhões em cursos a distância. Em 2019, a proporção era 72% de presenciais e 28% a distância.

O fenômeno foi impulsionado pelo setor educacional privado, que expandiu suas matrículas de graduação em EaD de 1 milhão em 2013 para 4,7 milhões em 2023. Há sinais de que parte dessas instituições de ensino promova uma formação a distância precária. Algumas delas cobram mensalidades muito baixas (a média em 2024 foi de R\$ 210, segundo a consultoria Hoper) e se fundamentam em aulas gravadas, com pouca interação entre alunos e docentes: há relatos de tutores on-line que chegam a ser responsáveis por mais de mil estudantes ao mesmo tempo. De acordo com dados do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade), que avalia cursos superiores do país, em 2022 apenas 18% dos cursos em EaD alcançaram os conceitos mais altos – 4 e 5. Entre os presenciais, a proporção foi de 27%.

A expansão teve como combustível uma mudança na regulamentação em 2017, que deu às instituições de ensino superior a prerrogativa de criar um certo número de polos sem precisar de uma análise prévia do MEC e de oferecer exclusivamente graduações a distância. Com isso, o número de cursos e de polos mais que triplicou entre 2018 e 2023. Atribui-se à experiência da pandemia, que implementou o ensino remoto de modo emergencial no país, um interesse maior dos alunos pela flexibilidade da educação a distância. “Assim como aconteceu no mundo do trabalho, parte dos estudantes passou a ver vantagens em estudar remotamente”, afirma o matemático e cientista da computação Klaus Schlünzen Junior, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de Presidente Prudente. “Isso se refletiu no aumento da procura pela formação em EaD e na redução do interesse por cursos presenciais – nos de licenciatura isso fica especialmente evidente.” O presidente da Associação Brasileira de Educação a Distância (Abed), João Mattar, destaca que os alunos formados por cursos de EaD desenvolvem habilidades nem sempre proporcionadas pelo ensino presencial. “Eles em geral são mais autônomos e lidam melhor com a tecnologia”, afirma.

A mudança de uma política pública também pode ter impulsionado a modalidade. A aposta das instituições privadas de ensino superior na EaD ajudou-as a recuperar os alunos e a rentabilida-

de que estavam perdendo depois que o governo federal diminuiu o tamanho de seu programa de crédito educativo, o Fundo de Financiamento ao Estudante do Ensino Superior (Fies). “O Fies era muito importante para os oligopólios educacionais. Alguns grupos chegaram a ter 60% de sua receita proveniente do programa, mas, em 2015, o governo adotou políticas de austeridade fiscal que levaram a uma redução do financiamento”, diz Marcelo Scudeler, pesquisador da área de educação que analisou a relação entre o Fies e a EaD em sua tese de doutorado, defendida em 2022 na Pontifícia Universidade Católica de Campinas. As conclusões foram publicadas pelo pesquisador em 2023 na *Revista da Avaliação da Educação Superior*. “O auge do programa foi em 2014, quando chegou a celebrar mais de 700 mil contratos novos. Hoje são cerca de 40 mil contratos novos por ano”, diz Scudeler, que é docente da Universidade do Vale do Sapucaí, em Pouso Alegre (MG).

Em sua pesquisa, Scudeler acompanhou os perfis em redes sociais de conglomerados de educação e encontrou indícios de que alguns deles adotaram um modelo de negócios semelhante ao de franquias para expandir as vagas de EaD. Um dos casos que ele reproduz em sua tese é o do grupo Multivix, sediado no Espírito Santo, que divulgava material promocional para atrair interessados em abrir polos pelo Brasil. Os parceiros precisavam montar estruturas com alguns requisitos: para atender até 100 alunos, seria preciso dispor de um imóvel com recepção, sala de aula com ao menos 20 cadeiras, uma sala para estudo, baias com no mínimo três computadores e banheiros. Em troca, receberiam entre 25% e 40% das mensalidades de alunos que conseguissem recrutar – os percentuais mais altos eram reservados a quem captasse mais estudantes e para parceiros de fora do Espírito Santo. Procurado por *Pesquisa FAPESP*, o grupo Multivix não quis dar entrevista.

Pesquisadores que trabalham com a modalidade afirmam que é preciso separar o joio do trigo – e enumeram experiências brasileiras e internacionais de educação a distância de qualidade. “É necessário reconhecer o trabalho comprometido desenvolvido por muitas instituições de ensino superior públicas, que levam educação de qualidade a rincões do país”, afirma Ana Lara Casagrande, professora da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), primeira instituição pública a criar no Brasil, em 1994, uma licenciatura em educação básica a distância.

Hoje, a UFMT oferece oito graduações em EaD. “Todas elas têm notas perto da máxima 5, a de maior relevância no Enade. Temos, por exemplo, uma licenciatura de EaD em tecnologia educacional que é pioneira no Brasil e recebeu nota 5”, diz Casagrande. A pesquisadora conta que há casos

A multiplicação dos cursos e dos polos de EaD

Evolução do número de cursos de graduação a distância no país



FONTE: CENSO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR - INEP, 2024

Crescimento do número de polos de EaD entre 2018 e 2024



FONTE: SEMESP, COM BASE NO INEP, 2024

de egressos desses cursos a distância que hoje fazem mestrado presencial na universidade. “A EaD de qualidade tem características bem definidas, como professores e tutores nos polos presenciais com formação de alto nível e com possibilidade de estudar continuamente, além de uma estrutura de gravação e difusão de aulas, que pode alternar momentos síncronos, em que o aluno assiste ao vivo, com os assíncronos, quando se recorre às aulas gravadas”, explica.

Em outra notável vocação da EaD, ferramentas disponíveis nos ambientes virtuais de aprendizagem também dão suporte a políticas de inclusão, ampliando o acesso à educação a pessoas com deficiência. Um artigo publicado na revista *Acta Scientiarum Education* fez uma revisão da bibliografia publicada entre 2000 e 2015 sobre a contribuição da EaD para alunos com deficiência visual. Uma das conclusões do trabalho foi que, nos ambientes virtuais, os alunos com deficiência visual conseguem prescindir da ajuda de colegas e profes-

res para acompanhar as aulas graças a recursos correntes nas aulas e no material didático, como audiodescrição e softwares que fazem a leitura de textos em PDF. “Há uma série de softwares e de tecnologias assistivas direcionada a estudantes cegos ou com outras deficiências. Com isso, às vezes até passa despercebido pelos colegas que há uma pessoa com baixa visão no ambiente virtual de aprendizagem”, afirma Maria Luisa Furlan Costa, líder do Grupo de Pesquisas em Educação a Distância e Tecnologias Educacionais da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no Paraná, que escreveu o artigo em 2018 com Taisa Burci, pesquisadora da Universidade Estadual do Paraná, em Apucarana. “A questão é assegurar que os materiais que estão sendo postados atendam as necessidades dos alunos. Um vídeo com legendas pode ser utilizado tanto por pessoas com deficiência auditiva quanto por uma mãe que está assistindo enquanto amamenta e não quer fazer barulho”, afirma.

O principal objetivo da EaD é democratizar o acesso à educação a pessoas que vivem em lugares onde não há oferta de vagas no ensino supe-

rior. Dez por cento das matrículas no Brasil estão em 2.281 municípios onde a EaD é a única opção para fazer uma graduação, segundo dados de 2023 do Inep. Em seu doutorado, orientado por Costa, Taissa Burci analisou o potencial da EaD na formação de alunos indígenas ao estudar o caso da própria UEM, que disponibilizou a partir de 2017, de maneira pioneira, vagas na modalidade a distância por meio do Vestibular dos Povos Indígenas do Paraná. “A EaD permite que o estudante indígena cumpra boa parte de sua formação sem sair de sua comunidade e de seu meio familiar, o que contribui para seu bem-estar e sucesso acadêmico, embora o acesso à internet costume ser um problema”, afirma Burci.

No século passado, a EaD no Brasil esteve associada a iniciativas pontuais, como cursos por correspondência e de educação de adultos pelo rádio e pela televisão. De acordo com Daniel Mill, professor titular do Departamento de Educação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e líder do Grupo Horizonte (Grupo de Estudos e Pesquisas sobre Inovação em Educação, Tecnologias e Linguagens), a popularização da internet ampliou o alcance da EaD e, com isso, tornou-a um tema de pesquisa relevante. “Até a década de 1990, o interesse sobre a modalidade era de caráter mais técnico, para testar ambientes que simulassem uma instituição on-line ou criar ferramentas para fazer avaliação a distância”, diz. “Com o advento da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, de 1996, que estabeleceu a EaD como uma modalidade educacional, a pesquisa saiu da esfera da computação para migrar prioritariamente para a educação e compreender como o aluno interage com ambientes de aprendizagem, como organizar materiais didáticos articulados com mídias virtuais, como a tecnologia podia

mediar o trabalho dos docentes – como promover uma educação de qualidade, em resumo”, afirma.

Em 2017, um estudo publicado pela Abed identificou no Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) 411 grupos de universidades públicas e privadas do país que investigavam temas da EaD em todas as áreas do conhecimento: educação e ciência da computação foram algumas das que se destacaram. “Há equipes em todos os campos do conhecimento, como saúde, gestão e ciências humanas. Nas ciências exatas, abrangem principalmente o desenvolvimento de tecnologias digitais”, afirma a coordenadora do levantamento, Vani Kenski, professora aposentada da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e atual diretora de pesquisa da Abed.

Nas universidades públicas brasileiras, onde 90% dos estudantes estão no ensino presencial, a EaD avançou de 154 mil para 200 mil alunos matriculados entre 2013 e 2023. A oferta de graduações a distância despontou primeiramente em iniciativas descentralizadas, como a da UFMT. Em 2000, foi criada a Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (Cecierj), que hoje tem 16 cursos e polos em dezenas de cidades. Já em 2004, o MEC criou o sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB), um programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que fornece recursos para que 151 universidades e institutos federais mantenham graduações em EaD, utilizando instalações e docentes dos cursos presenciais. Atualmente, o sistema disponibiliza 168,580 vagas, mas chegou a atender 264 mil estudantes em meados da década passada. O número de vagas caiu porque o investimento no sistema foi reduzido a partir de 2016.

“Vamos voltar ao patamar das 264 mil vagas nos próximos editais”, afirma a presidente da Capes, Denise Pires de Carvalho. Ela conta que



Marcos da educação a distância no Brasil

1939

O Instituto Radiotécnico Monitor é criado em São Paulo. Seu primeiro curso por correspondência permitia, ao final da formação, a construção de um modelo de rádio

1970

O governo brasileiro lança o Projeto Minerva, programa de rádio que preparava estudantes adultos para fazer exames supletivos

1978

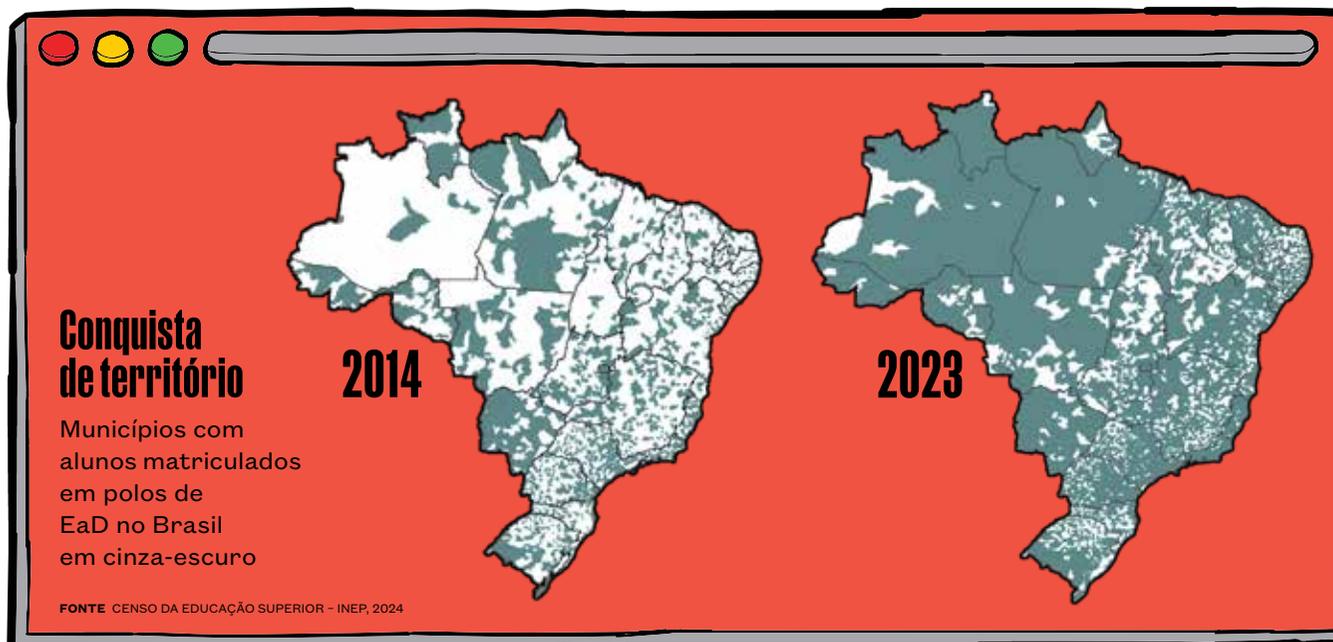
É lançado no Brasil o Telecurso 2º grau, curso de ensino médio com aulas veiculadas pela televisão, parceria entre as fundações Padre Anchieta e Roberto Marinho

1994

A Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) lança o primeiro curso universitário a distância do país, voltado para a formação de professores do ensino fundamental

1996

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9.394 prevê a modalidade de educação a distância e estabelece condições para sua oferta



uma diminuição do investimento no programa também comprometeu a qualidade de parte dos cursos: apenas metade deles teve notas acima de 3 no Enade. “A ideia é investir na recuperação dos cursos com desempenho insuficiente”, afirma. “Mas também temos cursos de EaD de altíssimo nível, como uma licenciatura em física na Universidade Federal do Rio de Janeiro, outra em computação na Federal de Santa Maria, entre vários outros”, conta. Segundo ela, a boa qualidade está relacionada com o corpo docente, o mesmo que atua nos cursos presenciais das universidades públicas, além de tutores que têm ao menos nível de mestrado.

No debate sobre a EaD no Brasil, o crescimento de cursos remotos para formação de professores – as licenciaturas – é um capítulo de destaque. Uma análise de dados do Inep e do Enade feita pelo movimento Todos pela Educação mostrou

que, em 2022, dois terços dos docentes formados fizeram cursos de EaD – em 2012, eles eram apenas um terço do total. O levantamento mostra ainda que a qualidade das licenciaturas em EaD caiu nos últimos anos no país. Dos 15 cursos analisados, nove tiveram redução na nota média do Enade entre 2014 e 2021.

Apesar desse desempenho, a modalidade remota tornou-se um esteio da formação de docentes em um momento em que o desinteresse pelas licenciaturas leva a uma escassez de professores nas escolas brasileiras (ver Pesquisa FAPESP nº 332). “Em um estado com uma carência enorme de professores como o Maranhão, jamais se conseguiria expandir o acesso à educação superior em cidades do interior e comunidades ribeirinhas, indígenas e quilombolas se não houvesse as licenciaturas em educação a distância”, afirma Ilka Serra, pró-reitora de Extensão e Assuntos Estudantis e pes-

2005 O governo federal lança a Universidade Aberta do Brasil, um sistema de instituições públicas que oferecem cursos superiores na modalidade EaD

2012 É criada a Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp) para atender principalmente a demanda de formação de docentes para o ensino básico

2017 Decreto simplifica o credenciamento de cursos superiores a distância e permite que instituições criem certo número de polos de EaD sem análise prévia do MEC

2019 Portaria do governo federal eleva de 20% para 40% o limite da carga horária a distância em cursos presenciais de ensino superior

2023 A Capes aprova o primeiro curso de pós-graduação *stricto sensu* do país: um mestrado profissional em energia e sociedade oferecido pelo Cefet-RJ

quisadora na área de EaD da Universidade Estadual do Maranhão (Uema). A instituição oferece mais de 4 mil vagas em graduações na modalidade EaD e mantém polos em 40 municípios.

Um parecer aprovado em maio de 2024 pelo MEC para orientar as licenciaturas em EaD causou polêmica: determina que os cursos a distância para formar docentes passem a ter uma carga horária de no mínimo 50% de aulas presenciais. A medida, se for confirmada pela nova regulamentação, inviabilizaria iniciativas que são bem avaliadas. “Estamos muito preocupados”, diz o engenheiro da computação Marcos Borges, presidente da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp). A instituição, vinculada ao governo de São Paulo e criada há 12 anos, tem como missão principal formar professores. Atualmente atende 80 mil alunos de graduação em EaD, um terço deles em licenciaturas (os demais estão na área da computação, administração e engenharia de produção). “Se for necessário incluir essa carga presencial, teremos que reavaliar a oferta de licen-

ciaturas, pois não seria possível ter professores atuando presencialmente em mais de 400 polos, incluindo cidades pequenas e muito distantes dos grandes centros”, afirma.

Ele destaca a importância da Univesp para o ensino público paulista. “Por meio da EaD, conseguimos hoje formar docentes de diferentes disciplinas em cidades pequenas, onde há grande carência desses profissionais”, diz Borges, que é pesquisador da Faculdade de Tecnologia da Unicamp, *campus* de Limeira. Os 430 polos da Univesp estão espalhados por 380 municípios – desses, 244 não têm nenhuma instituição com cursos presenciais. “Nessas cidades, ou o aluno faz EaD ou vai embora estudar em outros lugares.” Borges observa que uma descontinuidade dos cursos prejudicaria especialmente pessoas de classes mais baixas, que não podem se dedicar exclusivamente aos estudos – entre os ingressantes em 2024, 78% trabalhavam, 85% cursaram o ensino médio em escolas públicas, 58% tinham renda familiar de até 3 salários mínimos, 78% faziam parte da primeira geração da família com formação superior e 55% eram mulheres. Esses alunos, observa Borges, teriam dificuldades com

Capex cria diretrizes para atividades on-line em cursos de mestrado e doutorado presenciais

Aulas gravadas não poderão ser computadas na carga horária dos programas

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) publicou em dezembro de 2024 uma instrução normativa que cria regras para adoção de atividades remotas nos programas de mestrado e doutorado do país. As diretrizes autorizam os programas de pós-graduação *stricto sensu* a oferecer on-line parte do conteúdo das disciplinas de seus cursos desde que na forma síncrona (aulas e atividades ao vivo) e que isso “não corresponda à totalidade da carga horária didática do curso”, conforme nota técnica divulgada pela instituição.

Aulas gravadas, como as disponíveis em cursos de educação a distância (EaD), não poderão ser computadas na carga horária das disciplinas. “Isso não quer dizer que esse recurso seja proibido”, explica a presidente da Capes, Denise Pires de Carvalho. “Em muitos cursos, há carga horária

dedicada a estudos livres. Nada impede que um professor recomende ao aluno consultar uma aula gravada nesse tempo livre.” A instrução normativa teve como base o relatório produzido por um grupo de trabalho que analisou os impactos do ensino híbrido na pós-graduação.

De acordo com Carvalho, a instituição optou por não estabelecer um limite para as atividades on-line por entender que essa definição cabe aos programas, de acordo com as peculiaridades de cada curso ou área do conhecimento. Na avaliação da Capes, as aulas e atividades on-line síncronas são compatíveis com uma formação de qualidade de mestres e doutores. “A geração de conhecimento é contínua e se espera que as disciplinas de pós-graduação acompanhem os avanços da ciência em tempo real, discutindo os resultados de artigos recentes e novas

abordagens científicas. É possível fazer isso em aulas e atividades síncronas”, afirma. “Já aulas gravadas, a depender de quando foram produzidas, podem estar completamente defasadas.”

O Conselho Técnico-Científico (CTC) da Educação Superior da Capes já avaliou diversas propostas de criação de cursos de pós-graduação *stricto sensu* na modalidade EaD, mas até hoje só aprovou uma delas: em 2023, autorizou a oferta de um mestrado profissional a distância em energia e sociedade pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, no Rio de Janeiro (Cefet-RJ). O curso mantém 40% das atividades em modo presencial para orientação, pesquisa e até parte das aulas. Apenas 18% de seu conteúdo poderá ser ministrado de forma assíncrona, sem a presença ao vivo do professor.

Mensalidades sob pressão

Evolução do valor médio das mensalidades de instituições de ensino superior privadas, por modalidade de ensino

EM R\$ (VALORES DE 2024)



FONTE HOPER EDUCAÇÃO

o formato presencial. “Hoje vemos universidades gratuitas e de primeiríssima linha que não conseguem preencher suas vagas em licenciaturas. Isso não acontece com a Univesp: preenchemos 99,9% das nossas mais de 25 mil vagas anuais”, diz.

A ideia do MEC de exigir conteúdo presencial pode ampliar uma confusão de conceitos que já envolve a educação a distância e a híbrida. “A flexibilidade de tempo, espaço e conteúdos curriculares caracteriza a EaD. Um curso a distância que exige ao menos 50% de formação presencial deixou de ser EaD”, diz Daniel Mill, do Grupo Horizonte da UFSCar. “Precisamos de um novo marco regulatório que pense mais na qualidade do que na forma”, diz. Em paralelo, um outro fenômeno foi detectado por pesquisadores da educação, a chamada “eadização” do ensino presencial. Em 2019, o MEC publicou uma portaria em que liberou as universidades para oferecer cursos presenciais com até 40% da carga horária por meio da educação a distância – exceto para a carreira de medicina. O limite anterior, de uma portaria de 2016, era de 20%. Em um artigo publicado em 2022 na revista *Educação & Sociedade*, autoras da UFMT analisaram essa flexibilização e concluíram que, em vez de aproveitar as tecnologias a distância para aperfeiçoar o ensino presencial, o expediente costuma ser usado para resolver precariedades. “Como não há uma norma, essa espécie de cota on-line do ensino híbrido frequentemente é usada para operacionalizar disciplinas em que faltam professores. Você junta as turmas e as coloca no que se considera EaD”, diz Ana Lara Casagrande, da UFMT, uma das autoras do artigo.

Em 2020, o MEC encomendou à organização de pesquisa Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) um estudo para expandir a educação a distância nas universidades federais. Um painel de especialistas coordenado por Klaus Schlünzen, da Unesp, levantou dados sobre iniciativas internacionais – como a Open University, do Reino Unido, a Universidade Aberta de Portugal e a Universidade Indira Ghandi, que atende 3 milhões de estudantes na Índia – e fez recomendações para que as instituições públicas de ensino superior se envolvessem mais com a modalidade e ampliassem as vagas. “Ficou claro que, em um país continental como o Brasil, precisaríamos recorrer à EaD para atingir a meta de 33% de escolarização superior da população. Caberia às universidades públicas promover o ensino de qualidade, sendo ele mediado pela tecnologia ou não, para cumprir esse objetivo”, diz. Schlünzen observa, contudo, que a EaD jamais pode ser uma modalidade de ensino de massa. “É impraticável que um tutor seja responsável por 500 alunos ao mesmo tempo.”

Na sua avaliação, as universidades públicas também têm responsabilidade na crise da educação a distância, porque até hoje evitaram institucionalizar a modalidade. “Mesmo as universidades que aderiram ao sistema UAB tratam a educação a distância como um apêndice de suas atividades e não investiram na EaD com o mesmo interesse e a mesma qualidade com que se dedicam ao ensino presencial”, diz. Segundo ele, existem disciplinas em instituições públicas no Brasil em que um professor dá aulas para quatro ou cinco alunos presencialmente. “Esse professor poderia atender, de forma híbrida, 20 alunos a distância e os quatro ou cinco presenciais que ele tem. As universidades precisam rever seus modelos.” ●

Olhar sensível às diferenças

Médica investiga as condições de vida das pessoas trans e homossexuais, além dos vírus, para conter a propagação de infecções sexualmente transmissíveis

CARLOS FIORAVANTI E RICARDO ZORZETTO__retrato LÉO RAMOS CHAVES

Durante a pandemia de Covid-19, a médica pernambucana Maria Amélia de Sousa Mascena Veras, junto com seu grupo, saiu atrás de recursos. Não para fazer pesquisa, mas para comprar e entregar cestas básicas, água e máscaras faciais para participantes de suas pesquisas, mulheres trans e profissionais do sexo de São Paulo e de outras cidades. Ela sabia que, sem suporte, aquelas pessoas correriam mais risco de se contaminar com o coronavírus indo buscar na rua a sua sobrevivência.

Desde que trocou Recife por São Paulo, em 1990, Maria Amélia, como é mais conhecida, cultivou uma visão ampla sobre o comportamento, as condições de vida e as vulnerabilidades das pessoas trans – um grupo de cerca de 3 milhões de pessoas ou 2% da população adulta no Brasil (*ver Pesquisa FAPESP nº 312*). Professora da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCM-SCSP), ela coordena o Núcleo de Estudos em Direitos Humanos e Saúde da População LGBTQIA+ (Nudhes), criado há 10 anos. Dele, fazem parte antropólogos, nutricionistas, assistentes sociais, biólogos e psicólogos, além de médicos, que documentaram as consequências dos preconceitos e da discriminação: as taxas de ideação suicida e de suicídio entre travestis e mulheres trans, comparadas com as da população geral de São Paulo, são muito mais altas.

Maria Amélia, de 66 anos, pôs em campo novas metodologias e práticas de pesquisa: os pesquisadores do Nudhes apresentam seus resultados primeiramente para as comunidades com que trabalharam. Divorciada, dois filhos, fez pesquisas com grupos mais afetados pelo HIV e continuou indo a campo para aprender sobre os contextos de vida das populações com as quais trabalha. Sua viagem mais recente foi para Itaituba, sudoeste do Pará. Com outros pesquisadores, ouviu muitas histórias e colheu amostras de sangue de quase 600 garimpeiros e prostitutas.

ESPECIALIDADE

Epidemiologia de doenças sexualmente transmissíveis

INSTITUIÇÃO

Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo

FORMAÇÃO

Graduação em medicina na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, 1983), mestrado em medicina preventiva na Universidade de São Paulo (USP, 1996) e em saúde pública na Universidade da Califórnia em Berkeley (UCB, EUA, 2001), doutorado em medicina preventiva (USP, 2005)



Conte-nos sobre sua viagem recente aos garimpos no interior do Pará.

O trabalho realizado lá é uma pesquisa do infectologista Paulo Abati, doutorando da Faculdade de Medicina da USP [Universidade de São Paulo] e médico da Unicamp [Universidade Estadual de Campinas]. Ele trabalhou por muitos anos no interior do Pará e sempre quis estudar as IST [infecções sexualmente transmissíveis] no garimpo. Sabendo da minha experiência com desenho de estudos para populações de difícil acesso, ele e seu orientador, Aluisio Segurado, me convidaram para fazer parte da equipe. O município é Itaituba, na região do rio Tapajós. É a maior área de extração de ouro do Brasil. Partindo de São Paulo, demoramos três dias para chegar lá. Em agosto de 2024, estive com Paulo, Márcia Couto, antropóloga da medicina da USP, uma pós-doc do Instituto de Medicina Tropical, Mariana Aschar, um estudante de medicina, Renan Viana, e Criss de Paulo, arquiteta e ilustradora, que foi de forma voluntária para documentar o estudo. Contamos com o apoio local dos agentes municipais de controle da malária, Cezar Castro, Jadielson Vilela e Adeuza Oliveira. Foi o lugar mais desolador que vi em toda a minha vida.

Por quê?

Em 2023, Paulo, Márcia, Vilmar Gomes, um antropólogo de Santarém, e eu, guiados por Cezar, havíamos visitado seis garimpos na região. Conhecemos as pessoas, fizemos entrevistas, pensamos na logística e desenhamos um inquérito que aplicamos em 2024. Da primeira vez já ficamos preocupadas com a segurança. Em um momento Márcia olhou para mim e falou: “Se a gente desaparecer aqui, ninguém nunca vai achar nossos corpos”. Em 2023 não vimos a floresta queimando tão perto, mas dessa vez não houve um dia em que não tivesse fumaça. Perguntávamos: “Está muito ruim de respirar aqui, vocês não estão incomodados?”. “Estamos, mas não tem jeito, tem que queimar”, falavam. “Eu queria queimar só um pedaço, mas está tudo tão seco que o fogo foi até a beira da minha casa, quase queima tudo”, disse uma das pessoas de lá. Elas não têm uma dimensão completa do problema ambiental, as informações que chegam são parciais e ideologizadas. Nunca vi uma população em que o consumo de álcool seja tão grande.

O que vocês fizeram lá?

Entrevistamos e colhemos sangue de quase 600 pessoas, entre garimpeiros, prostitutas e outros poucos que fazem algum serviço vinculado ao garimpo. A ideia original era só trabalhar com os garimpeiros, mas em 2023 mudamos toda a estratégia de amostragem e incluímos todos. Foi a coisa mais acertada que fizemos. As mulheres são parte do sistema, são vitais para a existência do garimpo. Cerca de 90% delas são profissionais do sexo. Algumas se integram, fazendo outro serviço, como cozinhar para o garimpo, no baixão, a área em que exploram ouro. Uma mulher que cozinha para os garimpeiros pode ter sido uma prostituta e se envolver com algum garimpeiro, pegar xodó, como dizem, aí podem passar a viver juntos e ela fica meio exclusiva desse homem. Fizemos testes rápidos de IST em todo mundo.

Encontraram muita IST?

Esperávamos que as taxas fossem ainda mais altas. Cerca de um quarto das pessoas estava com sífilis ativa, o que não é um número muito maior do que entre profissionais do sexo ou travestis e trans que investigamos recentemente em cinco capitais brasileiras. O proble-

ma é que não tem uma unidade de saúde na maioria dos vilarejos, chamados de currutelas. Em um deles há um prédio para funcionar como um postinho, mas não conseguem profissionais da saúde que queiram ir lá. Para ir até o serviço médico mais próximo e tomar uma injeção custa R\$ 400 de mototáxi. Como as pessoas não têm como pagar, não se tratam. Encontramos uma prevalência de HIV em média de 2,5%, bem mais alta que na população nacional, que é de 0,5%. Os últimos estudos nacionais indicavam uma prevalência próxima de 5% entre profissionais do sexo, mas lá só encontramos esse valor em uma localidade.

Quem está mais infectado? Homens ou mulheres?

Os homens, o que sugere que não são elas que estão disseminando as IST ali. No garimpo também encontramos mulheres trans, que lá parecem não ser vítimas de violência. A líder de uma das currutelas é uma mulher trans. Outro fato interessante foi constatarmos muitas relações homossexuais entre as mulheres, algo que não imaginávamos. Se as relações com os homens são comerciais, provavelmente o prazer se dá em outro lugar, com outras pessoas. Todos têm uma carência muito grande de serem escutados. Ouvir as histórias e entender como chegaram até ali acaba resgatando nosso senso de humanidade. Algumas profissionais do sexo foram para lá porque no garimpo se paga muito mais do que fora, então todo ano passam uma temporada ali e fazem um pé de meia, enquanto os filhos ficam com parentes ou com outra pessoa na cidade. Elas vão voluntariamente, mas muitas caem em um esquema que as deixa aprisionadas, porque têm de pagar para viajar, para usar os quartos dos cabarés, para estarem bem produzidas, roupas, cabelos, unhas. Elas rapidamente acumulam uma dívida difícil de pagar, então o sonho delas é um garimpeiro pegar xodó ou pagar a dívida delas.

Desde quando você trabalha com doenças sexualmente transmissíveis?

Desde que saí da universidade, em 1983, com os primeiros casos de HIV/Aids no Recife, trabalhando na vigilância epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde. Éramos uma equipe pequena e, para cada caso, tínhamos de lidar com a pessoa

“
Nas escolas médicas, a transexualidade deveria ser abordada nas suas múltiplas dimensões, em todas as especialidades



Maria Amélia, Paulo Abati (de camiseta branca) e dois garimpeiros da região de Itaituba (PA)

infectada, com a família e os preconceitos, achar um hospital que atendesse e ligar pessoalmente para o médico. Resolvi vir para São Paulo fazer pós-graduação, entrei no mestrado na USP, fiz um concurso para a prefeitura e fui indicada para compor um grupo que ia estudar a possibilidade de trazer estudos com vacinas contra o HIV para o Brasil. Era um projeto coordenado por José da Rocha Carvalheiro, da USP de Ribeirão Preto, e Mary-Jane Spink, da PUC [Pontifícia Universidade Católica] de São Paulo. Acabei coordenando o trabalho de campo desse projeto, chamado Bela Vista. Foi meu primeiro contato real com o contexto da chamada cena gay, porque, em Pernambuco, meu contato era com as pessoas já infectadas. Eu não sabia nada do mundo gay.

Como foi entrar nesse mundo?

Precisei me despir dos preconceitos e enxergar as pessoas com empatia e respeito. As pessoas me testavam. Em uma apresentação do projeto Bela Vista para uma organização não governamental, um dos ativistas resolveu me provocar e perguntou o que eu faria se o meu filho dissesse que era gay. Falei que eu sabia que ele teria dificuldades na vida, mas que seria meu filho e teria todo o meu apoio, sempre. Eu levava meus filhos pequenos para as atividades do projeto e

eles cresceram com uma relação muito naturalizada com os grupos com os quais eu trabalho até hoje. É um aprendizado grande. A pesquisa me levou a frequentar os espaços dos gays e trans. Apesar de ser uma pessoa cis e hétero, creio que sou aceita porque de alguma maneira as pessoas identificam minha postura de respeito, a empatia e o senso de justiça social, os mesmos valores humanitários que me fizeram querer ser médica.

Como fortalecer a convivência ou, como você disse, a relação naturalizada?

Aceitando as diferenças. Construimos uma ideia de que os diferentes nos ameaçam, pertencem a outra categoria de pessoas, são inferiores. As raízes desse preconceito são profundas. Em anos recentes o trabalho da antropóloga Sonia Corrêa, do Observatório de Sexualidade e Política, com o jurista Rogério Junqueira, mostra o papel da igreja católica e das evangélicas conservadoras na gestão da agora chamada ideologia de gênero. Dos Estados Unidos, a filósofa norte-americana Judith Butler, em um livro recente, *Quem tem medo do gênero?* [Boitempo, 2024], mostra como a questão de gênero se tornou uma bandeira da extrema-direita. O próprio sistema de saúde, que deve acolher, acaba sendo um espaço de discriminação e sofrimento.

Por quê?

A formação médica não prepara para lidar com os corpos trans, com suas necessidades específicas, e os profissionais nos serviços de saúde têm dificuldade em falar com uma pessoa transexual. Isso se reflete na adesão aos cuidados e tratamentos. Se alguém que vive com HIV é discriminado em um serviço de saúde, não volta. Nas escolas médicas, a transexualidade deveria ser abordada nas suas múltiplas dimensões, em todas as especialidades, na saúde mental, endocrinologia, ginecologia, obstetrícia, otorrinolaringologia, cirurgia. Na Santa Casa, temos aulas isoladas no primeiro ano, no segundo e no quinto, mas não é suficiente. Uma novidade promissora foi a criação, em 2024, da liga de saúde da população LGBT da Santa Casa, pelos próprios alunos, para aprofundar temas que não têm o espaço necessário no currículo. Os estudantes fazem encontros quinzenais ou mensais, nos horários livres, e levam hebiatras, psiquiatras, cirurgiões, ginecologistas, pessoas que trabalham com o atendimento especializado à população trans para falar com eles.

Se pudesse dar uma ou duas sugestões para alguém que vai atender essa população, o que diria?

A primeira, eu diria para se colocar no lugar do outro, com empatia, que é uma habilidade necessária e importante da competência de qualquer médico. Se você tem empatia e faz perguntas de como proceder, imediatamente se quebra uma primeira barreira. Não é incomum que nas consultas essas pessoas jamais sejam examinadas com atenção. Os médicos não pedem para tirar a roupa e só fazem perguntas, mal olhando nos olhos. As pessoas trans já chegam nos serviços de saúde com uma história de discriminação. Seria esperado que encontrassem profissionais capazes de olhá-las nos olhos, de respeitá-las e perguntar como elas querem ser chamadas. Sempre digo para os estudantes e para os colegas médicos que existe algo chamado profissionalismo, que é como você mantém os seus valores e consegue cuidar de outras pessoas de acordo com a ética exigida por sua profissão. O segundo conselho que eu daria é que temos de dar mais atenção à educação em todos os níveis. Deveríamos estar falando sobre saúde

sexual para crianças e adolescentes em todas as escolas, mas isso está virando tabu, fala-se quase sempre somente sobre o sistema reprodutivo. Os estudantes querem saber sobre sexo de modo mais abrangente e, como não têm informação na escola, estão se formando pelo que consomem nas redes sociais.

Quais são os principais problemas de saúde das pessoas trans que o sistema público de saúde precisaria atender?

Há problemas gerais, como os que afetam quaisquer pessoas, e outros mais específicos, relacionados com a afirmação de gênero. No caso dos problemas gerais, as pessoas precisam ser tratadas na sua integralidade, da pressão arterial à dieta. Os problemas específicos incluem um ciclo complexo. Várias pesquisas, incluindo as de nosso grupo, mostram que a maioria das pessoas trans, para realizar as transformações corporais que vão se adequar melhor às suas necessidades de identidade de gênero, usam hormônios por conta própria, o que pode resultar em vários riscos. Elas tendem a imaginar que uma dose mais alta poderia acelerar o processo de transição, mas na verdade pode aumentar o risco de acidentes vasculares cerebrais. Outro problema é o acesso limitado aos procedimentos cirúrgicos. Se a cirurgia for genital, a espera é de anos, muitos anos, e a espera só aumenta o sofrimento mental. Agora, olhando o lado bom, temos cada vez mais vozes no Parlamento, pessoas trans bastante poderosas, falando sobre essas questões. Temos a Érica Malunguinho, a primeira mulher transgênero da Assembleia Legislativa de São Paulo [deputada estadual de 2019 a 2023], Erika Hilton [deputada federal por São Paulo desde 2023] e Duda Salabert [deputada federal por Minas Gerais desde 2023] no Congresso Nacional. São parlamentares trans com muita força e inspiram muito as populações que elas representam.

Homossexuais e trans respondem por 2% da população brasileira. Está correto?

É uma estimativa que serve para mostrar a necessidade de incluir no censo questões capazes de identificar com precisão quantas pessoas são transexuais. As necessidades de uma pessoa trans ou de uma

pessoa não binária são específicas e precisam ser observadas no desenho das políticas públicas. Há estudos, incluindo o de um ex-aluno de doutorado, José Luis Gomez, sobre a experiência dessas pessoas na escola durante a adolescência. O termo mais apropriado não seria nem evasão escolar, mas expulsão. Elas são expulsas da escola, porque sofrem *bullying* e assédio dos colegas. Muitas vezes as próprias instituições não querem essas crianças lá. A segregação resulta em menos oportunidades para ocupar espaços profissionais mais qualificados. O município de São Paulo tem há alguns anos o que eu considero a política pública mais interessante desse ponto de vista, que é um programa chamado Transcidadania. O programa dá bolsas de estudo durante dois anos para pessoas trans complementarem o ciclo educacional e prepara essa pessoa para o mercado de trabalho. Grandes empresas têm aberto espaço para a contratação de pessoas trans. A discussão é em que medida essas empresas, de fato, estão comprometidas com a permanência das pessoas, porque uma parte das empresas contrata, apresenta-se ampliando a diversidade, ganha créditos no mundo corporativo, mas depois não cria condições de permanência. Já tivemos vários



Deveríamos falar sobre saúde sexual, não só sobre o sistema reprodutivo, para crianças e adolescentes em todas as escolas

depoimentos de pessoas contratadas por corporações que, quando começam a trabalhar, não têm uniforme do tamanho delas e nenhuma solução à vista.

Em 2014, você criou o Nudhes. Qual foi sua motivação?

Foi trabalhar de uma maneira orgânica com HIV e com as populações mais atingidas. É um problema complexo, em razão não só das questões biológicas relacionadas a essa infecção, mas das questões sociais. O HIV/Aids surge associado ao estigma contra as populações mais afetadas. A epidemiologia busca identificar as causas dos problemas, os chamados determinantes, e no caso do HIV os determinantes sociais assumem um papel importante. É um problema que exige olhares de muitas disciplinas científicas e abordagens multi e interdisciplinares. Fomos constituindo um grupo de pessoas com formações distintas, antropólogos, psicólogos sociais e outros profissionais da saúde. Já trabalhávamos juntos desde pelo menos 2012. Há outros grupos multidisciplinares no Brasil, mas em geral tendo por base a formação acadêmica. Uma característica do Nudhes, desde o início, é sua diversidade, representada pelo envolvimento de pessoas pertencentes às populações que estudamos. É um grupo majoritariamente formado por jovens gays, lésbicas, pessoas trans, mulheres negras. Nem todos possuem ou visam a uma titulação acadêmica, mas são pesquisadores e trazem um saber inestimável para os estudos. Há um debate em várias áreas da ciência sobre as questões identitárias, questionando se as pessoas pertencentes aos grupos estudados teriam isenção para estudá-los. É uma perspectiva que indica um entendimento da ciência como algo neutro, e todos sabemos que não é. Creio que deveríamos estar nos perguntando como incorporar os saberes dessas comunidades nos estudos que forem realizados a respeito delas mesmas.

Como lidar com essa situação?

Nossa abordagem tem sido continuar a produzir conhecimento que possa ser legitimado dentro dos marcos que a ciência exige. Mas a perspectiva das pessoas é um dos componentes mais importantes nessa produção de conhecimento. Como mulher hétero, cis e branca, não tenho como traduzir a experiência subjetiva de

peças homossexuais ou transexuais. Posso descrever e documentar, utilizando qualquer abordagem científica cabível, mas não tenho como sentir. Não tenho como dizer “sei como é”. Na verdade, não sei como é. É difícil essa separação completa de pessoas, indivíduos e pesquisadores em qualquer área. O que nos protege é termos estudos, que submetemos às agências e a revisões de pares, como qualquer cientista. Mas procuramos inserir as visões das populações estudadas e estamos muito atentos para não fazer ou dizer nada que possa violentar os corpos, as pessoas e as identidades.

Entre as pesquisas, o que destacaria?

O primeiro grande projeto do Nudhes, por sinal financiado pela FAPESP, em 2012, foi o SampaCentro. Até então não tínhamos dados atualizados sobre como estava a epidemia de HIV entre gays e outros homens que fazem sexo com homens. Usamos uma metodologia bastante inovadora para aquele período, chamada TLS, *Time Location Sampling* [amostragem de tempo e localização], para estudar os espaços de sociabilidade, a chamada *cena gay*, nas regiões da República e da Consolação, no centro de São Paulo. Mapeamos fisicamente todas as ruas e olhamos quais eram os espaços de sociabilidade gay e as barreiras de circulação. Além do mapeamento, realizado em parceria com as antropólogas Regina Fachini e Isadora Lins, da Unicamp, realizamos uma amostra aleatória dos frequentadores, que responderam a um questionário e fizeram teste de HIV. Conhecer a prevalência de HIV no grupo denominado homens que fazem sexo com homens foi uma das grandes contribuições do Nudhes. Nos últimos anos fizemos vários estudos com a população trans. Documentamos a dimensão, as formas e as consequências da violência e da discriminação que essas pessoas são vítimas. Um dos nossos estudos revelou que as taxas de ideação suicida e de suicídio entre travestis e mulheres trans são assustadoramente mais altas do que as da população geral de São Paulo. Inauguramos a prática de apresentar os resultados das pesquisas primeiro para as próprias comunidades que estudamos. Também trouxemos alguns conceitos inovadores. Por exemplo, a navegação de pares, um termo que tem sido bastante utilizado nos Estados Unidos.



Olhando o lado bom, temos cada vez mais vozes no Parlamento, pessoas trans bastante poderosas, falando sobre essas questões

O que é a navegação de pares?

São membros da comunidade que ajudam outras pessoas da mesma comunidade a navegar o sistema de saúde. Eles acompanham, desde a recepção ao médico. Testamos esse conceito primeiro com mulheres vivendo com HIV, para avaliar se a navegação de pares ajudaria na adesão ao tratamento, em um projeto chamado Transamigas, com financiamento dos NIH [Institutos Nacionais de Saúde dos Estados Unidos]. Fizemos um ensaio rigoroso. Mulheres eram aleatoriamente alocadas para receberem ou não navegadoras de pares. As Navegadoras de Pares (NP) poderiam, por exemplo, acompanhar uma pessoa não aderente ao tratamento e que tinha resistência a voltar para o serviço médico: “Você vai voltar lá, eu vou com você, e vamos enfrentar o médico que a expulsou da sala”. As NP recebiam suporte de uma equipe para dar apoio às participantes sob sua responsabilidade. Fazemos toda uma formação não somente tratando de questões de saúde, da importância de manter o tratamento, mas também sobre questões de direitos, comunicação,

entre outras. Mostramos que essa estratégia contribuía com pessoas vivendo com HIV e agora testamos com outro grupo de pessoas sem HIV para ver se melhora a adesão à prevenção. Ao documentar essas possibilidades de ação, vamos revelando esses mecanismos e chamando a atenção dos formuladores de políticas públicas para tentar, quem sabe, incorporar o que funciona, corrigir o que é barreira de acesso

Conseguiu mudar algo?

Documentamos muitas situações difíceis, mas também observamos uma progressiva mudança. Alguns serviços públicos incorporaram pessoas trans na recepção, como profissionais da saúde. Já temos médicas, médicos, enfermeiras trans trabalhando no sistema de saúde. A mudança não é só fruto do trabalho do Nudhes, claro, é fruto de muitas lutas, de uma mudança social. Desde 2018, o Brasil tem profilaxia pré-exposição para HIV, com um protocolo que inclui os testes de outras IST, clamídia, gonorreia, sífilis a cada três, quatro meses. Isso é uma coisa boa, porque melhora o diagnóstico das outras, que são mais negligenciadas.

Quais os planos?

Em 2023, fundamos um Nudhes como organização da sociedade civil, uma OSC, para abrir espaço não só de outras possibilidades de financiamento, mas fundamentalmente de atuação. Não deixaremos de ser um grupo acadêmico, mas a natureza do que o Nudhes vem fazendo dialoga muito com a de uma organização social. Na pandemia, angariamos dinheiro e distribuimos cesta básica, água, roupa e máscaras para umas mil pessoas com as quais trabalhamos. Entre as profissionais do sexo, quem tinha algum suporte não foi para a rua durante a pandemia fazer sexo sem máscara. Quem não tinha como sobreviver foi. Não conseguimos realizar esse tipo de intervenção apenas com os recursos dos projetos, precisamos buscar outras fontes de financiamento. Nessa nova conformação, somos 12. Pessoalmente, minha prioridade agora é viajar para Barcelona, na Espanha, e acompanhar o nascimento da minha segunda neta, Eva, filha da minha filha, prevista para nascer em janeiro. A primeira, filha do meu filho, se chama Olívia e tem 2 anos. ●

Realidade ampliada

Levantamentos detectam mudanças na distribuição dos grupos de pesquisa do país e maior diversidade nos temas de interesse das universidades brasileiras

SARAH SCHMIDT

2000 2023



A capacidade de pesquisa do Brasil cresceu em anos recentes, de acordo com o novo censo do Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP), uma espécie de inventário das equipes de pesquisadores em atividade no país. Em 2023, havia 42.852 grupos cadastrados, ante 37.640 em 2016 – a contagem não era feita havia sete anos pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O número de pesquisadores vinculados aos grupos registrados aumentou de 199.566, em 2016, para 247.455, em 2023, um crescimento de 24% – um mesmo pesquisador pode estar em mais de um grupo. A participação de mulheres, que em 2016 era de 50% pesquisadores, chegou a 52% em 2023.

A tendência de crescimento ocorre desde 2000, de acordo com uma nota técnica do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) publicada em 2024. A análise mostrou que, em 23 anos, os grupos de pesquisa aumentaram 264% (em 2000, eram 11.760). Na avaliação da física Débora Menezes, diretora de Análise de Resultados e Soluções Digitais do CNPq, políticas públicas impulsionaram esse crescimento, especialmente a partir de 2010. “São exemplos a criação de novos *campi* e o fortalecimento dos Centros Federais de Educação Tecnológica [Cefet], antes voltados para o ensino médio, que viraram institutos federais”, argumenta.

O estudo do Ipea assinala que houve um crescimento vigoroso na proporção de grupos do campo das humanidades entre 2000 e 2023. No período, em termos relativos, eles passaram de 27% pa-

ra 48% dos grupos do país (2.288 para 20.544 equipes) – um crescimento anual médio de 9,2%. Entre as áreas das humanidades, as ciências humanas, que respondiam por 15% dos grupos em 2000, chegaram a 24% em 2023; as ciências sociais aplicadas aumentaram de 8% para 16%, enquanto as áreas de linguística, letras e artes cresceram de 5% para 8%.

O campo das ciências duras (exatas, da Terra, engenharia e ciência da computação) teve um crescimento anual médio de 4,1% entre 2000 e 2023, e o das ciências da vida de 4,7%, mas ambos perderam participação no conjunto dos grupos. A redução mais significativa foi nas ciências biológicas, cuja proporção caiu de 15% para 8% do total entre 2000 e 2023. As ciências exatas e da Terra foram de 15% para 9%, as engenharias e ciência da computação de 16% para 12% e as ciências agrárias, de 11% para 8%.



Expansão do conhecimento

Os grupos de pesquisa do país aumentaram 264% entre 2000 e 2023, passando de 11.760 para 42.852

FONTES CENSO DO DIRETÓRIO DE GRUPOS DE PESQUISA (DGP) 2023 E INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA)



4.973

3.497

6.863

1.826

577

930

■ Engenharias e computação

■ Linguística, letras e artes

■ Ciências sociais aplicadas

■ Outras

Para Menezes, do CNPq, diferentes fatores ajudam a compreender a robustez das humanidades. De um lado, destaca, esse campo reúne áreas que mais formam estudantes de graduação no Brasil. Segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep), pedagogia, direito e administração foram os cursos com mais formados no país entre 2000 e 2023.

“Também vejo um efeito da pandemia. Os pesquisadores das humanidades tiveram facilidade para trabalhar sozinhos e não foram afetados pelo fechamento dos laboratórios no período de isolamento”, lembra. A comparação dos dados do DGP de 2016 e 2023, que compreendem o período da emergência sanitária, mostra uma perda de ímpeto mais acentuada em áreas mais prejudicadas pela suspensão de atividades das universidades, como ciências biológicas,

cuja proporção em relação ao total caiu em sete anos de 9,7% para 8,2%, e ciências agrárias, de 8,9% para 7,8%.

O economista Tulio Chiarini, pesquisador do Ipea e primeiro autor da nota técnica, afirma que é preciso investigar as razões para essas mudanças, mas sugere algumas hipóteses. “Os pesquisadores nas áreas das ciências duras e da vida estavam habituados a se organizarem formalmente em grupos de pesquisa pela dinâmica colaborativa dessas áreas. No entanto não era tão comum nas humanidades, onde a pesquisa frequentemente se caracteriza por abordagens mais individuais. Nos últimos anos, a exigência dos órgãos de fomento de que os pesquisadores estejam cadastrados em grupos de pesquisa para participar de alguns editais pode ter impulsionado a institucionalização de grupos nas humanidades”, explica. “Outra questão é que as pesquisas em

humanidades geralmente não demandam grandes infraestruturas ou equipamentos de alto custo para serem realizadas.”

DIVERSIDADE DE PESQUISA

Uma outra análise da diversidade da atividade científica brasileira emergiu de um estudo publicado em dezembro na revista *Scientometrics* sobre a variedade de temas de investigação e de interesse de universidades brasileiras. Pesquisadores das universidades de São Paulo (USP) e da Federal de Santa Catarina (UFSC) analisaram a produção de artigos científicos de 200 instituições do país com maior volume de publicações entre 2000 e 2017, com base em dados da Plataforma Lattes.

O trabalho mostrou que grandes universidades públicas se destacam por manterem portfólios de pesquisa mais amplos: USP, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e as universidades

federais do Rio Grande do Sul (UFRGS), de Minas Gerais (UFMG) e do Rio de Janeiro (UFRJ) lideram o ranking de diversidade ao longo do período, dividido em seis triênios. “Apesar das oscilações, a análise aponta um crescimento contínuo na diversidade do portfólio de pesquisa das universidades brasileiras”, destaca o cientista da computação Luciano Digiampietri, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da USP, um dos autores do artigo. O portfólio de pesquisa reúne as áreas científicas em que uma universidade faz suas publicações.

O economista Geziel Fernández, cuja tese de doutorado defendida em 2022 na UFSC embasou o artigo, ressalta que a diversidade de pesquisas das universidades é fundamental para o desenvolvimento econômico das nações. “Os países desenvolvidos são chamados de ‘economias do conhecimento’ devido à sua capacidade de inovar, integrar diversas disciplinas e promover avanços tecnológicos, científicos e culturais”, diz.

O estudo calculou o “índice de diversidade”, um indicador mensurado com apoio de um software gratuito desenvol-

vido por pesquisadores das universidades de Wuhan, na China, e de Amsterdã, nos Países Baixos, que leva em consideração diferentes componentes, além do número de áreas em que artigos foram publicados. A métrica considera como essas disciplinas estão ou não relacionadas e o equilíbrio na distribuição das publicações entre as disciplinas, utilizando o Índice de Gini. Originalmente usado para medir a desigualdade de renda, nesse contexto o índice avalia o grau de concentração ou dispersão das publicações entre as áreas de pesquisa, indicando se há uma distribuição equilibrada ou se certas disciplinas são tratadas de modo prioritário. “O índice de diversidade é uma métrica complexa. Uma instituição é mais diversa não só porque publicou em mais áreas, mas porque também tem uma boa distribuição entre elas”, explica o estatístico Esteban Tuesta, da EACH-USP, outro autor do artigo.

Quanto mais elevado o índice, mais diversa é uma instituição. Ele começa no zero, mas não tem um valor superior definido. Segundo o trabalho, a USP liderava o ranking de instituições brasileiras com um índice que chegou a 85,8 no

último triênio analisado, de 2015 a 2017. A instituição publicou artigos científicos em 448 das 554 subdisciplinas avaliadas. Segundo a análise do grupo brasileiro, entre as raras subdisciplinas em que a USP não teve publicações entre 2015 e 2017 estavam história da arte, design e fabricação de chips, migração étnica, aviação militar e poesia.

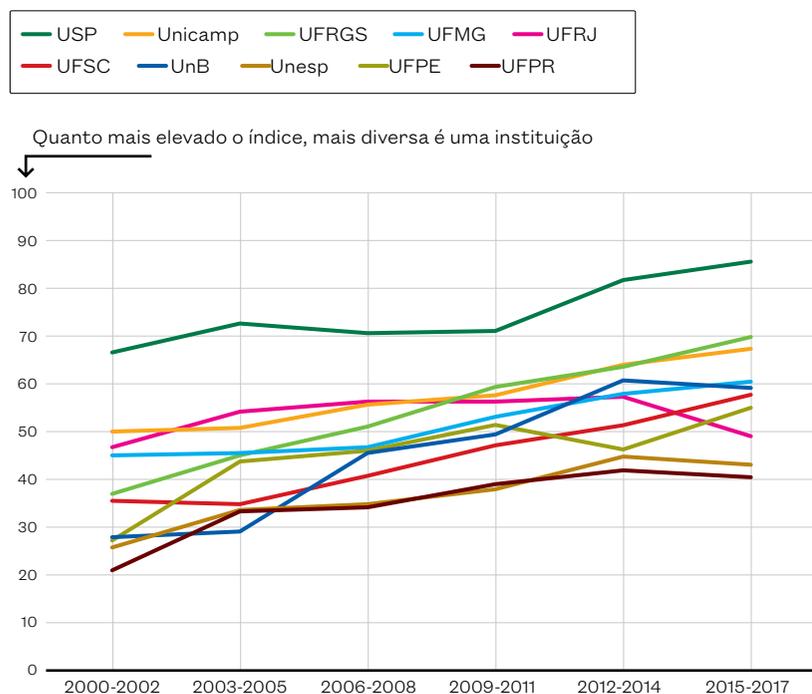
No rol das universidades brasileiras mais diversas, a que mais galgou posições foi a UFRGS, que saiu da 5ª posição no triênio de 2000 a 2002 para chegar à vice-liderança no período de 2015 a 2017 – quando atingiu um índice de diversidade de 70 pontos (*ver infográfico nesta página*).

O artigo da *Scientometrics* apontou uma forte correlação do índice de diversidade com o número de programas de pós-graduação das universidades analisadas. O número de programas de mestrado e doutorado no país, que era de 1.434 em 2000, aumentou para 4.347 em 2017. “A alta diversidade de pesquisa em grandes universidades públicas e sua correlação com a pós-graduação é algo que já se imaginava, porque esses programas correspondem a 90% da produção científica do país”, observa Sérgio Salles-Filho, coordenador do Laboratório de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (Lab-Geopi) da Unicamp, que não participou do estudo. “A pesquisa quantifica essa impressão e coloca indicadores onde ainda não havia.”

O índice de diversidade das universidades brasileiras apresenta uma desigualdade elevada – entre as que ocupam as 24 primeiras posições no triênio de 2015 e 2017, a diferença entre a líder USP e a última colocada, a Universidade Federal do Pará (UFPA), é de 62,2 pontos. “O número de instituições altamente diversificadas no Brasil é pequeno em comparação com a China e as universidades chinesas apresentam índices mais uniformes do que os nossos”, observa Fernández. “Ainda assim, as instituições brasileiras mais diversificadas estão em nível comparável com o das principais universidades chinesas”, complementa. ●

Diversidade de áreas de pesquisa nas universidades

O gráfico mostra o índice de diversidade entre as 10 instituições mais bem colocadas ao longo dos seis triênios analisados



FONTE TUESTA, G. F. ET AL. SCIENTOMETRICS. DEZ. 2024

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



Para quebrar o teto de vidro

Primeira mulher a assumir a reitoria da Unesp, especialista em química de produtos naturais analisa os obstáculos à ascensão feminina na ciência

SARAH SCHMIDT E FABRÍCIO MARQUES

Furlan comanda universidade com *campi* em 24 cidades, 3,2 mil docentes e mais de 50 mil alunos

Em uma cerimônia em 15 de janeiro que reuniu mais de 1,5 mil pessoas no auditório Simon Bolívar, no Memorial da América Latina, em São Paulo, a química Maysa Furlan assumiu a reitoria da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – ela é a primeira mulher a ocupar o cargo. Nos próximos quatro anos, vai comandar uma instituição com características singulares: tem unidades espalhadas por 24 municípios do estado de São Paulo. Criada em 1976, a Unesp congrega 3,2 mil docentes e mais de 50 mil estudantes de graduação e pós-graduação. Trata-se da segunda instituição que mais forma mestres e doutores no país, atrás apenas da Universidade de São Paulo (USP). Seu orçamento, neste ano, será de R\$ 4,69 bilhões.

Especialista em química de produtos naturais, Furlan é professora do Instituto de Química, *campus* de Araraquara, desde 1987. Nasceu em Mirassol, no interior paulista, graduou-se em química em 1981 na Unesp, fez mestrado (1985) e doutorado (1990) na USP e um pós-doutorado na Washington State University (WSU), nos Estados Unidos (1993). Dirigiu o Instituto de Química entre 2004 e 2008 e assumiu como vice-reitora em 2021, na chapa encabeçada pelo nefrologista Pasqual Barretti, pesquisador do *campus* de Botucatu. Em outubro do ano passado, ela recebeu 67,6% dos votos na consulta à comunidade universitária para escolha do novo reitor, tendo o biólogo Cesar Martins, também de Botucatu, como vice. No primeiro dia de seu mandato, a reitora concedeu por videoconferência a entrevista a seguir.

A senhora é a primeira reitora na história da Unesp, mas não havia sido a primeira vice-reitora quando assumiu essa função em 2021 – o cargo de vice já fora ocupado pela professora Marilza Rudge uma década atrás. Por que é difícil para as mulheres chegarem ao topo da hierarquia acadêmica e romperem o que se conhece no setor privado como “teto de vidro”, uma metáfora para os obstáculos às vezes invisíveis que impedem a ascensão feminina aos cargos mais altos? Essa questão é histórica e reflete uma sociedade ainda conservadora e machista, na qual a figura masculina predomina nas posições de destaque. As universidades espelham as dificuldades da sociedade brasileira. As mulheres acumulam a responsabilidade por atividades domésticas, maternidade e trabalho, e isso tem impacto em suas trajetórias acadêmicas e profissionais. Mesmo assim, a

presença delas é cada vez mais intensa nas universidades estaduais paulistas, e não é a primeira vez que chegam a posições de destaque. A USP [Universidade de São Paulo], há cerca de 20 anos, teve uma reitora, a professora Suely Vilela. As universidades têm debatido muito as dificuldades enfrentadas pelas pesquisadoras para ascender na carreira, seus escritórios de gestão têm gerado dados. Um dado importante é que as mulheres demoram mais do que os homens para alcançar o título de professor titular. E esse é um requisito para ocupar a função de reitor. Nas universidades públicas paulistas, vemos uma certa equidade no início da carreira. Na Unesp, hoje, há cerca de 50% de mulheres e 50% de homens no começo da trajetória docente. Mas elas só representam 25% dos professores titulares, e o mesmo padrão é visto em outras instituições. Avançamos, mas ainda precisamos melhorar essas condições.

E o que deveria ser feito, na sua avaliação?

É essencial que as universidades ofereçam mais infraestrutura para apoiar mães, sejam docentes ou alunas, como fraldários e espaços para amamentação, por exemplo, criando um ambiente favorável. Movimentos como o Parent in Science (Maternidade em Ciência) têm promovido discussões globais sobre essas questões na carreira científica e os obstáculos são mais evidentes especialmente nas Stem [ciência, tecnologia, engenharia e matemática]. Na cerimônia da minha posse, uma mulher de 40 anos veio me contar, muito emocionada, que conseguiu ingressar na graduação apenas após criar os filhos. Isso reflete questões sociais profundas que limitam oportunidades, apesar das competências. A universidade precisa lidar com isso, pois tem um papel fundamental para promover uma sociedade mais equânime e justa e ajudar o país a avançar.

Um artigo de sua autoria publicado em 2020 na revista *Tecnologia e Tendências* abordou os desafios das mulheres na carreira científica na área de materiais. O trabalho enfatizou a sobrecarga física e emocional que as pesquisadoras tiveram durante a pandemia. Poderia dar exemplos? Analisei, juntamente com a química Ka-

rina Fontanin, dados da Capes [Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior] sobre o ingresso e a progressão das mulheres na área de materiais. Observamos que, durante a pandemia, as mulheres enfrentaram uma grande sobrecarga ao acumularem o trabalho profissional com os cuidados da casa. Além de ministrarem aulas e produzirem estudos científicos, elas tinham que acompanhar as aulas on-line dos filhos e cuidar de idosos e pessoas fragilizadas. Essa situação teve impacto significativo em suas carreiras, com uma queda na produção científica que foi superior à dos homens, embora eles também tivessem ficado em casa. Isso mostrou como as mulheres ainda assumem a maior parte das responsabilidades domésticas e familiares. Elas têm uma importância fundamental na família, são as principais responsáveis por manter o equilíbrio do ambiente doméstico – e sofrem o impacto disso na sua saúde física e mental.

A senhora participa da Rede Equidade, um grupo formado por mulheres dirigentes de instituições públicas de ensino superior paulistas. Quais avanços alcançaram?

A formação da rede foi um avanço e uma ótima experiência. As discussões tinham vários focos, como equidade de gênero,

“

Durante a pandemia, as mulheres enfrentaram uma grande sobrecarga ao acumularem o trabalho profissional com os cuidados da casa

ações afirmativas e inclusão étnico-racial, sempre com o objetivo de tornar o ambiente da universidade mais equânime e justo. Dados que levantamos revelaram a necessidade de discutir esses temas na comunidade acadêmica, criando e difundindo materiais didáticos e de divulgação sobre essas questões e também sobre acessibilidade, para recebermos bem pessoas com deficiência. Criamos protocolos e cursos de formação. Hoje, todos os docentes e técnicos-administrativos que contratamos na Unesp têm que fazer esses cursos, que os preparam para lidar com questões étnico-raciais e de acessibilidade. Isso é importantíssimo, porque não basta abrir as portas da universidade e dizer que as pessoas foram incluídas, se elas não tiverem ambiente para se desenvolver. Fizemos na Unesp a cartilha *Guia de orientações sobre transtorno do espectro autista*, que foi adotada pela Secretaria de Estado dos Direitos da Pessoa com Deficiência para uso em universidades e nos ensinos fundamental e médio. Houve também a criação de uma disciplina sobre preparação de ações afirmativas, organizada pela USP, Unesp e Unicamp [Universidade Estadual de Campinas], disponível on-line para a rede estadual de ensino.

Na cerimônia de posse, foi anunciado que a Unesp vai criar uma pró-reitoria dedicada a questões de equidade, diversidade e permanência estudantil. O que ela vai fazer exatamente?

Por que uma pró-reitoria? Porque precisamos articular todos os programas que criamos, de permanência estudantil, de ações afirmativas, de política de saúde alimentar, de saúde do estudante e de ações esportivas. Quando o aluno ingressa na universidade, ele encontra vários tipos de apoio para se manter nos estudos. Nós mudamos a nomenclatura – de bolsa para auxílio – para que o estudante possa participar ativamente dos programas de iniciação científica, sem que pareça acúmulo de bolsas. Também há estratégias para a segurança alimentar – na Unesp, temos 10 restaurantes e oferecemos marmitas ou outras iniciativas para os *campi* que não os têm – além do E-Care Sentinela, canal de atendimento on-line criado na pandemia para auxiliar os alunos em questões de saúde mental, e o Acolhe Unesp, um canal direto com a ouvidoria para questões de agressões e assédio. Com a pró-reitoria,

as coordenadorias responsáveis por essas ações vão conversar entre si e terão mais voz e influência. Esse é um projeto que queremos trabalhar e será ação dos próximos 100 dias.

A Unesp tem unidades que já existiam décadas antes da criação da universidade, com tradição em pesquisa, e outras criadas há poucos anos que ainda estão em consolidação. Como tornar mais homogêneo o corpo de pesquisadores da universidade, que está espalhado por todo o estado?

Em primeiro lugar, quero ressaltar que a Unesp nunca avançou tanto em pesquisa quanto nos últimos tempos. A captação de recursos em agências de fomento nos últimos quatro anos passou de R\$ 1 bilhão. Aumentamos muito o nosso fluxo de aprovação de projetos e os pesquisadores tiveram um papel fundamental. Foram vários projetos apoiados pela Finep [Financiadora de Estudos e Projetos, agência do governo federal]. Na FAPESP, conquistamos nosso primeiro Cepid [Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão], coordenado pela professora Patrícia Morellato, do *campus* de Rio Claro, que é um centro de estudos sobre biodiversidade e mudanças climáticas. Nós crescemos não só nesses grandes projetos, mas também em projetos em rede, tratando de questões que amadureceram cientificamente na universidade. De fato, temos unidades com perfis diferentes. Temos institutos jovens, criados no início dos anos 2000, convivendo com as centenárias Faculdade de Ciências Farmacêuticas e Faculdade de Odontologia de Araraquara. Várias unidades fazem pesquisa com um grau de internacionalização muito robusto. Uma forma de equalizar o perfil da pesquisa em diferentes *campi* foi buscar uma aproximação dos docentes que estavam chegando para fazer pesquisa em unidades novas com os nossos programas de pós-graduação mais consolidados e de excelência. Esses docentes são altamente qualificados, mas suas unidades podiam não ter ainda uma infraestrutura de pesquisa instalada ou um número de pesquisadores suficiente para criar um novo programa de pós-graduação. Isso foi muito importante: temos docentes que participam de programas de outras unidades, criando uma bagagem para podermos ousar em outras linhas de pesquisa e criar programas no-

“

Hoje nós temos uma sociedade mais imediatista, que se reflete na relação dos estudantes com a universidade

vos nas unidades mais jovens. Algo que nos aflige hoje é que parte dos nossos docentes/pesquisadores está se aproximando da aposentadoria. Como manter linhas de pesquisa, em ciências agrárias, por exemplo, que são importantíssimas para enfrentar desafios sem precedentes do século XXI? Um desafio é contratar novos docentes/pesquisadores olhando para essas especificidades.

Como planeja enfrentar a questão da perda de alunos na pós-graduação e de interesse pela procura desses cursos?

Essa discussão é nacional. Está afligindo todas as universidades, que têm debatido muito o assunto com a Capes. Uma questão fundamental na qual as seis universidades públicas paulistas já estão trabalhando é a diminuição do tempo de formação da pós-graduação. Hoje nós temos uma sociedade mais imediatista, que se reflete na relação dos estudantes com a universidade. Assinamos na USP um acordo para estabelecer uma trilha mais rápida para o doutorado (*ver* Pesquisa FAPESP nº 347). Esse modelo experimental será avaliado em programas de pós-graduação de excelência. Estou muito animada. Mas também temos que nos debruçar sobre a graduação. Em algumas áreas de for-

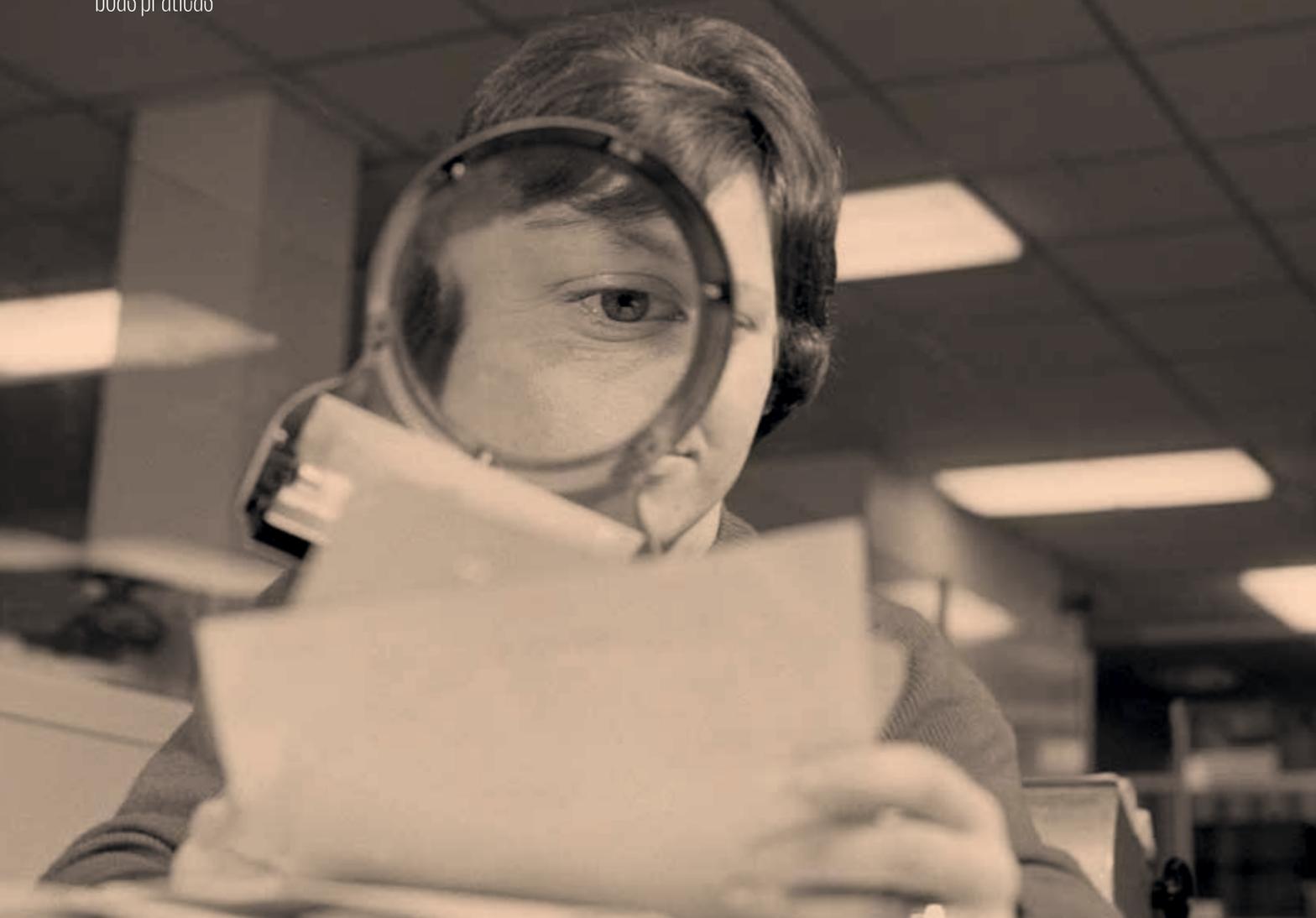
mação, tanto no sistema federal quanto estadual, há vagas de graduação que não são preenchidas, como nas licenciaturas.

Por quê?

O que percebemos é que muitos jovens não acreditam mais em algumas carreiras. Mas há outras questões. Também temos uma evasão muito grande em alguns cursos. Os de computação, por exemplo, são superprocurados, com uma relação candidato/vaga altíssima. Mas não é incomum um aluno chegar ao terceiro ano, conseguir um estágio e logo depois um emprego com salário alto e não voltar para a universidade. Olha que interessante. Ele sai no terceiro ano e dá conta de muita coisa fora da universidade. Estamos fazendo estudos baseados em BI [*business intelligence*], tanto na graduação como na pós-graduação, para entender as necessidades dos alunos e do mundo do trabalho, e para ampliar, diversificar ou remodelar cursos.

Como pretende conciliar seu trabalho de pesquisadora com a rotina de reitora?

São muitos os compromissos na reitoria, então fica um pouco mais difícil. Desde que assumi a vice-reitoria, há quatro anos, eu diminuí bastante o meu número de alunos. Já tive no laboratório sete pós-doutorandos e cinco doutorandos. Mas ainda tenho alguns alunos. Oriento inclusive um bolsista de doutorado da FAPESP, o Otávio Aguiar, que está fazendo um período sanduíche na França. Disse a ele: “Agora ficará mais sozinho”. Estamos com um projeto que investiga uma substância que ocorre em baixíssima concentração em tecidos vegetais e estamos tentando, via engenharia metabólica, produzi-la em organismos como *Saccharomyces cerevisiae*, da levedura da cerveja, ou em bactérias. É um projeto complexo, de longo prazo e que já participou da formação científica de muitos pesquisadores. Quero muito continuar com as minhas pesquisas. Tenho uma carreira de pesquisadora na área de química de produtos naturais com forte vínculo interdisciplinar e sempre achei a produção do conhecimento muito instigante. É preciso formar pesquisadores que deem continuidade ao que fazemos, deixar um legado. Vamos ver o que eu consigo fazer. ●



Confira tudo mais uma vez

Iniciativa financia verificação extra de resultados de pesquisas biomédicas para evitar a publicação de estudos que comprometam a confiança na ciência

Um programa-piloto dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH), a principal agência de apoio à pesquisa biomédica nos Estados Unidos, ofereceu a cientistas com estudos financiados pela instituição a oportunidade de contratarem uma equipe independente para verificar a validade de resultados obtidos em seus experimentos. Coordenadores de projetos com “alto potencial de impacto na saúde pública” foram convidados a participar da Iniciativa de Replicação para Aprimorar o Impacto da Pesquisa, que reservou para cada proposta selecionada uma dotação de até US\$ 50 mil (o equivalente a R\$ 300 mil) a fim de remunerar os serviços de uma organização de pesquisa contratada (CRO). Esse tipo de empresa presta serviços especializados sob demanda para empresas farmacêuticas, de biotecnologia e de equipamentos médicos em geral para gerenciar ensaios clínicos. Segundo relatório da consultoria norte-americana Frost & Sullivan, havia em 2020 mais de mil dessas organizações terceiri-

zadas em atividade no mundo que movimentavam um mercado de US\$ 45,8 bilhões por ano.

A CRO receberá recursos diretamente dos NIH e ficará encarregada de reavaliar efeitos e conclusões de pesquisas utilizando os mesmos reagentes, métodos e protocolos adotados no experimento original – e informando se são mesmo válidos ou se há obstáculos para chegar aos mesmos resultados. A chamada de propostas ficou aberta até novembro de 2024 e os escolhidos serão anunciados em fevereiro, mas já se sabe que a adesão dos cientistas foi pequena. Apenas 32 pesquisadores de um universo superior a 30 mil patrocinados pela agência se inscreveram nos seminários virtuais que divulgaram os termos da iniciativa. Ainda assim, os organizadores esperam anunciar pelo menos seis projetos contemplados, quantidade considerada suficiente para avaliar se o desenho do programa-piloto é apropriado e consegue identificar antecipadamente problemas em estudos que só seriam detectados quando outros cientistas tentassem reproduzi-los.

A iniciativa é uma resposta dos NIH a uma exigência do Congresso dos Estados Unidos para que a agência invista de modo mais amplo em estudos de replicação. O objetivo é evitar a repetição de episódios em que pesquisas com resultados promissores sobre enfermidades como câncer e doença de Alzheimer caíram em descrédito ao não serem confirmados em trabalhos subsequentes, por conterem erros ou serem alvo de fraudes. A Câmara recomendou investimentos de US\$ 50 milhões no ano fiscal de 2024, enquanto o Senado sugeriu US\$ 10 milhões. A lei que estabeleceu o orçamento da agência, aprovada no início do ano passado, não definiu o valor específico, mas deu um prazo de 180 dias para implementação de medidas.

Uma série de benefícios são esperados, de acordo com a justificativa do programa apresentada pelos NIH. Os principais são economizar tempo e dinheiro de outros grupos interessados em explorar os resultados de pesquisa, validar e acelerar a adoção de novas ferramentas e tecnologias – e reforçar a confiança da sociedade na ciência. Para os autores dos trabalhos originais, há ainda a oportunidade de receber dados adicionais que podem ajudá-los a compreender melhor o alcance de seus achados e a desenvolver aplicações baseadas neles. Serão financiados esforços para reproduzir ou validar estudos pré-clínicos ou que buscam aplicações terapêuticas para conhecimentos gerados pela ciência básica. Como o prazo para as CRO concluírem a verificação é de até 12 meses, pesquisas que envolvam seres humanos, que têm custo e complexidade maiores, não são apoiadas pelo programa-piloto.

Os NIH não planejam divulgar os resultados das tentativas de replicação, alegando a necessidade de proteger a propriedade intelectual, já que incluem estudos ainda não publicados – mas os coordenadores poderão divulgá-los, se quiserem. O químico Douglas Sheeley, diretor-adjunto da agência, afirmou

à revista *Science* que o objetivo é construir uma relação de confiança com os cientistas. “Nesse momento, estamos interessados em apenas garantir que o programa-piloto seja bem-feito e que aprendamos o máximo possível com ele”, disse.

Sheeley lembra que múltiplos fatores podem contribuir para que um experimento bem-sucedido nas mãos de um pesquisador não seja replicado por outro, como diferenças em especificações e na qualidade de materiais utilizados, a infraestrutura e as condições do laboratório em que o estudo é realizado, erros e imprecisões na coleta e registro de dados e até a forma de manusear equipamentos sensíveis. Tais problemas, ele observa, são muito diferentes dos causados por má-fé ou má conduta. “Pode ser difícil prever onde os desafios com a replicação vão surgir, e ainda há muito a aprender sobre como melhorar a reprodutibilidade.” O programa se soma a outros procedimentos adotados pela agência nos últimos anos, como uma política de gerenciamento e compartilhamento de dados de pesquisa, a fim de que possam ser reutilizados facilmente, e a exigência de protocolos e desenhos de experimentos mais rigorosos e transparentes.

Os obstáculos não são simples, conforme contou à *Science* o biólogo Sean Morrison, especialista em células-tronco de um centro vinculado à Universidade do Texas, que participou do “Projeto reprodutibilidade: Biologia do câncer”, voltado para replicar artigos com resultados promissores em oncologia. Desenvolvida entre 2014 e 2021 com financiamento da Fundação Laura e John Arnold, a iniciativa foi uma colaboração entre o Center for Open Science e a Science Exchange, uma rede de CRO, e enfrentou uma série de entraves. Foi possível verificar apenas 23 dos 50 estudos inicialmente selecionados – a falta de cooperação dos autores e a escassez de detalhes sobre os protocolos dos experimentos inviabilizaram a checagem de parte dos trabalhos (no programa dos NIH, os laboratórios responsáveis pela validação manterão contato próximo com os autores, que terão o compromisso de informar com precisão todos os métodos, protocolos e materiais utilizados).

Entre os estudos de biologia do câncer que efetivamente puderam ser examinados, menos da metade (46%) foram considerados convergentes com os originais e só cinco tiveram seus achados integralmente confirmados. Morrison alerta que alguns resultados ambíguos ou obscuros obtidos nas tentativas de replicação podem ter sido causados pela falta de estrutura e de capacidade dos laboratórios contratados para reproduzir com exatidão as condições originais da pesquisa. “Eles não têm a mesma experiência de laboratórios acadêmicos, especialmente quando se trata de técnicas avançadas ou muito especializadas”, explicou. ●

FABRÍCIO MARQUES

Novo repositório reúne *preprints* problemáticos que foram removidos por seus autores

Um banco de dados criado por pesquisadores norte-americanos vai servir de referência para estudos sobre o uso de *preprints*, um tipo de publicação científica de divulgação rápida que traz resultados preliminares ainda não avaliados por outros especialistas. Trata-se do *WithdrawXiv*, combinação das palavras *withdraw*, retirar em inglês, e *arXiv*, um dos mais tradicionais arquivos públicos de *preprints*, criado em 1991 para receber resultados de pesquisa principalmente nos campos da física, astronomia e matemática. O banco reúne cerca de 14 mil

trabalhos divulgados e removidos no *arXiv*, e foi apresentado em um manuscrito depositado em dezembro no próprio repositório por cientistas da computação das universidades da Pensilvânia e Estadual do Oregon. O estudo também analisa as razões que levaram os autores a retirar seus *preprints* da plataforma. A existência de erros factuais e de metodologia foi a causa das remoções de mais de 6 mil textos. Outros 3,1 mil foram removidos por estar incompletos – a conclusão ocorreu depois –, enquanto 2,8 mil continham dados incorporados posteriormente a estudos mais abrangentes. Com menor frequência, *preprints* foram retirados devido a problemas legais, erros de digitação, plágio ou por não trazerem novidade alguma.

O perfil das remoções de *preprints*, mostra o estudo, é bem diferente do padrão de artigos de revistas científicas que sofrem retratação, ou seja, que são considerados inválidos depois de publicados, por conterem erros ou evi-

dências de má conduta. “Erros factuais ou metodológicos em manuscritos em geral são erradicados no processo de revisão por pares”, comentou, de acordo com a revista *Nature*, Vedran Katavić, pesquisador da Universidade de Zagreb, na Croácia, um estudioso de retratações de artigos acadêmicos, que não participou do estudo sobre o *WithdrawXiv*. “O ímpeto para publicar um estudo em um servidor de *preprint* é o de ser o primeiro a divulgar um resultado, sem estar necessariamente correto”, diz. A cientista da informação Jodi Schneider, pesquisadora da Universidade de Illinois em Urbana-Champaign, ressalta que, enquanto remoções de *preprints* em geral são feitas por iniciativa dos autores, as retratações são decididas pelos editores das revistas científicas, muitas vezes sem a concordância dos autores. Segundo ela afirmou à *Nature*, a análise das causas da remoção de *preprints* pode ajudar a reduzir a incidência de manuscritos problemáticos.

Estudo que deu base ao tratamento com hidroxiclороquina contra a Covid-19 sofre retratação

Foi retratado um artigo científico que causou empolgação no início da pandemia ao sugerir a eficácia da hidroxiclороquina, remédio usado contra a malária, para tratar a Covid-19. O trabalho, publicado em março de 2020 no *International Journal of Antimicrobial Agents*, sustentava que a hidroxiclороquina reduzia a carga do vírus Sars-CoV-2 em pacientes com a doença e seria ainda mais eficaz se aplicada em conjunto com o antibiótico azitromicina. O autor principal era Didier Raoult, à época chefe do Instituto de Infectologia do Hospital Universitário de Marselha (IHU), no sul da França. Os resultados foram alvo de críticas e de

desconfiança, por envolverem dados de apenas 36 pacientes. Estudos com amostras maiores feitos em seguida refutaram a eficácia da droga.

Segundo a nota de retratação, não foi possível comprovar que os participantes deram aprovação ética para o estudo e houve problemas na forma como os grupos de pacientes de controle e de tratamento foram selecionados, tornando questionáveis os resultados. A controvérsia sobre o artigo chamou a atenção para outros problemas na produção científica de Raoult, levando a uma onda de retratações de artigos de seu grupo – o estudo da hidroxiclороquina é o 28º do médico a ser cancelado. Em 2022, a Agência Francesa de Segurança de Medicamentos e Produtos de Saúde concluiu que Raoult violou normas em um estudo sobre doenças associadas a viagens e patógenos multirresistentes no qual alunos do próprio IHU tinham de coletar amostras da vagina e do ânus antes e após a permanência fora da França. Em outubro, o francês teve seu registro médico cassado.

CONTEÚDO EXTRA

Conhece a nossa *newsletter* de integridade científica?



Accesse o QR Code para assinar nossas *newsletters*



dados Emprego nos Setores Intensivos em Conhecimento (SIC)

Emprego cresce nos SIC

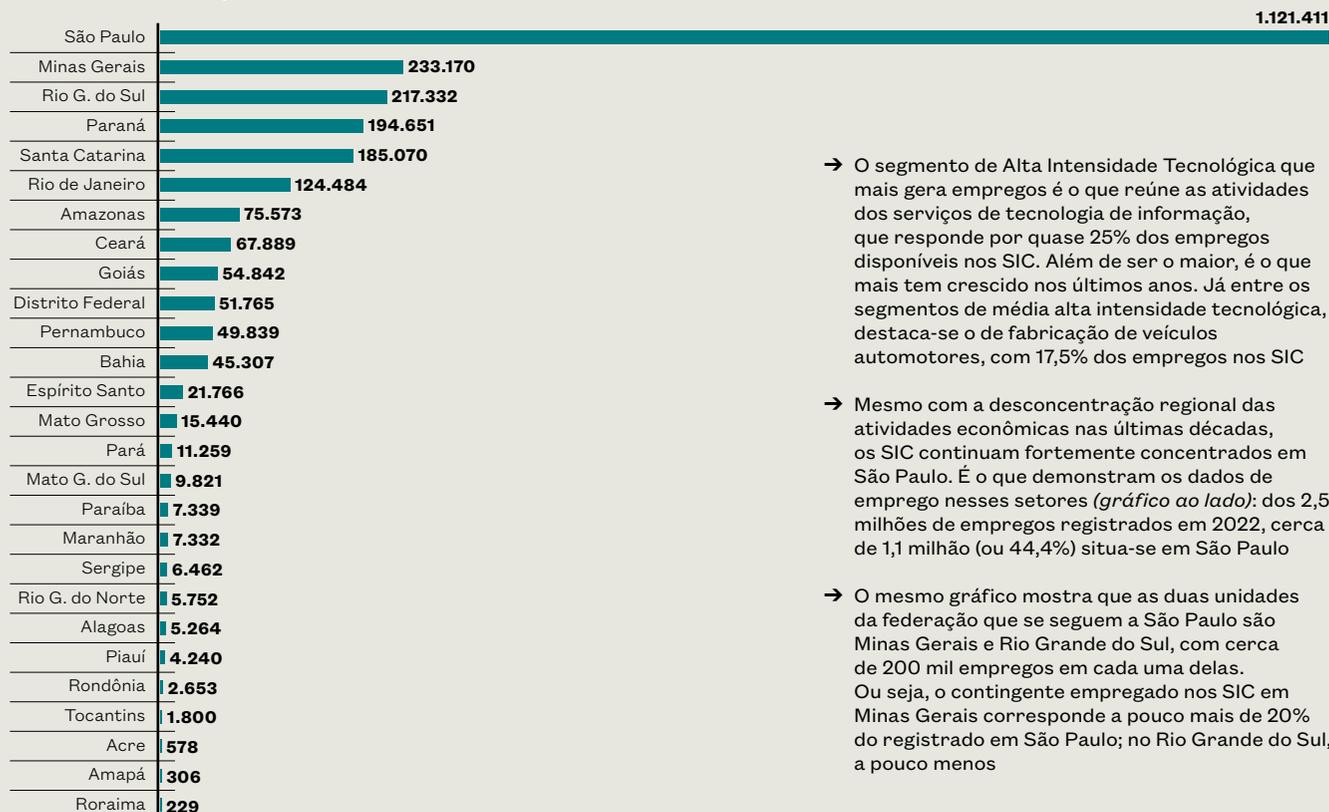
BRASIL - 2010 A 2022 - EM MILHÕES DE VÍNCULOS



→ Os Setores Intensivos em Conhecimento (SIC) correspondem àqueles classificados como de alta ou média alta intensidade tecnológica, segundo os critérios da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)¹. Nesses setores, em 2022, foram registrados no Brasil 2.521.681 empregos formais, que representaram 4,7% do total. Após um período de retração entre 2014 e 2016, o emprego nesses setores cresceu intensamente, em especial em 2021 e 2022 (gráfico ao lado)

Concentração em São Paulo

UNIDADES DA FEDERAÇÃO - 2022



→ O segmento de Alta Intensidade Tecnológica que mais gera empregos é o que reúne as atividades dos serviços de tecnologia e informação, que responde por quase 25% dos empregos disponíveis nos SIC. Além de ser o maior, é o que mais tem crescido nos últimos anos. Já entre os segmentos de média alta intensidade tecnológica, destaca-se o de fabricação de veículos automotores, com 17,5% dos empregos nos SIC

→ Mesmo com a desconcentração regional das atividades econômicas nas últimas décadas, os SIC continuam fortemente concentrados em São Paulo. É o que demonstram os dados de emprego nesses setores (gráfico ao lado): dos 2,5 milhões de empregos registrados em 2022, cerca de 1,1 milhão (ou 44,4%) situa-se em São Paulo

→ O mesmo gráfico mostra que as duas unidades da federação que se seguem a São Paulo são Minas Gerais e Rio Grande do Sul, com cerca de 200 mil empregos em cada uma delas. Ou seja, o contingente empregado nos SIC em Minas Gerais corresponde a pouco mais de 20% do registrado em São Paulo; no Rio Grande do Sul, a pouco menos

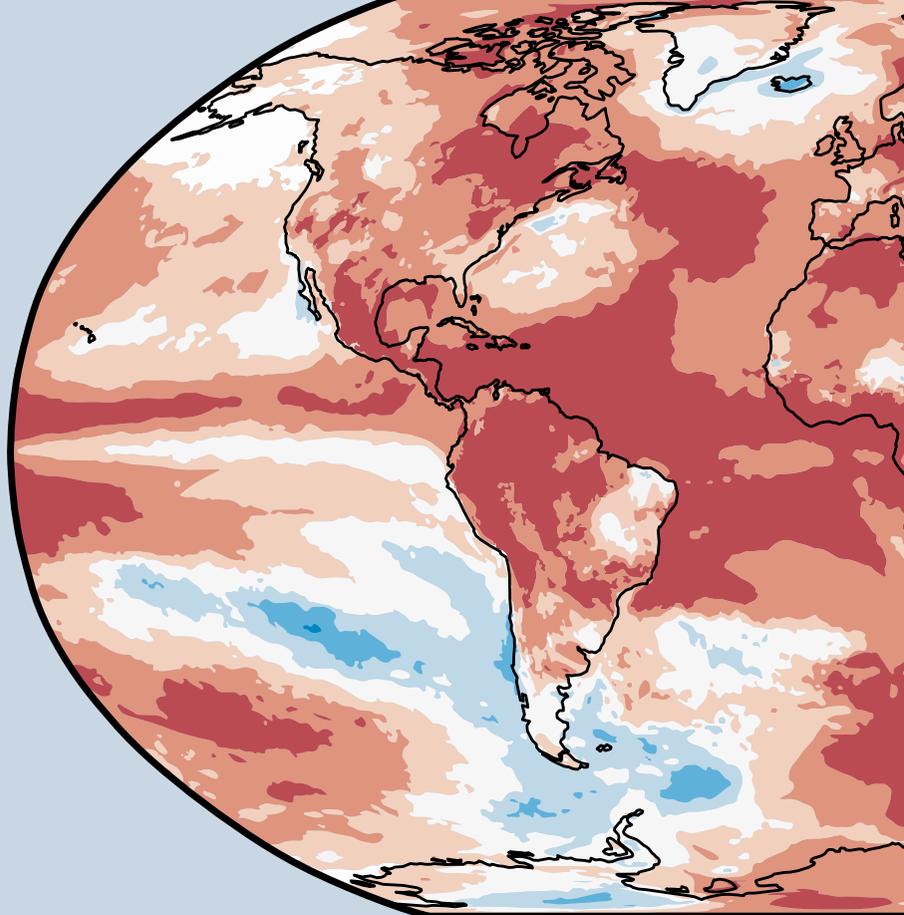
NOTA (1) GALINDO-RUEDA, F. E VERGER, F. OECD TAXONOMY OF ECONOMIC ACTIVITIES BASED ON R&D INTENSITY. OECD SCIENCE, TECHNOLOGY AND INDUSTRY WORKING PAPERS 2016/04. PARIS: OECD, 2016 (DISPONÍVEL EM [HTTPS://WWW.OECD.ORG/EN/PUBLICATIONS/OECD-TAXONOMY-OF-ECONOMIC-ACTIVITIES-BASED-ON-R-D-INTENSITY_5JLV73SQP8R-EN.HTML](https://www.oecd.org/en/publications/oecd-taxonomy-of-economic-activities-based-on-r-d-intensity_5jlv73sqp8r-en.html))

FONTE: RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS (MICRODADOS) ELABORAÇÃO FAPESP/DPCTA/GIP

Calor recorde em 2024

Pela primeira vez, a temperatura média de um ano ultrapassa a marca de 1,5 °C de aquecimento global

MARCOS PIVETTA



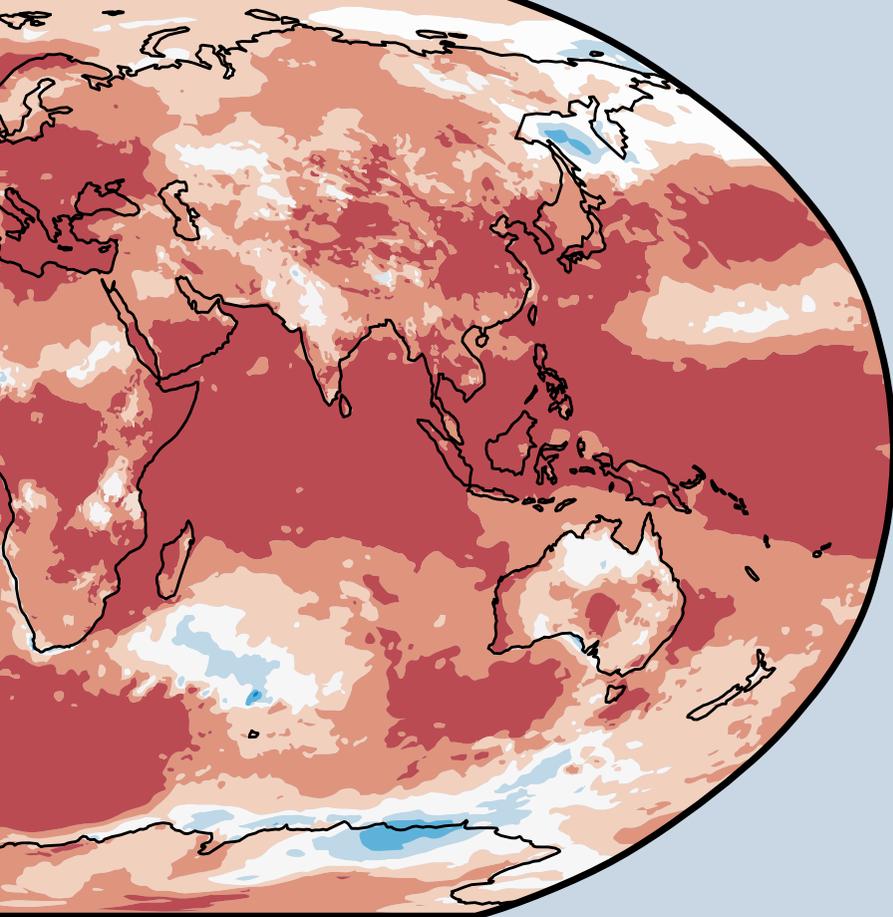
No dia 10 de janeiro, a Organização Mundial de Meteorologia (WMO) deu uma notícia que se desenhava havia alguns meses: 2024 bateu 2023 e se tornou o ano mais quente desde meados do século XIX. Ao longo do ano passado, a temperatura média da superfície do planeta foi 1,55 grau Celsius (°C) acima da média estimada de 13,6 °C para o período de 1850 a 1900, considerado como representativo da era pré-industrial. Em 2023, o aumento tinha sido de 1,45 °C, nas contas da WMO. Foi a primeira vez que o aquecimento global rompeu a barreira de 1,5 °C durante um ano calendário, de janeiro a dezembro.

Firmado em 2015, o Acordo de Paris, principal tratado climático internacional, tem como objetivo diminuir as emissões de gases de efeito estufa a fim de limitar o aumento da temperatura planetária a 1,5 °C em relação ao nível da época pré-industrial. Embora alto, esse patamar de aquecimento é considerado o teto aceitável para que os países possam se adaptar, com razoável grau de segurança, às mudanças climáticas e mitigar seus impactos sobre seu território e população.

O número da WMO tem uma margem de incerteza de 0,13 °C, para cima ou para baixo, e foi calculado a partir da análise e da consolidação dos valores obtidos por seis serviços climáticos

independentes. Três são de instituições norte-americanas: a agência espacial (Nasa), a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (Noaa) e a entidade não governamental Berkeley Earth. Os outros três são o Copernicus, da União Europeia, o Met Office, do Reino Unido, e a Agência Meteorológica do Japão. Para amplificar sua mensagem de alerta, em razão do incremento recente do aquecimento global e da ocorrência mais frequente de eventos extremos, como os incêndios na região de Los Angeles, nos Estados Unidos, uma área alvo de secas intensas e ventos fortes, os seis serviços concordaram em divulgar no mesmo dia seus dados relativos a 2024. Normalmente, cada organização libera seus números em algum momento de janeiro, no dia em que lhe for mais conveniente.

Nas medições de todos os seis serviços, que usam metodologias e dados primários ligeiramente distintos, 2024 foi o ano mais quente desde a segunda metade do século XIX. Os valores para a temperatura média do ano passado calculados por cada uma dessas instituições são muito similares, com diferenças de no máximo de 0,16 °C. O Berkeley Earth e o Copernicus foram os serviços que registraram as maiores elevações de temperatura global em 2024 em relação ao período pré-industrial, com aumentos de 1,62 °C e 1,6 °C, respectivamente. O menor número foi obtido pela Noaa: uma subida de 1,46 °C no ano passado em



A geografia do aquecimento

Como se comportou a temperatura em diferentes regiões do globo em 2024 em relação à média do período de 1991 a 2020



FONTE SERVIÇO COPERNICUS

relação a meados do século XIX. As medidas dos seis centros confirmam a tendência de aumento da temperatura global, especialmente a partir dos anos 2010. Os últimos 10 anos são os 10 anos mais quentes da história recente.

“A história do clima está se desenrolando diante de nossos olhos. Tivemos não só um ou dois anos com quebra de recordes [de temperatura], mas uma série completa de 10 anos, acompanhada de um clima extremo e devastador, de níveis do mar em ascensão e derretimento de gelo. Tudo isso impulsionado pela emissão recorde de gases de efeito estufa em razão das atividades humanas”, disse a meteorologista argentina Celeste Saulo, secretária-geral da WMO, em comunicado de imprensa sobre os dados do ano passado.

Com exceção da Oceania e da Antártida, todos os continentes registraram recorde de temperatura média em 2024. O mesmo foi verificado com a temperatura média sobre os oceanos fora das latitudes polares. Marcas nunca antes vistas aparecem nos mais diferentes tipos de estatísticas obtidas ou compiladas pelos serviços climáticos. Uma análise feita pela Berkeley Earth, a partir de dados globais e regionais, estimou que 104 países bateram seu recorde de temperatura média anual em 2024. Cerca de 3,4 bilhões de pessoas, 40% da população da Terra, viveram o período mais quente de suas existências, especialmente na Ásia, África, Américas Central e do Sul e Leste Europeu.

O Brasil foi um dos lugares do globo em que 2024 foi o ano mais quente já registrado. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), a média das temperaturas no país ficou em 25,02 °C, a maior desde 1961, quando esse tipo de dado passou a ser produzido. Em 2023, agora rebaixado para a condição de segundo ano mais quente no Brasil, esse valor tinha sido de 24,92 °C. O número de 2024 foi 0,79 °C acima da média histórica de temperatura do país durante o período de 1991 a 2020. “Ocorreu o esperado, dentro dessa tendência de bater recordes ano após ano”, comenta a meteorologista Danielle Barros Ferreira, do Inmet.

Em quatro estados, todos do centro-norte do país, o calor esteve mais de 1 °C acima da média histórica: Roraima (1,6 °C), Mato Grosso do Sul (1,5 °C), Mato Grosso (1,4 °C), e Rondônia (1,2 °C). Por ter a maior parte de seu território em área tropical, a temperatura média sobre a superfície do Brasil é bem mais elevada do que a de todo o planeta. Em um ano de calor global sem precedentes na história recente, como foi 2024, a temperatura média da Terra foi, nas contas do serviço europeu Copernicus, de 15,10 °C, praticamente 10 graus abaixo da do Brasil.

O recorde global de calor em 2024 era previsto. Com exceção de 2020, o primeiro ano da pandemia de Covid-19, as emissões planetárias de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono



Erupção de vulcão submarino em 2022 no arquipélago de Tonga liberou 150 milhões de toneladas de vapor-d'água na alta atmosfera, evento que pode ter contribuído para aquecer o planeta nos dois anos seguintes

no, metano e óxido nítrico, não param de subir (ver Pesquisa FAPESP nº 346). O cenário torna impossível prever um resfriamento significativo do clima na Terra no curto prazo. Desde os anos 1970, a temperatura média global tem crescido por volta de 0,2°C por década. Paralelamente a essa tendência de alta, ocorrem flutuações inesperadas, tanto para cima como para baixo, que podem proporcionar um frescor passageiro ou amplificar ainda mais o sufoco.

Ainda assim, o ritmo de crescimento do aquecimento global nos últimos 10 anos é impressionante. As temperaturas de 2023 e 2024, os dois anos mais quentes desde o século XIX, foram tão altas que ultrapassaram em cerca de 0,2°C as previsões dos modelos climáticos. Em vez de estar atualmente em 1,3°C, o aquecimento global bateu, precocemente, na casa do 1,5°C nesses dois anos.

Não há nenhuma dúvida de que o grande motor da subida dos ponteiros nos termômetros é a emissão de gases de efeito estufa produzidos por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e a promoção de desmatamentos e

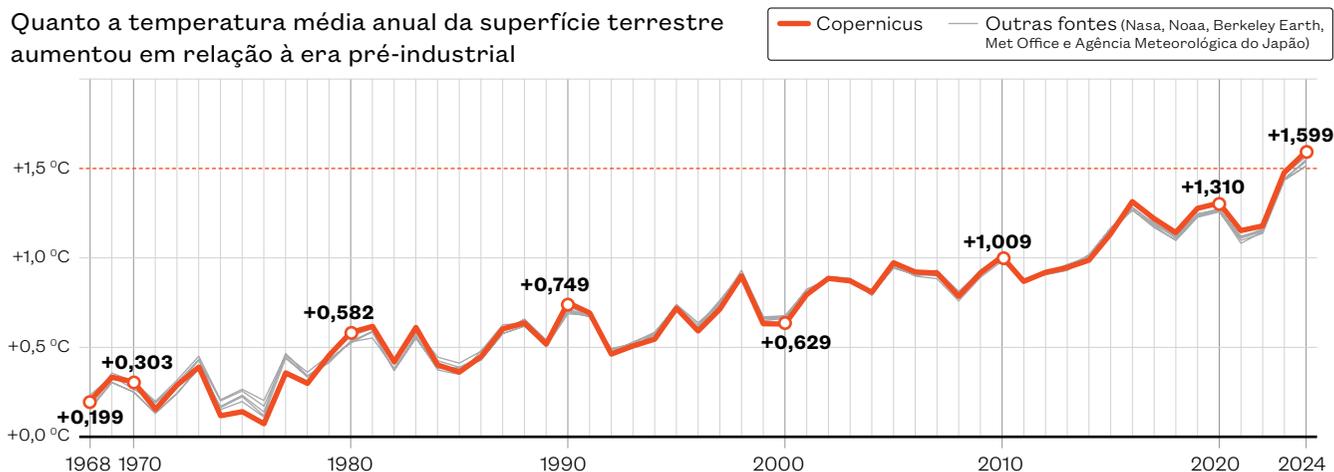
queimadas em florestas e áreas verdes. Mas alguns dados sugerem que talvez fatores localizados, alguns aparentemente pontuais, outros mais duradouros, possam ter amplificado a tendência de alta da temperatura global em 2023 e 2024.

A lista dessas causas secundárias inclui níveis recordes de vapor-d'água no topo da atmosfera em 2024, redução acentuada de nuvens de baixa altitude, sobretudo em 2023, e diminuição na produção de um tipo de poluição liberada por navios em rotas oceânicas, as partículas (aerossóis) de dióxido de enxofre (SO₂). O vapor-d'água esquenta a atmosfera, as nuvens baixas e os aerossóis (apesar de ruins para a saúde) diminuem as temperaturas na superfície. Parte do excesso de vapor-d'água – em 2024, foram medidos os maiores níveis desse gás na alta atmosfera fora das zonas polares dos últimos 33 anos – é atribuída à erupção do vulcão submarino Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, vizinho ao arquipélago de Tonga, no sul do Pacífico, em janeiro de 2022.

Essa foi a maior explosão sob o mar já registrada pela instrumentação moderna. O evento injetou na alta atmosfera, a altitudes superiores a 50 quilômetros, cerca de 150 milhões de toneladas de vapor-d'água, uma quantidade nunca antes observada. A erupção de grandes vulcões terrestres, como o filipino Pinatubo em junho de 1991, libera grandes quantidades de aerossóis compostos de dióxido de enxofre, que podem resfriar um pouco o clima da Terra por breves períodos. Esses eventos levam os aerossóis até a estratosfera, a segunda camada da atmosfera, bloqueando parte da radiação solar que chega à superfície. No caso do monte submarino de Tonga, a quantidade de vapor-d'água ejetada foi muito maior do que a de aerossóis, o que pode ter contribuído para turbinar ligeiramente as temperaturas nos dois últimos anos.

A escalada do aquecimento global

Quanto a temperatura média anual da superfície terrestre aumentou em relação à era pré-industrial



FONTE SERVIÇO COPERNICUS

No entanto, a hipótese não é consenso entre os especialistas. “Estamos emitindo uma quantidade de gases de efeito estufa decorrentes de atividades humanas que é o dobro do que o planeta poderia suportar sem ter de aumentar a sua temperatura atmosférica”, comenta o meteorologista Gilvan Sampaio, coordenador-geral da área de Ciências da Terra do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). “Além disso, o último El Niño também contribuiu para os recordes de calor dos dois últimos anos.”

Fenômeno periódico de origem natural, o El Niño se caracteriza pelo aquecimento anormal das águas superficiais do centro do Pacífico Equatorial. A alteração aquece o planeta e altera o padrão de chuvas e secas em várias partes do globo. O mais recente teve início em junho de 2023 e terminou em maio de 2024. Foi forte, mas não bateu nenhum recorde ligado diretamente ao fenômeno. Desde então, o Pacífico entrou numa fase neutra que agora parece se encaminhar para uma fraca La Niña (o inverso do El Niño), o resfriamento das águas dessa região do oceano.

Historicamente, a ocorrência de La Niña diminui um pouco a tendência dominante de aumento do aquecimento global. Entre 2020 e 2023, houve uma sucessão de três anos com a ocorrência desse fenômeno, de intensidade entre fraca e moderada. Ainda assim, recordes de elevação de temperatura foram quebrados nesse período. Alguns pesquisadores suspeitam de que a La Niña esteja perdendo sua capacidade de jogar para baixo o ponteiro dos termômetros. “A atmosfera está confusa e estamos passando por uma fase de transição”, diz o meteorologista Humberto Barbosa, coordenador do Laboratório de Análise e Processamento de Imagens

de Satélites (Lapis), da Universidade Federal de Alagoas (Ufal). “Não dá mais para analisar o clima como fazíamos há 30 anos.”

Para a oceanógrafa Regina Rodrigues, do Laboratório de Extremos Climáticos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), não se pode descartar o possível papel do enfraquecimento da Circulação de Revolvimento Meridional do Atlântico (Amoc) no aumento recente das temperaturas globais. A Amoc leva água quente e superficial do Atlântico Sul para o Norte e traz água fria e profunda da Groenlândia até a ponta da América do Sul. Vários estudos recentes apontam que a circulação oceânica está atualmente em seu período mais fraco neste milênio, tendo perdido 15% de sua intensidade. Seu eventual colapso poderá provocar fortes anomalias no atual regime de chuvas e no padrão das temperaturas até o final do século. “Ainda não temos certeza disso, mas é possível que já estejamos vendo o efeito do enfraquecimento da Amoc sobre o clima terrestre”, comenta Rodrigues, autora de vários trabalhos sobre circulação.

Apesar de as temperaturas recordes de 2023 e 2024 terem atingido precocemente o teto de 1,5°C para o aquecimento global, alguns pesquisadores dizem que ainda é prematuro dizer que a meta do Acordo de Paris foi ultrapassada. “Um único ano com [aumento de] temperatura maior que 1,5°C não significa que não conseguimos cumprir as metas de longo prazo do acordo, que são medidas [para serem tomadas] ao longo de décadas, não em um ano individual”, disse Celeste Saulo, da WMO. “Contudo, é importante reconhecer que cada fração de grau de aquecimento é importante. Quer estejamos em um nível abaixo ou acima de 1,5°C de aquecimento, cada incremento adicional aumenta os impactos nas nossas vidas, economias e no nosso planeta.” ●

2



Tempo mais seco do ano passado intensificou os incêndios de janeiro na área de Los Angeles

Temperaturas fatais

Pessoas em situação de rua dormem no centro de São Paulo em madrugada de 2022 em que os termômetros marcavam 10 °C

Ao menos 113,5 mil pessoas morreram por frio e 29,2 mil por calor em 18 cidades brasileiras de 1997 a 2018

GISELLE SOARES
E **RICARDO ZORZETTO**

Elevações e quedas intensas de temperatura aumentam o risco de morte, em especial de pessoas desprotegidas, como as que vivem em situação de rua, ou das mais frágeis e sensíveis a alterações térmicas, caso das crianças pequenas e dos idosos. Temperaturas na casa dos 30 graus Celsius (°C) já são suficientes para levar um trabalhador braçal à exaustão por calor, com suor intenso, respiração ofegante e pulso acelerado, além de tontura e confusão mental. Por volta dos 40 °C, mesmo quem está em casa, sentado no sofá, pode passar mal, apresentar os mesmos sintomas e precisar de internação se o ambiente não for climatizado. O aquecimento do corpo provoca a dilatação dos vasos sanguíneos e reduz a pressão

arterial, obrigando o coração a funcionar mais para fazer o oxigênio chegar aos órgãos. O corpo também perde líquidos e sais minerais, o que complica o quadro. Já a exposição a temperaturas baixas por algumas horas costuma provocar alterações inversas, mas com efeitos semelhantes sobre a saúde. Os vasos sanguíneos se contraem e concentram o sangue nos órgãos internos. A pressão arterial e os batimentos cardíacos sobem e, se o corpo não se aquece e volta ao equilíbrio, o sistema cardiovascular pode entrar em colapso.

“O corpo humano funciona bem em uma faixa estreita de temperatura interna, em torno de 1 grau acima ou abaixo dos 36,5 °C. Fora dela, começa a haver problemas, mais graves em crianças, idosos e pessoas com doenças preexistentes”, conta a meteorologista e médica Mi-

cheline Coelho. Com mestrado e doutorado na área de sua primeira graduação, ela se formou depois em medicina e trabalha como pesquisadora colaboradora do Laboratório de Patologia Ambiental e Experimental (Lapae) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP) e na Universidade Monash, na Austrália. Em parceria com o patologista Paulo Saldiva, coordenador do Lapae, ela investiga a relação entre as condições atmosféricas e a saúde humana.

Saldiva e Coelho integram uma rede internacional de pesquisa que, na última década, começou a estimar o impacto dos dias mais quentes e mais frios na saúde das pessoas e na economia. Em um estudo recente, publicado na edição impressa de dezembro da revista *Environmental Epidemiology*, a dupla brasileira e pesquisadores de outros nove países calcularam a proporção de mortes que podem ser atribuídas aos extremos de frio e de calor em 13 nações da América Latina, além de três territórios ultramarinos franceses no continente, e o quanto representam em perdas financeiras.

As 69 localidades avaliadas estão situadas em países que vão do México ao Chile, incluindo o Brasil. Nelas, ao menos 408.136 pessoas morreram por causa do frio e 59.806 em decorrência do calor entre 1997 e 2019. Os óbitos pelas baixas temperaturas correspondem a 4,1% e os associados às altas a 0,6% dos 9,98 milhões de mortes notificadas nessas cidades no período. Combinadas, essas fatalidades geraram uma perda de cerca de US\$ 2,4 bilhões por ano, calculada com base no valor estimado para um ano de vida e no número de anos que cada pessoa teria vivido se alcançasse a expectativa média de vida de sua população. As perdas relacionadas ao frio variaram de US\$ 0,3 milhão ao ano, na Costa Rica, a US\$ 472,2 milhões ao ano, na Argentina. Associado a menos óbitos, o calor gerou prejuízos anuais que foram de US\$ 0,05 milhão, no Equador, a US\$ 90,6 milhões no Brasil (ver tabela na página 42).

O Brasil, a propósito, contribuiu com um dos maiores números de localidades e a série histórica mais longa. Aqui, em 18 cidades onde vivem mais de 30 milhões de pessoas (12 delas capitais), houve 3,86 milhões de óbitos de 1997 a 2018. Nesses 22 anos, 113.528 mortes ocorreram em consequência do frio e 29.170 do calor,

com perdas anuais que somaram US\$ 352,5 milhões, no primeiro caso, e os já citados US\$ 90,6 milhões, no segundo. “Um problema no Brasil é que, de modo geral, casas, escolas, hospitais e muitos locais de trabalho não estão preparados para enfrentar nem o frio intenso nem o calor elevado, que deve se tornar mais comum em muitas regiões do país como consequência das mudanças climáticas e das alterações no ambiente urbano”, conta a médica e meteorologista.

As mortes são apenas o efeito mais extremo e evidente das variações de temperatura. O frio e o calor, porém, geram prejuízos econômicos e afetam a qualidade de vida. Em um trabalho anterior, publicado em 2023 na revista *Science of the Total Environment*, Saldiva, Coelho e colaboradores haviam computado em quase US\$ 105 bilhões as perdas econômicas, em 510 cidades brasileiras, decorrentes do trabalho em condições térmicas inadequadas (muito quente ou frio) entre 2000 e 2019 (ver Pesquisa FAPESP nº 331).

Em estudos como esses, as temperaturas associadas a óbitos são as que mais se afastam do valor considerado confortável para a população de cada cidade. Essa é a chamada temperatura de mortalidade mínima (TMM): a temperatura média ótima, calculada a partir dos valores medidos ao longo do dia, na qual se registra o menor número de óbitos. No trabalho da *Environmental Epidemiology* de dezembro, a TMM da maior parte das cidades brasileiras ficou por volta dos 23 °C – ela foi mais baixa (21 °C) em Curitiba (PR), e mais alta (em torno de 28 °C) em Palmas (TO) e São Luís (MA).

Dias com valores muito inferiores ou superiores à TMM são considerados de temperaturas extremas. Não são muitos. Eles são os 2,5% dos dias do ano em que os termômetros registraram as menores marcas, nos extremos de frio, e os 2,5% de temperaturas mais elevadas, nos de calor. Os pesquisadores observaram que, para a maior parte das cidades, o gráfico que representa o risco de morrer para cada temperatura tinha a forma da letra U. Isso indica que a probabilidade de óbito aumenta à medida que a temperatura cai ou aumenta em relação à TMM. Muitas

vezes, o gráfico era em forma de U com o braço esquerdo levemente tombado, mostrando que o risco de morrer crescia mais rapidamente com o aumento do que com a queda da temperatura. Em Assunção, capital do Paraguai, por exemplo, onde a temperatura ideal era de cerca de 27 °C, uma elevação de 5 ou 6 graus fazia dobrar o risco de óbito, enquanto essa probabilidade aumentava 50% quando a temperatura ficava mais de 15 graus abaixo da TMM, embora uma proporção maior de pessoas morra de frio do que de calor.

O impacto da temperatura sobre a saúde varia de uma pessoa para outra – quem vive em regiões quentes geralmente está mais adaptado ao calor e vice-versa. Também depende do sexo, da idade e da existência de doenças crônicas, como asma ou hipotireoidismo, além do tempo disponível para se aclimatar à mudança. Ele é maior para crianças pequenas ou idosos, que enfrentam maior dificuldade em regular o calor corporal – com o avanço da idade, problemas de saúde e o uso de medicamentos se tornam mais frequentes e alteram o funcionamento do organismo, podendo agravar o efeito de temperaturas externas não ideais.

Em outro trabalho, publicado meses antes também na *Environmental Epidemiology*, Coelho, Saldiva e colaboradores avaliaram em qual faixa etária os dias de frio e calor mais extremos – correspondentes àqueles classificados entre o 1% de temperatura mais baixa ou alta, respectivamente – faziam mais vítimas fatais entre os adultos e quais as causas mais frequentes dos óbitos.

O estudo incluiu dados de 532 cidades de 33 países com renda média e alta e corroborou o que havia sido identificado em pesquisas menores anteriores. Os dias de frio extremo aumentaram, em média, em 22% o risco de morrer. A probabilidade cresceu à medida que a idade avançava, principalmente por óbito em consequência de agravos cardiovasculares e respiratórios. Problemas cardiovasculares foram os que mais contribuíram para um desfecho fatal nos dias gélidos. O frio elevou em 34% a probabilidade de morrer por problemas como infarto ou acidente vascular cerebral e em 27% por complicações respiratórias.

Já as jornadas escaldantes ampliaram em 11% o risco de óbito. Essa pro-

babilidade foi mais homogênea em todos os grupos etários e só cresceu de modo destacado acima dos 75 anos. No caso do calor, porém, a contribuição maior foi dos problemas respiratórios (asma, pneumonia e outros) do que dos cardiovasculares. Os primeiros elevaram em 22% o risco de morte nos extremos de calor. Já os problemas cardíacos e circulatórios aumentaram em 13%. Segundo os autores do estudo, a exposição a temperaturas muito altas ou baixas pode desencadear uma cascata de efeitos fisiopatológicos, que incluem aumentos na frequência respiratória e cardíaca, alterações na viscosidade e na coagulação do sangue, na pressão arterial, nos níveis de colesterol, além de respostas inflamatórias.

“Embora menor do que a causada pelo frio, a mortalidade relacionada ao calor vem se tornando mais significativa nos últimos anos”, afirma Saldiva. E ela deve se agravar nas próximas décadas se o aumento da temperatura média do planeta não for contido. Em um estudo publicado em 2017 na revista *The Lancet Planetary Health*, Saldiva, Coelho e colaboradores do consórcio Muti-Country Multi-City calcularam o comportamento futuro das mortes por extremos de frio e calor em diferentes regiões do planeta usando co-

mo base dados de 451 cidades – entre elas as 18 brasileiras – em 23 países.

Se os piores cenários se confirmarem, com aumentos de temperatura acima de 3 °C, as mortes associadas às altas temperaturas devem crescer acentuadamente em diferentes regiões do globo, enquanto as mortes por frio devem diminuir. As mais atingidas devem ser as Américas Central e do Sul, o centro-sul da Europa e o Sudeste Asiático, com as mortes por calor extremo aumentando de 2,5 a 14 pontos percentuais no período 2090-2099 em comparação com 2010-2019.

Nas Américas Central e do Sul, o impacto das mudanças climáticas no aumento dos dias quentes deve começar a ser visto bem antes. Entre 2045 e 2054, o número e a duração das ondas de calor devem dobrar na maior parte da região, mesmo no cenário de menor emissão e aumento de temperatura mais baixo, segundo artigo publicado em outubro na *Scientific Reports*, por um grupo internacional do qual participou o médico e epidemiologista brasileiro Nelson Gouveia, que também é da FM-USP, mas não fez

parte dos estudos de Saldiva e Coelho. Já no pior cenário, o número de ondas de calor pode crescer 12 vezes e a duração delas aumentar 9 vezes.

Além de o total de dias quentes vir aumentando nos últimos tempos – a década 2015-2024 concentra os anos mais quentes desde 1850 –, cada grau acrescentado a um dia de calor extremo eleva mais o risco de morrer do que a diminuição de 1 °C em uma jornada já muito fria. Na América Latina, o aumento no primeiro caso foi de 5,7%, enquanto no segundo ficou em 3,4%, constataram Gouveia e colaboradores em artigo publicado em 2022 na revista *Nature Medicine*. “Por causa dessa característica, a mudança na distribuição das temperaturas para níveis mais altos pode, pelo menos inicialmente, resultar em aumentos pronunciados no risco de mortalidade à medida que o calor extremo se torna mais frequente”, explica Gouveia.

No trabalho da *Nature Medicine*, os pesquisadores avaliaram a relação entre as temperaturas extremas e a mortalidade em 326 cidades da região (152 no Brasil). Assim como foi confirmado no estudo da *Environmental Epidemiology*, a relação entre a temperatura e a mortalidade na maioria das cidades é represen-

O impacto na América Latina

Mortes associadas ao frio e ao calor em 69 cidades de 13 países e 3 territórios da região nos períodos analisados

País	Número de cidades	Período avaliado	Mortes por todas as causas	Mortes por frio	Mortes por calor	Perdas por mortes por frio (em US\$ milhões)	Perdas por mortes por calor (em US\$ milhões)
Argentina	3	2005-2015	686.333	61.075	8.586	472,4	66,4
Brasil	18	1997-2018	3.895.158	113.528	29.170	352,5	90,6
Chile	4	2004-2014	325.462	23.128	2.018	198,9	17,4
Colômbia	5	1998-2013	956.539	47.826	4.465	145	13,5
Costa Rica	1	2000-2017	31.117	67	121	0,3	0,5
Equador	2	2014-2018	112.264	4.624	6	36,6	0,05
Guatemala	1	2009-2016	62.715	1.608	72	4,7	0,2
México	10	1998-2014	2.980.086	122.141	11.109	458,3	41,7
Panamá	1	2013-2016	11.457	80	142	1,6	2,8
Paraguai	1	2004-2019	48.037	3.297	672	5,8	1,2
Peru	18	2008-2014	633.137	15.141	986	87,9	5,7
Porto Rico	1	2009-2016	26.564	438	312	7,7	5,5
T. U. da França*	3	2000-2015	53.300	557	521	10	9,4
Uruguai	1	2012-2016	153.554	14.626	1.626	323	35,9
Total	69		9.975.723	408.136	59.806	2.104,7	290,85

*Territórios ultramarinos da França (Guiana Francesa, Guadalupe e Martinica)

FONTE TOBIAS, A. ET AL. ENVIRONMENTAL EPIDEMIOLOGY. DEZ. 2024



Banhistas em praia do Rio de Janeiro durante onda de calor em 2023 em que a temperatura atingiu 39,9 °C

tada por um gráfico em forma de U, com o risco de morte aumentando de forma mais gradual conforme as temperaturas diminuía, enquanto, acima da temperatura ótima, a probabilidade de morrer subia mais acentuadamente com o aumento de poucos graus. A elevação brusca no risco de morte com o calor foi mais evidente em cidades que regularmente registram temperatura média diária de

mais de 25 °C, como Buenos Aires, na Argentina, ou Rio de Janeiro, no Brasil.

Diante desse quadro, torna-se urgente a adoção e implementação de políticas públicas voltadas à mitigação e adaptação aos efeitos climáticos. Não é um alerta novo, mas as medidas já postas em prática são consideradas, por especialistas, lentas e insuficientes. Além disso, os valores prometidos pela comunidade

de internacional para a mitigação das mudanças climáticas durante a COP29, realizada em novembro no Azerbaijão, ficaram bem aquém do desejado e devem ser destinados à redução de emissões de gases de efeito estufa e a planos de adaptação em países mais pobres (*ver a reportagem* “Acordo de financiamento fechado na COP29 é considerado insuficiente”, *publicada em novembro no site de Pesquisa FAPESP*).

Em cada cidade, fatores locais, como o planejamento urbano inadequado, contribuem para elevar o impacto do aumento das temperaturas e dos eventos extremos (*ver Pesquisa FAPESP nº 346*). Anos atrás, o enfermeiro Wolmir Péres, hoje professor aposentado da Universidade de Pernambuco (UPE), e colaboradores compararam o efeito dos extremos de temperatura em Florianópolis e no Recife. Eles verificaram que a proporção de mortes atribuídas a temperaturas extremas foi mais alta na capital catarinense (5,8% para mortalidade geral) do que na pernambucana (1,8%), segundo os resultados, publicados em 2020 na revista *Climate*. A configuração urbana influenciou o efeito. “A construção de prédios à beira-mar, por exemplo, impede a circulação do vento, resultando em calor extremo nas áreas centrais. É preciso que o planejamento urbano considere essas repercussões”, propõe Péres. ●

	Proporção de óbitos por frio em relação ao total (%)	Proporção de óbitos por calor em relação ao total (%)
8,95	1,26	
3,04	0,78	
7,6	0,66	
5,24	0,49	
0,22	0,39	
4,33	0,01	
2,6	0,12	
5	0,45	
0,77	1,37	
6,92	1,41	
3,58	0,19	
1,71	1,22	
1,05	0,98	
9,64	1,07	

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

Desmoronamento de terra na Vila Sahy durante chuva intensa em fevereiro de 2023, desastre que matou mais de 60 pessoas em São Sebastião, no estado de São Paulo

IA contra deslizamentos

Modelos de aprendizado de máquina apontam áreas mais vulneráveis a desastres em São Sebastião

GISELLE SOARES

Técnicas de inteligência artificial (IA) podem ser úteis para apontar áreas mais propensas a deslizamentos de terra. Estudo publicado em outubro de 2024 no periódico científico *Natural Hazards Research* comparou a eficácia de cinco modelos baseados em algoritmos de aprendizado de máquina para identificar e prever os pontos do município de São Sebastião mais suscetíveis a esse tipo de evento. Segundo o artigo, de pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), um dos modelos, o Gradient Boosting, obteve precisão de 99,6% em mapear os trechos mais vulneráveis a deslizamentos. Com desempenho quase idêntico, o algoritmo Random Fo-

rest ficou em segundo lugar no ranking elaborado pelos autores do trabalho.

O estudo abrangeu o território de pouco mais de 400 quilômetros quadrados (km²) do balneário situado no litoral norte paulista, área sujeita a chuvas intensas e movimentação de solo vindo das encostas da serra do Mar. Entre 18 e 19 de fevereiro de 2023, durante o Carnaval, choveu mais de 600 milímetros (mm), o equivalente a dois meses, em São Sebastião. Houve deslizamentos de terra, desmoronamentos de casas, 2.400 pessoas foram desabrigadas e 64 perderam a vida. Para classificar o desempenho dos algoritmos, os resultados dos modelos foram comparados com mapas da região sobre as áreas mais sujeitas a essa forma de ocorrência.

Os algoritmos calculam o risco de ocorrer deslizamento em um lugar a par-

tir da análise de dados referentes a fatores ambientais associados a processos que influenciam a estabilidade do solo. Os principais elementos levados em conta são o grau de inclinação do terreno, umidade do solo, dissecação (fragmentação) do relevo e parâmetros geomorfológicos da região. “Os modelos de aprendizado de máquina permitem integrar diversas variáveis condicionantes e oferecem uma base robusta para criar mapas de suscetibilidade”, diz o especialista em sensoria-mento remoto Enner Alcântara, do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da Unesp, *campus* de São José dos Campos, autor principal do trabalho. “Eles possibilitam identificar padrões complexos que podem não ser evidentes em abordagens mais tradicionais.”

O algoritmo Gradient Boosting apresenta uma peculiaridade: combina abor-

dagens de vários modelos mais simples, especializados em cada uma das variáveis analisadas. Essa visão mais integrada indica que a declividade, a fragmentação do terreno e o índice de umidade do solo são os fatores que mais impactam na estabilidade de encostas. “Uma maior cobertura florestal foi associada a níveis menores de risco, enquanto áreas de pastagem apresentaram maior suscetibilidade a deslizamento”, comenta Alcântara.

Com base no modelo Gradient Boosting, foi gerado um mapa de suscetibilidade a deslizamentos em que os pontos de São Sebastião foram classificados em quatro categorias de risco: baixo (74,6% do território do município), moderado (15,8%), alto (7,9%) e muito alto (1,7%). Apesar da predominância de áreas de suscetibilidade pouco elevada, bolsões isolados de alto risco foram identificados em regiões ocupadas por cicatrizes abertas no solo por deslizamentos passados, como no Parque Estadual da Serra do Mar, perto da praia do Jukeí e na Vila Sahy. Na tragédia de fevereiro de 2023, a maior parte das mortes ocorreu nessa última localidade.

Outros trabalhos também destacam a vulnerabilidade de certos trechos de São Sebastião a esse tipo de ocorrência. Em

setembro de 2024, artigo publicado no *Brazilian Journal of Geology* identificou mil pontos de deslizamento de terra no município paulista por meio da análise de imagens aéreas feitas logo após o desastre de dois anos atrás. “Apesar de boa parte do território de São Sebastião ser relativamente segura, o risco de ocorrer deslizamento é realmente alto nas áreas mais vulneráveis”, comenta o geólogo Carlos Henrique Grohmann, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), um dos autores do trabalho.

Para Alcântara, um dos pontos fortes de modelos de aprendizado de máquina é a possibilidade de adaptação a diferentes regiões e cenários, desde que haja dados suficientes para abastecer os algoritmos. “Essa flexibilidade torna a IA uma ferramenta poderosa para países em desenvolvimento, onde os recursos para mitigação de desastres podem ser limitados”, pondera o pesquisador da Unesp. Estudos internacionais recentes têm explorado as potencialidades dos modelos baseados

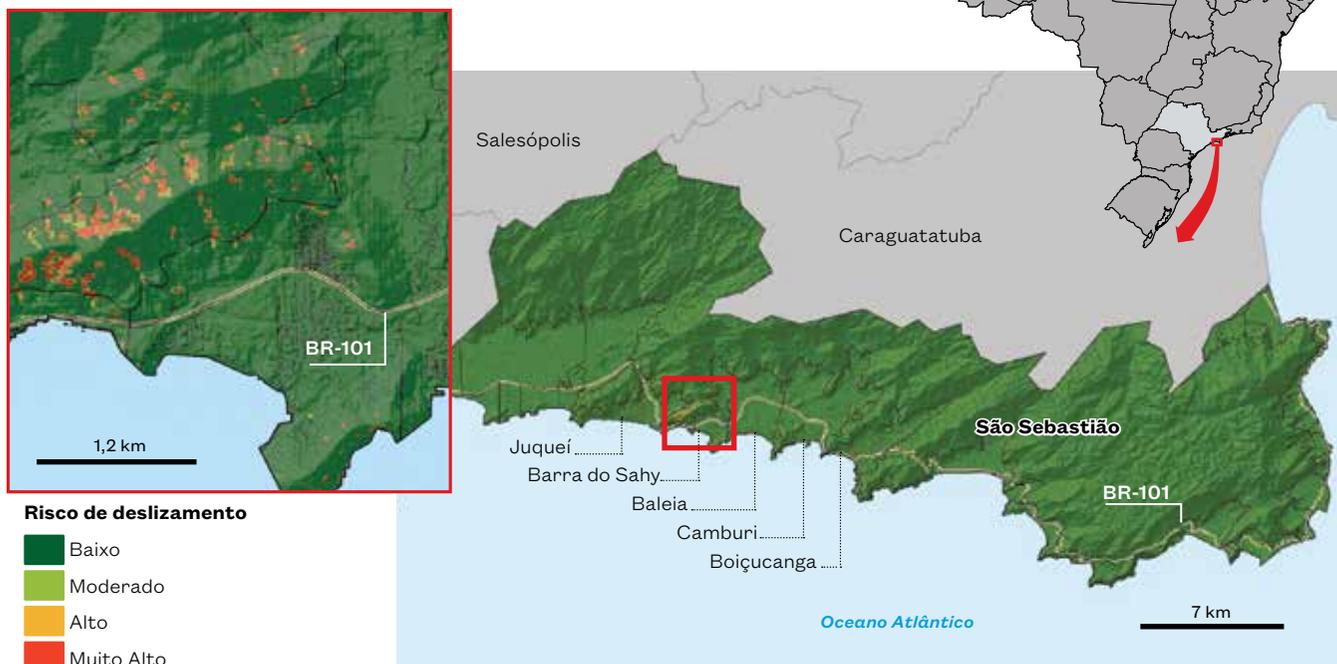
em aprendizado de máquina para mapear zonas propensas a deslizamentos em diversas partes do globo, como na cadeia do Himalaia, na Ásia, e nos Andes, na América do Sul.

Os desastres que ocorrem todos os anos em período de chuvas intensas motivam a busca por soluções que ajudem a prevenir mortes e prejuízos materiais. Em agosto de 2024, São Sebastião foi um dos 11 municípios brasileiros selecionados para os primeiros testes do Defesa Civil Alerta. Trata-se de um projeto-piloto criado pelo governo federal, em parceria com a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), que utiliza a rede de telefonia celular para emitir alertas sonoros, sem a necessidade de cadastro prévio e mesmo em celulares no modo silencioso, quando há risco iminente de desastre em sua área. “Dois anos após a tragédia, me sinto um pouco mais segura. Mas, mesmo com esse sistema de alertas, fico preocupada se tivermos uma chuva equivalente à de 2023”, comenta a líder comunitária Rosilene de Jesus Santos, conhecida como Nega Rose, moradora há 34 anos da Vila Sahy. ●

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

Pontos vulneráveis de São Sebastião

Quase 10% da área do município apresenta risco alto ou muito alto de deslizamentos de terra, como o trecho em destaque na Barra do Sahy



FONTE ALCÂNTARA, E. ET AL. NATURAL HAZARDS RESEARCH. 2024



A 600 km abaixo da superfície

Mapeamentos redefinem limites de estruturas rochosas mais antigas e profundas da América do Sul

CARLOS FIORAVANTI

Técnicas de tomografia semelhantes às usadas para examinar o interior do corpo humano expuseram uma inesperada fragmentação das camadas a até 600 quilômetros (km) abaixo da superfície terrestre. As imagens levaram à redefinição de limites, evidenciaram estruturas profundas sobre as quais havia apenas indícios e reforçaram a ideia de que mapeamentos superficiais não bastam para desenhar o esqueleto rochoso da América do Sul.

As imagens em diferentes profundidades são feitas a partir das análises de vários tipos de ondas geradas pelos tremores de terra, também chamados de sismos. Captadas inicialmente por aparelhos chamados sismógrafos, elas atravessam o interior da Terra em velocidades que variam de acordo com a densidade das rochas: a velocidade

é maior onde a litosfera – a camada sólida mais externa da Terra – é mais espessa e fria e menor onde é mais fina e quente. É uma forma de ver os limites dos chamados crátons, blocos de rochas com centenas a milhares de quilômetros de extensão, às vezes encobertos por rochas sedimentares ou solo. Formados geralmente entre 1 bilhão e 2 bilhões de anos, quando a Terra ainda era muito quente, constituem o arcabouço da estrutura geológica dos continentes, ao redor do qual se agregam outras estruturas rochosas (*ver Pesquisa FAPESP nº 188*).

Em um dos levantamentos mais recentes e abrangentes, detalhado em artigo publicado em novembro na revista *Gondwana Research*, a física mineira Bruna Chagas de Melo e colegas do Instituto de Estudos Avançados de Dublin, na Irlanda, mostraram que o cráton amazônico, até agora visto como uma estrutura única, ovalada,



O pico de Cabugi, em Angicos (RN), preserva a forma original de um vulcão que não teve forças para liberar o magma que subiu por frestas da litosfera mais fina

em meio ao qual corre o rio Amazonas, pode na realidade ter duas unidades, separadas lateralmente a cerca de 200 km abaixo da superfície.

Também de acordo com esse trabalho, os limites de outro cráton, o do São Francisco, são mais amplos e estão mais a sudoeste do que mapeamentos anteriores indicavam. Três unidades antigas da estrutura geológica continental, propostas pelo geólogo Umberto Cordani, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), no início dos anos 1980, ganharam contornos mais nítidos: o cráton do rio de la Plata, que abarca partes do estado do Rio Grande do Sul, do Uruguai e da Argentina e dois blocos cratônicos, assim chamados por estarem cobertos por bacias sedimentares, Parnaíba, no Piauí, e Paraná (ou Paranapanema), sob a bacia do rio Paraná, nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Conhecer melhor – em profundidades maiores – essa estrutura rochosa mais antiga ajuda a detalhar a evolução tanto geológica quanto biológica do continente, já que a cordilheira dos Andes, a oeste, à medida que se formava, inverteu o sentido dos rios, moldou a superfície e barrou a umidade do Atlântico, favorecendo o surgimento de novas espécies de plantas e animais, principalmente na região amazônica (ver Pesquisa FAPESP nº 334). Também ajuda a explicar a origem de províncias minerais, incluindo as áreas mais prováveis para encontrar diamantes, que se formam a pelo menos 150 km de profundidade, e reforça a história de paisagens, como as associadas ao vulcanismo, que ocorre em regiões de litosfera mais fina.

Principalmente a leste do Amazonas e sul do Pará, há quase 2 bilhões de anos havia dezenas de vulcões e rios de lava correndo sobre a superfície (ver Pesquisa FAPESP nºs 81, 174, 250). Em épocas mais recentes, o magma subiu também nas regiões ocupadas pela ilha de Marajó, no Pará, e Dourados, em Mato Grosso do Sul, e há canais de magma, embora inativos, sob os arquipélagos de Fernando de Noronha, Trindade e Martin Vaz.

Ainda há sinais explícitos de magmatismo, como o pico de Cabugi, em Angicos, no Rio Grande do Norte, com 590 m, que preserva a forma de um vulcão, e outros mais sutis. O município de Poços de Caldas, em Minas Gerais, por exemplo, cresce à beira da cratera de um vulcão, por onde subiu magma há cerca de 60 milhões de anos.

“A ascensão do magma só foi possível porque nessa região, entre o cráton do São Francisco e o bloco do Paranapanema, a litosfera era e ainda é mais fina. Litosfera mais fina significa que a astenosfera, a camada mais quente logo abaixo da litosfera, estava mais rasa, permitindo a fusão das rochas, entre 100 e 200 km de profundidade”, comenta o físico Marcelo de Sousa Assumpção, do Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da USP, e coautor do artigo na *Gondwana Research*. Ele estuda os movimentos da crosta desde meados dos anos 1970 (ver Pesquisa FAPESP nºs 53 e 256), foi o orientador de mestrado de Melo e apoiou para fazer o doutorado em um dos grandes centros internacionais de pesquisa em geofísica, na Irlanda.

Melo chegou a Dublin em dezembro de 2018 com o propósito de aplicar o método que seu orientador, o geofísico russo Sergei Lebedev, havia desenvolvido para analisar grandes quantidades de dados sísmicos, os registros das ondas geradas pelos tremores de terra. Em poucos meses, ela reuniu informações sobre cerca de 970 mil ondas

sísmicas, resultantes de cerca de 300 mil tremores, registrados por 9.259 estações sismográficas do mundo, incluindo as do Brasil, coletadas desde 1994, em profundidades de até 600 km.

“É uma quantidade de dados assombrosa, nunca vi uma coisa dessas”, admira-se o geólogo Reinhardt Adolfo Fuck, professor emérito da Universidade de Brasília (UnB), que estuda a evolução da litosfera no Brasil há 50 anos (*ver Pesquisa FAPESP nº 122*). “Tiveram um cuidado enorme em fazer as correções necessárias e excluir o que tinha de ser descartado.”

Seis meses depois, em um congresso em Viena, na Áustria, Melo apresentou as primeiras evidências de que o cráton amazônico seriam dois, um ao norte e outro ao sul do rio Amazonas. “Não vi o bloco inteiro em nenhuma profundidade”, ela comentou em novembro, revendo seu trabalho.

Com outra metodologia de análise de ondas sísmicas, menos dados – 112 tremores e 1.311 estações sísmicas – e uma profundidade máxima também menor, de 500 km, o geofísico Caio Ciardelli já havia levantado a possibilidade de as regiões mais profundas de cada lado do cráton terem afinado, em razão de movimentos do interior da Terra, e se rompido, como detalhado em seu doutorado, concluído em 2021 no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP, e em um artigo de janeiro de 2022 na *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. “O resultado de outras tomografias variava, mostrando ora continuidade, ora separação”, comenta Assumpção, que orientou o doutorado de Ciardelli, atualmente em estágio de pós-doutoramento na Universidade Northwestern, nos Estados Unidos. “Bruna desempatou o debate, ao mostrar que

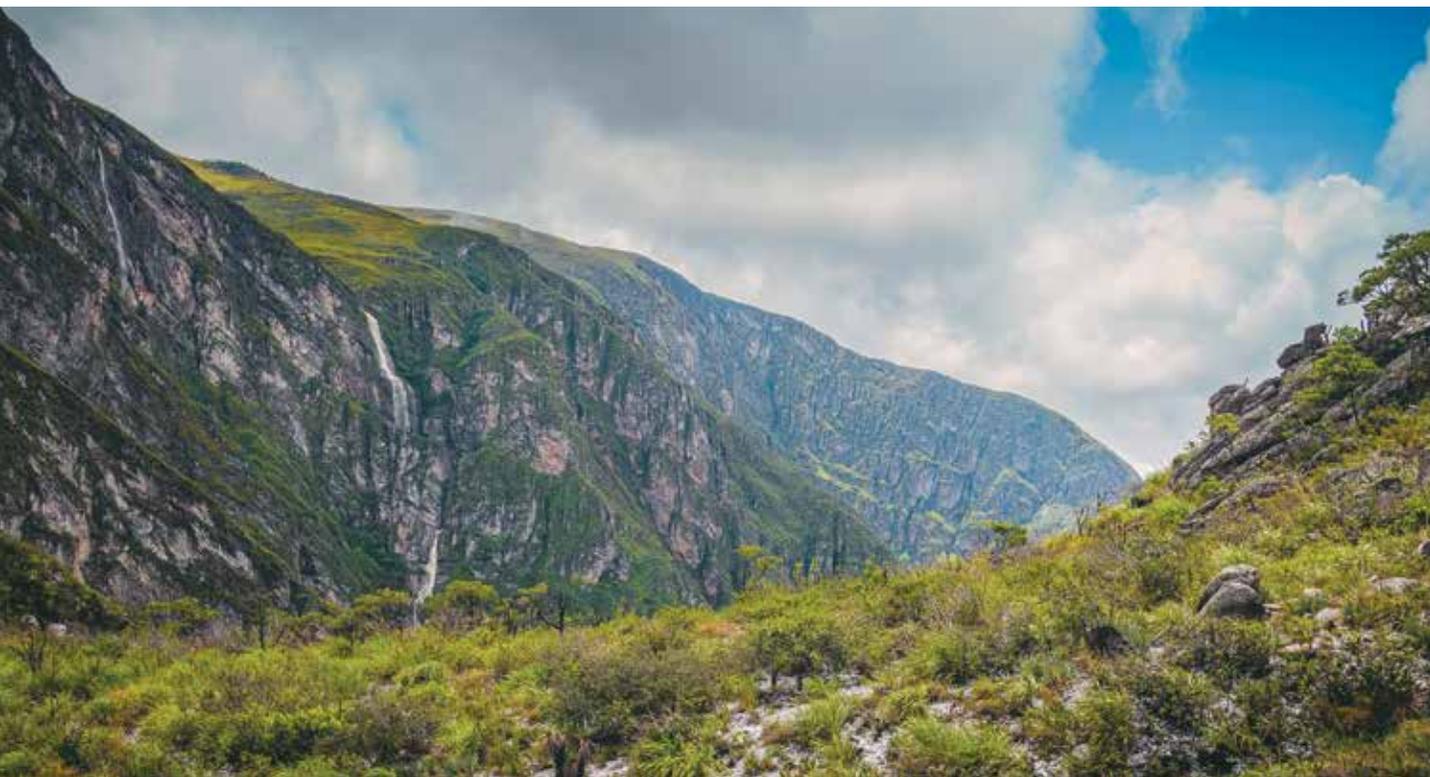
houve um afinamento ou um desgaste ao longo do rio Amazonas.”

O físico da UnB Marcelo Rocha, que trabalha com tomografia da litosfera desde 2001, discorda. “Não desempatou. Qualquer conclusão ainda é prematura, porque temos poucos dados sobre a região, uma das menos estudadas do Brasil. Ali, as estações sismográficas são poucas e estão a 800 ou mil km entre si”, diz. “Na verdade, o cráton amazônico não é um nem dois, mas muitos, com idades diferentes, variando de 3,1 bilhões a 1 bilhão de anos.” O fato de haver rochas com as mesmas idades de cada lado, como verificado há décadas pelos geólogos, indica que o cráton já deve ter sido um bloco único, que, em algum momento, se separou em dois, ao menos na superfície, abrindo um vale que seria ocupado pelo rio Amazonas.

O grupo de Dublin argumenta que o magma pode ter subido em pelo menos dois períodos, entre cerca de 550 milhões e 200 milhões de anos, por uma fenda – ou rift – em uma região de litosfera mais fina, próxima a Manaus, e separado as duas partes do cráton. Rocha, novamente, discorda: “A ruptura não se completou, atravessando todo o cráton, de leste a oeste”. Fuck reforça: “A ruptura não progrediu, formando um mar entre os dois blocos, mas deu origem às bacias sedimentares do Amazonas e do Solimões”.

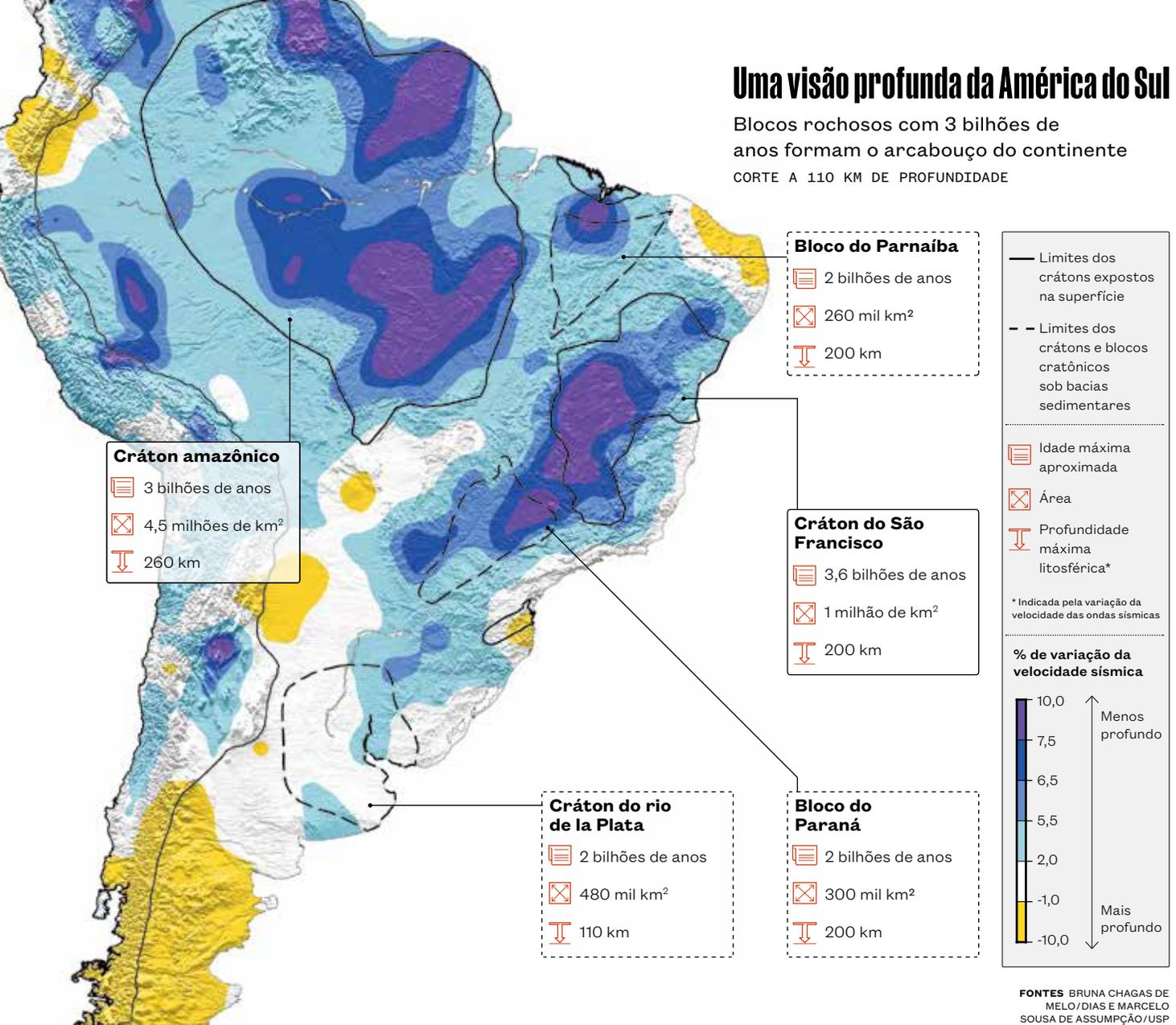
Melo replica: “Não sabemos o formato e a extensão exata do rift ou se a litosfera já era segmentada previamente, facilitando a sua propagação em certa direção”.

A serra do Espinhaço, que se estende por cerca de mil km nos estados de Minas Gerais e Bahia, marca o limite leste do cráton do São Francisco



Uma visão profunda da América do Sul

Blocos rochosos com 3 bilhões de anos formam o arcabouço do continente
CORTE A 110 KM DE PROFUNDIDADE



Com a equipe de Dublin, ela redefiniu também os limites e o formato do cráton do São Francisco, limitado, a leste, pela serra do Espinhaço, que se estende por cerca de mil km nos estados de Minas Gerais e Bahia, com altitude máxima de 2.072 m. Nessa nova versão, em vez de um bloco único, como indicado por medições geológicas superficiais, o cráton aparece mais alongado, com uma região central mais profunda ao centro e duas menores, a nordeste e a sudoeste.

Na tomografia, por causa do limite de resolução, o bloco cratônico Paranapanema poderia estar colado ao cráton do São Francisco, mas ainda não está claro. “O maior bloco logo ao sul do cráton do São Francisco está muito próximo do bloco central para a tomografia conseguir separar os dois”, diz Melo. Nas análises do cráton do São Francisco feitas pelo grupo de Rocha e publicadas em julho de 2019 no *Geophysical Journal International*, os dois blocos aparecem separados.

Outra divergência: Ciardelli identificou o bloco Paranapanema como único, ao passo que Melo o viu fragmentado. As conclusões divergem por causa da abordagem metodológica, já que as análises se apoiaram em diferentes ondas sísmicas, mais adequadas para definir a profundidade ou a largura dos blocos da litosfera. “Provavelmente vamos demorar alguns anos até concluirmos qual é o melhor modelo de análise de dados geofísicos”, contemporiza Rocha.

A despeito das incertezas e das medições indiretas, tais estudos representam um avanço, ao indicar o provável formato de blocos de rochas a centenas de quilômetros da superfície, muito acima da capacidade de observar diretamente o interior da Terra. O poço mais profundo, perfurado de 1970 a 1989 na península de Kola, na Rússia, tem 12,2 km. ●

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

Um problema oculto em ascensão

De 2013 a 2022, notificações de violência sexual contra meninos cresceram no Brasil ao ritmo de 6,8% ao ano

MARIANA CECI — ilustração NATÁLIA GREGORINI

Pouco se fala, mas a violência sexual contra meninos e adolescentes do sexo masculino existe e cresceu em ritmo acelerado no Brasil na última década. Dados divulgados em 2024 pelo Ministério da Saúde indicavam que 13,6% das vítimas dos quase 203 mil casos registrados de 2015 a 2021 haviam sido meninos e rapazes com idade entre 0 e 19 anos. Agora, a análise de um período mais longo realizada por pesquisadores da Universidade Federal do Piauí (UFPI) revelou que a violência sexual contra esse grupo aumentou de 2013 para cá ao ritmo de 6,8% ao ano.

A equipe liderada pelo enfermeiro José Wicto Pereira Borges identificou essa taxa de crescimento ao analisar os casos registrados no Sistema de

Informação de Agravos de Notificação (Sinam), do Ministério da Saúde, entre 2013 e 2022 – a década mais recente da qual havia dados completos (*ver gráfico na página ao lado*). No trabalho, publicado em outubro na revista *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, a também enfermeira Beatriz Leão Lima e colaboradores contabilizaram quantos casos ocorreram a cada ano e os municípios em que foram reportados. Além da idade das vítimas, foram considerados o vínculo delas com o agressor e o local em que foi cometida a violência (casa, escola, via pública, entre outros). Com base nas estimativas populacionais do Censo de 2022 e no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) estimado pelo Censo de 2010, os pesquisadores calcularam as taxas de violência em diferentes grupos etários e regiões do país ao longo dos anos.

No período avaliado, foram notificadas 39.967 ocorrências de violência sexual contra meninos e adolescentes do sexo masculino, definidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como qualquer ato ou tentativa sexual contra uma pessoa usando coerção física ou ameaça, chantagem e intimidação. A maior parte dos casos (41,3%) teve como vítima crianças com idade entre 5 e 9 anos. O segundo grupo mais atingido, somando 25,7%, foi o da faixa etária de 1 ano a 4 anos e o terceiro (23,1%) o dos pré-adolescentes e adolescentes com idade variando de 10 anos a 14 anos.

Os dados indicam que, entre 2013 e 2022, houve um crescimento no total de notificações em todos os grupos etários – o ritmo médio de incremento foi de 6,8% ao ano. Esse aumento, no entanto, foi mais acentuado nos dois extremos de idade: subiu à taxa média de 10,4% ao ano entre os bebês menores de 1 ano e de 11,6% entre os adolescentes de 15 a 19 anos (ver gráfico na página 52).

A região Sudeste, a mais populosa do país, concentrou a maior proporção de notificações (44,2% do total), seguida da Sul (23,4%) – a Sudeste também registrou a maior variação anual, crescendo 9,5% ao ano no período. Nos anos mais recentes, houve um aumento importante na região Norte, nos estados do Amazonas, Pará e em Roraima, em especial nos municípios com baixo IDH. Para os autores, nessas áreas, o baixo grau de desenvolvimento socioeconômico pode estar associado à exploração sexual e a outras formas de violência.

No caso do Sudeste, o aumento de notificações, segundo os pesquisadores, pode ser, ao menos em parte, consequência de um sistema de vigilância mais presente e atuante. “Houve uma melhora do sistema de vigilância e notificação, que pode ter contribuído para o crescimento dos registros”, afirma Lima, a primeira autora do artigo.

Assim como acontece com as meninas, a violência sexual que acomete os meninos ocorre em um ambiente conhecido – e que, em princípio, deveria ser seguro – e é cometida por alguém próximo. Dois de cada três casos (especificamente 62,4%) se deram na casa da própria vítima. Os outros locais mais comuns, mas com uma frequência bem mais baixa, foram a escola (5,8%) e as vias públicas (5,5%). O agressor era um conhecido da família em 35,3% dos casos e em 28,7% um parente – só um em cada 10 casos o autor era um desconhecido. “O fato de esse tipo de violência acontecer no lar e ser cometido por conhecidos ou familiares contribui para criar um pacto de silêncio e gerar subnotificação”, explica o psicólogo Cássio Miranda, da UFPI, coautor do estudo.

A subnotificação, aliás, é um fenômeno comum tanto na violência sexual cometida contra meninas quanto na praticada contra meninos. No caso feminino, evidências de que o registro é menor do que a ocorrência foram identificadas anos atrás pela pediatra Stella Taquette, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Em um estudo publicado em 2021 na *Revista de Saúde Pública*, ela e colaboradores confrontaram o número de gestações de meninas com 13 anos ou menos entre 2012 e 2018 – sexo com menores de 14 anos é classificado como estupro de vulnerável pela legislação brasileira – com o total de casos de abuso sexual registrados. No período, 136,3 mil garotas com 13 anos ou menos engravidaram, embora apenas 45,6 mil casos de abuso sexual na faixa etária dos 10 aos 13 anos tenham sido notificados.

No caso masculino, não se conhece a magnitude da subnotificação, mas sabe-se que ela é influenciada por barreiras culturais. “Nossa sociedade busca preservar, mesmo na infância, um ideal de masculinidade que impede os homens

Em crescimento

Evolução dos registros entre 2013 e 2022



FONTE: LIMA, B. C. L. ET AL. EPIDEMIOLOGIA E SERVIÇOS DE SAÚDE, 14 OUT 2024

Subida generalizada

Ritmo de aumento dos casos por faixa etária

TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL (2013-2022)



FONTE LIMA, B. C. L. ET AL. EPIDEMIOLOGIA E SERVIÇOS DE SAÚDE. 14 OUT. 2024

de relatarem que sofrem esse tipo de violência”, afirma Miranda. Segundo o pesquisador, no que se refere ao sexo masculino, o mais comum é que sejam notificados apenas os casos mais graves, que exigem atendimento médico e podem ser identificados por profissionais da saúde. “Os que não deixam marcas físicas muitas vezes não chegam a ser denunciados”, conta o psicólogo.

A equipe da UFPI também relata que, apesar de o tema ser mais discutido nos últimos anos, ainda há lacunas importantes no atendimento de meninos e adolescentes do sexo masculino vítimas de violência sexual no sistema de saúde. As lacunas vão da ausência de locais para acolhimento e escuta, como uma sala privativa, o que já existe para as mulheres, a falhas no preenchimento de informações nas fichas de notificação, como dados sobre a repetição do abuso.

“Essas informações seriam cruciais para compreender melhor os padrões da violência e verificar, por exemplo, se os adolescentes mais velhos tendem a notificar menos a sua ocorrência”, diz Borges, da UFPI. Há uma razão para a suspeita. “Quanto mais a violência se perpetua, mais natural ela pode se tornar para a vítima, o que pode contribuir para o silêncio”, explica.

O psicólogo Denis Gonçalves Ferreira, do Núcleo de Pesquisa em Direitos Humanos e Saúde da População LGBT da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, afirma que são necessários estudos para conhecer melhor a necessidade dos meninos e adolescentes vítimas de violência

sexual, o que permitiria planejar melhores estratégias para acolhê-los e prevenir essa forma de agressão. Ferreira é autor de um estudo publicado em 2023 na *Revista de Saúde Pública* que avaliou 53 artigos sobre violência sexual contra meninos e homens brasileiros. Os trabalhos indicaram que essa forma de agressão contra os meninos começa mais cedo e dura mais tempo do que a que ocorre com as meninas (ver Pesquisa FAPESP nº 336). Também mostraram que ela está associada a desfechos como transtorno de estresse pós-traumático, ideação suicida, uso abusivo de drogas, isolamento social e psicose. “Nossa sociedade não habilita emocionalmente meninos e homens para lidar com situações de fragilidade, então é muito difícil eles se perceberem em situação de violência e denunciarem”, afirma Ferreira.

Crianças e adolescentes que sofrem violência sexual costumam apresentar alterações de comportamento que podem servir como um sinal de alerta para os pais e responsáveis. Entre as crianças menores, as mudanças mais comuns são choro sem motivo aparente, irritabilidade frequente, apatia e desconforto ao ser abraçado, além de atrasos e dificuldades no desenvolvimento da fala e distúrbios no sono. Já as maiores podem desenvolver comportamentos obsessivos, de autoagressão, desejos de morte ou até tentativas de suicídio.

“A principal forma de prevenir esse tipo de violência é a partir da informação. É imprescindível educar as crianças e os adolescentes para que compreendam o que é sexualidade e os direitos que têm, além de ensiná-los a reconhecer a violência sexual, como se dá o aliciamento e a buscar ajuda de um adulto de confiança em situações suspeitas ou de risco”, afirma a pedagoga e fonoaudióloga Andreza de Castro Leão, da Universidade Estadual Paulista (Unesp) em Araraquara, que analisou ações de prevenção à violência sexual infantojuvenil em sua tese de livre-docência. Para ela, o enfrentamento à violência sexual exige mudanças culturais, especialmente no que se refere às construções sociais de gênero, tanto entre crianças e adolescentes quanto entre profissionais da educação e da saúde, que, muitas vezes, são os primeiros a identificar e acolher as vítimas.

Leão lembra, contudo, que a proteção de crianças e adolescentes não é responsabilidade exclusiva da escola, dos profissionais da saúde ou da rede de proteção. Segundo o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), todo cidadão tem o dever de notificar casos suspeitos ou confirmados de violência contra menores de 17 anos. “A responsabilidade de protegê-las”, afirma, “é da sociedade como um todo, e não delas mesmas”. ●

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

Culturas mantidas a 30°C (colunas 1 e 3) comparadas às imersas em água com gelo por duas horas (colunas 2 e 4): as da direita foram “avisadas” do frio por uma iluminação de inverno

Um relógio biológico surpreendente

Cianobactérias vivem cerca de um dia, mas conseguem se preparar para mudanças de estação

MARIA GUIMARÃES

É difícil imaginar que o corpo (humano ou de qualquer ser vivo) possa reagir preventivamente a uma escala de tempo muito superior à própria vida, preparando-se, por exemplo, do ponto de vista fisiológico às temperaturas que se prevê vigentes daqui a alguns séculos. No entanto, é um pouco o que fazem linhagens usadas em laboratório de cianobactérias da espécie *Synechococcus elongatus*, seres unicelulares que vivem de luz, fazendo fotossíntese, e cujo ciclo de vida tem cerca de um dia, segundo revelou a bióloga brasileira Maria Luísa Jabbur, pesquisadora do Centro John Innes, no Reino Unido, em artigo publicado em setembro na revista *Science*. Quando as bactérias são “avisadas” da

chegada do inverno, logo se preparam – mesmo que a chegada do frio só venha a acontecer várias gerações adiante.

Jabbur estuda o relógio biológico nessas cianobactérias desde o estágio de graduação, como parte do antigo programa brasileiro Ciência sem Fronteiras, na Universidade de Vanderbilt, nos Estados Unidos. “As cianobactérias são um modelo excelente para ritmos circadianos, e durante um bocado de tempo o foco da pesquisa com elas foi voltado para questões mecânicas e evolutivas, que são muito mais facilmente estudadas nelas do que em eucariotos”, conta. “Acho que a questão fotoperiódica foi deixada de lado.” Quando se deu conta dessa lacuna em estudos sobre o relógio interno das cianobactérias em um tempo mais alargado, já no doutorado e de volta à Vanderbilt, ela propôs um experimento ao orientador, o biólogo norte-americano Carl Johnson, que nos anos 1990 participou da identificação de três genes (*kaiA*, *kaiB* e *kaiC*) envolvidos no relógio circadiano desses organismos, junto com os biólogos japoneses Takao Kondo e Masahiro Ishiura, da Universidade de Nagoya, e a bióloga molecular norte-americana Susan Golden, da Universidade da Califórnia em San Diego.

A proposta pareceu absurda, mas o pesquisador não barrou a criatividade da aluna, sendo coerente com o aviso que mantinha em um papelzinho grudado na porta de sua sala: “O progresso é feito por jovens cientistas que fazem experimentos que os velhos cientistas dizem que não funcionariam”.

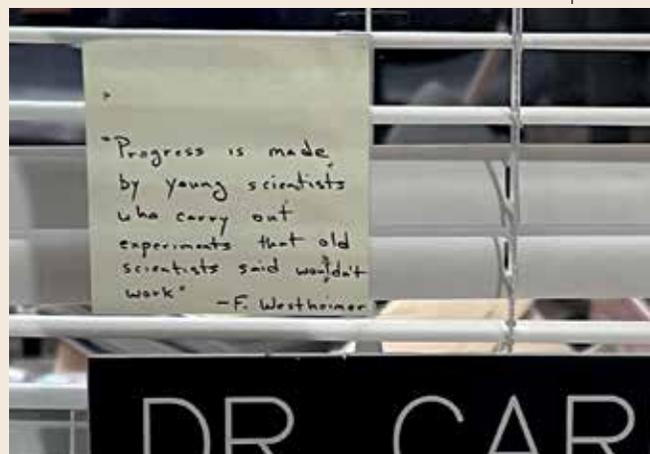
“Eram necessários poucos reagentes, só o que eu tinha a perder era meu próprio tempo; calculei que seria entre uma e duas semanas, então valia a pena”, relembra Jabbur. Deu certo de primeira e bastou uma semana para voltar com a resposta em duas placas de Petri, de acordo com reportagem publicada na *Quanta*, revista norte-americana de jornalismo científico, em outubro. Ambas exibiam pontos verdes que eram as colônias bacterianas e tinham sido mergulhadas em água gelada para simular a chegada do inverno, mas uma delas tinha sido mantida em dias característicos do verão, com mais horas de luz do que de escuridão, até ser exposta ao frio. A outra continha descendentes de uma linhagem de bactérias que tinha sido “avisada” da chegada do inverno por uma mudança nas condições luminosas que envolviam mais horas no escuro. Essa segunda tinha pontos verdes mais abundantes, sinais indiscutíveis de sobrevivência e reprodução, criando colônias mais vicejantes. Parecia um contrassenso, afinal esses organismos fabricam seu alimento a partir da luz.

O resultado valeu refazer o experimento com um olhar mais detalhado, com três grupos de cianobactérias expostas por oito dias a tratamentos distintos, que refletem as estações bem marcadas, típicas de zonas temperadas: oito horas de luz e 16 de escuridão a cada dia, simulando o inverno; o mesmo tempo de luz e de escuridão, um quadro de meia estação; e iluminadas por 16 horas, como se fosse verão, sempre em 30 graus Celsius (°C), a temperatura preferida por essas bactérias. Nessas condições, as gerações dos microrganismos se sucediam até que a pesquisadora colhesse amostras que punha no gelo dentro de tubinhos de plástico. “De tempos em tempos eu tirava algumas gotas do meio de cultura com bactérias no gelo e punha em placas novas para avaliar quantas células tinham sobrevivido”, relembra Jabbur. Por volta de cinco dias depois, as bactérias tinham se reproduzido o suficiente para que fosse possível contar os pontos verdes: eles eram três vezes mais abundantes nas que receberam iluminação de inverno, indicando que as gerações anteriores teriam se adaptado às condições de frio, ainda que não tivessem sido expostas a elas. O projeto, que era uma curiosidade lateral, acabou se tornando o foco principal de seu doutorado e lhe garantiu destaque na área. “É um resultado que as pessoas associam a mim.”

RELÓGIO MODELO

De acordo com a física Gisele Oda, coordenadora do Laboratório de Cronobiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP), as cianobactérias tiveram um papel central na evolução do conhecimento da cronobiologia por terem desbancado, desde os anos 1980, a arraigada noção de que o relógio biológico estaria presente somente em organismos com núcleos celulares organizados, ausentes nesses microrganismos. “Com elas, demonstrou-se que todos os seres vivos, mesmo os unicelulares, com e sem núcleos nas células, têm ritmos circadianos”, con-

Bilhete na porta de Carl Johnson garantiu à estudante a liberdade de fazer experimento inusitado





Cianobactérias cultivadas em placas de Petri foram expostas a diferentes condições luminosas para simular as estações

ta a pesquisadora, que não participou do estudo, mas conheceu Jabbur quando esta cursava a graduação no IB-USP.

Oda estuda como roedores subterrâneos, os tuco-tucos, distinguem dias longos de dias curtos mesmo passando boa parte do tempo sem ver luz (ver Pesquisa FAPESP nº 261). “As cianobactérias surpreenderam mais ainda porque apresentam sazonalidade, e ainda por cima conseguem determinar que o dia é mais longo no verão do que no inverno, sendo que cada indivíduo pode viver menos do que um dia inteiro”, compara. “Pensávamos que seria necessário viver no mínimo 24 horas para poder dizer que o dia é mais longo do que a noite no verão.”

O biólogo Carlos Hotta, do Instituto de Química (IQ) da USP, coordena um grupo especializado na investigação dos ritmos circadianos das plantas e também se declara surpreso com o fato de bactérias terem um mecanismo para perceber um espaço de tempo tão grande. Ele não participou do estudo e define o relógio biológico das cianobactérias como completamente distinto dos outros organismos, com um oscilador central que define o ritmo com base apenas em proteínas e suas interações, além de meios de detectar o ambiente e levar a informação ao organismo.

Jabbur explica que essa espécie tem cerca de 2.700 genes, entre os quais os três identificados por Johnson e colaboradores. A cada dia, *kaiC* passa por um processo químico de ganho e perda de moléculas com fósforo, em consequência de interações entre *kaiA* e *kaiB*. Esse movimento de fosforilação e desfosforilação é sincronizado com o dia e a noite e se dá por meio de reações químicas cíclicas que dependem só das proteínas, sem

a necessidade de ativação continuada dos genes e de transcrição gênica.

Do ponto de vista do laboratório, esse sistema químico baseado em proteínas significa que os experimentos podem ser feitos de forma simplificada dentro de tubos de ensaio, sem a presença das células propriamente ditas. “Isso torna esse sistema especialmente bom para o estudo cronobiológico e nos permite, por exemplo, deixar o relógio parado em uma parte do ciclo”, diz a pesquisadora, que depois do doutorado se estabeleceu no Reino Unido no laboratório do biólogo britânico Antony Dodd, que investiga como a regulação circadiana afeta a adaptação de plantas e microrganismos às flutuações ambientais.

Ela verificou que, quando expostas a dias curtos, as cianobactérias mudam a composição de sua membrana, com dobras nos fosfolipídios que a tornam menos rígida, um processo conhecido como dessaturação. “Elas fazem isso de forma antecipatória.” Com a membrana mais permeável, aumentam as trocas de moléculas entre as células e o meio, o que contribui para a sobrevivência no inverno.

“Para as plantas, a capacidade de prever as estações é fundamental e envolve a definição de quando produzir flores ou perder as folhas”, compara Hotta. Quem não tiver a capacidade de saber a hora do dia e a estação do ano está em desvantagem evolutiva. Mas para entender que um organismo esteja preparado para lidar com algo que excede em muito seu tempo de vida, é preciso mudar o ponto de vista evolutivo para uma visão de que a seleção natural atue sobre a linhagem, e não sobre a bactéria individual, afirma o artigo na *Science*.

O estudo reforça a noção do fotoperiodismo como um fenômeno muito antigo e fornece um modelo para estudar seus mecanismos e sua evolução. De antiguidade evolutiva, aliás, as cianobactérias entendem: esse tipo de organismo existe há cerca de 3,5 bilhões de anos e contribuiu para criar a possibilidade de vida na Terra, ao produzir grandes quantidades de oxigênio por meio da fotossíntese.

“Queremos usar as cianobactérias como modelo para entender como respostas fotoperiódicas podem evoluir diante da mudança climática: basicamente dar para elas um cenário como o que se prevê para 2100 e ver como evoluem depois de alguns anos sendo expostas a essas condições”, propõe Jabbur. As soluções usadas por elas podem, por exemplo, guiar o cultivo de plantas alimentícias de forma mais produtiva. ●

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

Onde as onças bebem água



Monitoramento usando colares com equipamento localizador permite descrever como grandes felinos usam o espaço e ajuda a nortear conservação da biodiversidade

GUILHERME COSTA

Um estudo que monitorou 54 onças-pintadas (*Panthera onca*) por florestas, áreas agrícolas, estradas e cursos d'água, em diferentes regiões da América do Sul, indicou que os felinos saem da mata fechada e voltam frequentemente às bordas de floresta e de áreas agrícolas. “As onças agem assim provavelmente para caçar, mas preferem fragmentos maiores da floresta, que é onde permanecem mais tempo”, diz a bióloga boliviana Vanesa Bejarano Alegre, que fez o trabalho como parte de seu doutorado, encerrado em 2023, na

Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de Rio Claro.

A pesquisadora é a primeira autora de um artigo publicado em dezembro na revista *Perspectives in Ecology and Conservation*. “A onça tem um papel importante de equilíbrio do ecossistema, a presença dela ajuda a regular a reprodução de algumas espécies”, explica Alegre. “Se há onça, significa que há água limpa, plantas, insetos e uma cadeia ecológica funcional.”

Os animais foram monitorados por colares GPS, com registros de dados a cada quatro horas, em 12 áreas de estudo, onde Alegre marcou o tempo em que os animais passavam em um raio de 250 metros de cada localização, o quanto revisitavam

os locais, a velocidade de movimentação e o momento da última visita. Para assegurar o bem-estar, as coleiras não pesam mais que 3% do peso do animal (no Pantanal, uma onça adulta pode chegar a 140 quilos). “Capturar os animais é o problema, porque eles têm um território grande; mesmo os menores podem chegar a 40 quilômetros quadrados”, explica o médico-veterinário Ronaldo Morato, diretor da organização não governamental Panthera, que trabalha na conservação de felinos, e coautor do artigo.

Para instalar os colares nos animais, é utilizada uma armadilha em forma de laço. “Quando o animal pisa, prende o pé e aciona um alarme”, explica Morato.



Noca, no Pantanal, foi uma das primeiras a receber colar, em 2010

dados pública com 134.690 localizações de 117 onças-pintadas monitoradas por GPS em cinco países da América do Sul. Alegre selecionou dessa base 54 animais cuja movimentação permitira o monitoramento com mais regularidade.

ANDANÇAS VIGIADAS

O tempo em cada área florestal mostra que, seja por alimentação ou abrigo para si ou suas presas, as matas são fundamentais na conservação das onças. “O que temos visto é que, cada vez mais, esse animal está ficando acuado em função da perda de vegetação com a expansão urbana e agropecuária”, aponta o biólogo Rogério Cunha de Paula, que coordena o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros (Cenap), do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). “Daí a importância de trabalhos como esse, que conjuga dados de imagem de satélite com os de GPS e demonstra essa grande dependência da onça em relação ao habitat de maior qualidade.”

O Brasil abriga a maior população mundial de onças-pintadas, que já estiveram presentes em todos os outros biomas – atualmente já não é vista no Pampa. Um artigo publicado em 2018 na revista *PLOS ONE*, que ainda é referência nos estudos sobre a distribuição geográfica desses animais no país, mostra uma ocorrência concentrada no Pantanal e na Amazônia. Nos demais biomas, há somente manchas isoladas.

Um problema dessas regiões onde só estão disponíveis trechos restritos de floresta é que os fragmentos podem não ser suficientes para abrigar machos que migram a partir de seus grupos natais, que em alguns casos acabam sozinhos em áreas distantes e muito reduzidas. “Eles buscam um novo território e vão viver lá até morrer, porque não conseguem se reproduzir”, avisa De Paula. “Esse é um grande risco, porque temos poucas áreas adequadas e as populações já estão há algumas décadas em um ritmo de declínio e a caminho de extinção local.”

Para evitar a multiplicação desse cenário, é necessária a criação de corredores ecológicos conectando fragmentos florestais, inclusive aqueles em propriedades rurais, além da definição de estratégias de mitigação de conflitos. Segundo Alegre, ao se traçar áreas priori-

tárias de conservação, é preciso pensar em zonas de amortecimento a partir de recursos sustentáveis, como as agroflorestas, e com uma gestão cuidadosa das estradas, inclusive as de terra, no interior das propriedades. “O que percebo nesse estudo, e em outros que fizemos, é que um dos maiores impactos para as onças é a estrada, porque ela frequenta esses caminhos, seja para se deslocar melhor, seja porque pode encontrar presas mortas por atropelamento.”

Os corredores ecológicos evitariam o atropelamento das próprias onças, inclusive. Ainda que a quantidade de mortes seja difícil de precisar, o Cenap tem recebido mais notificações nos últimos anos. “Temos cada vez mais registros de atropelamento de onças, especialmente no arco do desmatamento”, enfatiza Rogério de Paula, referindo-se à região na borda sul e sudeste da floresta amazônica brasileira. “São locais que os bichos usavam e, de repente, viraram vias de acesso, como vias pavimentadas ou estradas secundárias que vão sendo abertas para o escoamento de produção agrícola.”

O estudo liderado por Alegre revela que as onças se movimentam mais rapidamente próximo a estradas, evitando permanências prolongadas nessas áreas. “Isso sugere um comportamento de evitamento de risco”, explica a pesquisadora. Por outro lado, o deslocamento é mais lento próximo a cursos d’água, locais que as onças revisitam com frequência.

Para o biólogo Ricardo Boulhosa, esse achado valida uma máxima comum para a conservação de habitats e planejamento ambiental. “Sempre dizemos que é preciso água e mata para ter onça-pintada, e esse trabalho comprova isso. É um estudo que dá um refinamento sobre a ecologia desses animais e orienta o manejo de áreas de agropecuária.” Boulhosa é pesquisador do Instituto Pró-carnívoros, organização sem fins lucrativos que há quase 30 anos promove a conservação dos mamíferos carnívoros neotropicais e de seus habitats. Assim como Rogério de Paula, ele não participou do estudo. ●

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

Intrusos em tocas de tatu

Roedores usam como abrigos temporários buracos escavados por outras espécies

ENRICO DI GREGORIO



A imagem feita por uma armadilha fotográfica no Pantanal capta o momento em que um roedor entra, acelerado, na toca aberta por um tatu. Passam-se 30 minutos sem que nenhum outro animal se aproxime, até que uma jaguatirica é registrada. O pequeno felino se aproxima da toca, fareja o ar próximo à entrada e vai embora. O roedor continua dentro do buraco, temporariamente seguro.

Essa é uma amostra das imagens das centenas de fotos capturadas por pesquisadores em uma reserva particular do Patrimônio Natural em Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. Por pouco mais de dois meses, os pesquisadores acumularam fotos de vários animais interagindo com as tocas de tatu, com o objetivo de entender o papel desses buracos na biodiversidade do Pantanal, conforme registrado em artigo publicado na revista *Mammalian Biology* em outubro.

“De início, estávamos buscando por hemoparasitas. Eu trabalhava com *Trypa-*

nosoma cruzi na época e quis procurar o inseto-vetor, o barbeiro, nas tocas de tatu para compreender melhor o ciclo de transmissão no Pantanal”, conta o biólogo Filipe Martins Santos, que era estudante de doutorado na época da pesquisa e hoje é professor na Universidade Católica Dom Bosco, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. “Não encontrei nenhum, mas achamos esses outros animais e decidimos investigar como eles interagiam com as tocas.”

Para definir a interação de cada animal, eles criaram classificações: passagem sem interação com a toca, aproximação, entrada superficial e entrada até o interior. Ao todo, coletaram 594 registros de mamíferos, aves e répteis de 15 ordens e 34 espécies diferentes.

Apenas três espécies de roedores foram ao interior das tocas – ratos-da-árvore (*Oecomys mamorae*) e ratos-de-espinho (*Clyomys laticeps* e *Thrichomys fosteri*) –, além dos próprios tatus-galinha (*Dasyopus novemcinctus*) e tatupebas (*Euphractus sexcinctus*). Outros animais, como lobinhos (*Cerdocyon thous*), jaguatiricas

(*Leopardus pardalis*), quatis-de-cauda-anelada (*Nasua nasua*), jaós (*Crypturellus undulatus*) e falcões-relógios (*Micrastur semitorquatus*) foram até a entrada da toca, mas não seguiram adiante.

A pesquisa ajuda a consolidar a posição dos tatus como “engenheiros de ecossistemas”. O apelido é dado a animais que modificam o ambiente físico de forma a criar, manter ou transformar habitats, como castores, cupins, formigas e catetos. No caso dos tatus, além da criação de tocas, eles transportam nutrientes do subsolo para camadas mais superficiais.

“Estamos verificando como essas tocas criam um ponto de encontro para animais do Pantanal”, diz Santos. Pesquisas similares foram feitas no Cerrado brasileiro com tatus-canastra e na Austrália com vombates, um marsupial que cava tocas. “Além disso, pensamos que as tocas podem servir como pontos de transmissão de parasitas”, acrescenta ele. Santos já identificou tatus e pequenos mamíferos infectados com o parasita *T. cruzi*, mas falta descobrir se as tocas



Em tocas como a do tatupeba (à esq.), roedores podem se abrigar das investidas de jaguatiricas e lobinhos

2

promovem encontros entre hospedeiros mamíferos e vetores. Ele espera achar esses invertebrados nos buracos escavados pelos tatus e, por meio de sequenciamento de nova geração, identificar de qual hospedeiro vertebrado eles se alimentam para fechar esse quebra-cabeça. “É uma técnica molecular mais precisa e mais rápida, com ela consigo detectar de quais espécies o barbeiro estaria se alimentando”, explica o biólogo.

A análise de parasitas seria um elemento novo para o estudo, porque o artigo publicado pelo grupo de Santos concentrou-se em animais vertebrados. Muitos invertebrados, contudo, são conhecidos por habitarem ambientes subterrâneos. Um mês antes de Santos publicar seu artigo, outros biólogos descreveram uma espécie de aranha na revista *Taxonomy*, a partir de exemplares encontrados principalmente dentro de tocas cavadas durante o Pleistoceno (entre 2,52 milhões e 11,7 mil anos atrás) por preguiças-gigantes no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais.

“O interessante é que a paleotoca foi cavada dentro de uma caverna e ampliou muito as dimensões do interior da cavidade. É a maior paleotoca localizada em

minério de ferro do Quadrilátero”, conta o biólogo Igor Cizauskas, um dos autores do artigo, que não participou do estudo da equipe de Santos. Cizauskas se especializou em aranhas no Instituto Butantan durante o mestrado na Universidade de São Paulo (USP) e atualmente estuda invertebrados coletados em cavernas, como pesquisador na Organização de Apoio à Pesquisa da Biodiversidade (OAPBio).

De acordo com o estudo, a aranha *Paleotoca diminias* vive na paleotoca e em poucas cavernas adjacentes. “É um ambiente bem diferente do externo. Alguns animais que vivem do lado de fora buscam temporariamente as cavernas e há outros que se especializaram em viver no subterrâneo, ambiente escuro onde a umidade do ar é geralmente alta e a temperatura praticamente constante”, diz Cizauskas. “Há toda uma biodiversidade que só aparece nesses lugares.”

Para ele, a hipótese do grupo de Santos, de que as tocas poderiam ser locais de transmissão de parasitas, é válida. “Vai depender de qual grupo estamos

estudando, mas é provável que parasitas sejam carregados para dentro e para fora desses ambientes por seus hospedeiros.” Ele acrescenta que “há a possibilidade de servir também como local para a cópula e dispersão desses invertebrados, justamente por ser um ambiente com poucos predadores”.

Cizauskas e Santos concordam que, apesar das novidades, faltam estudos para entender as relações ecológicas de outros animais com tocas de tatu. A equipe de Santos busca averiguar se as tocas no Pantanal são usadas como refúgio de animais para situações perigosas que vão além de predadores, como as queimadas. “Durante o período de incêndios mais intensos no Pantanal, pesquisadores encontraram um roedor semiaquático (*Holochilus chacarius*) abrigado em toca, mas ainda não descobriram ao certo quem cavou o buraco”, conta Santos, em referência a um estudo que levou a uma publicação na revista *Therya Notes*, em 2022. “Além disso, na Austrália, o trabalho com vombates também verificou que vertebrados usam suas tocas como proteção contra o fogo.”

No Parque Nacional Grande Sertão Veredas, entre Bahia e Minas Gerais, onças-pintadas e antas foram registradas em 2023 usando tocas de tatus-canastra como refúgio em dias de calor, segundo artigo publicado em setembro na revista *Notas sobre Mamíferos Sudamericanos*. O registro foi feito pela organização não governamental Onçafari e pelo Instituto de Conservação de Animais Silvestres (Icas). De acordo com os pesquisadores, com o aumento previsto na temperatura nos próximos anos, é possível que as tocas de tatu se tornem cada vez mais importantes. ●



Paleotoca diminias: uma aranha que habita paleotocas escavadas pelas extintas preguiças-gigantes

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

A terceira via da supercondutividade

Estudo coordenado por brasileiro reforça a existência de um novo mecanismo que permite a passagem de corrente sem perda de energia em certos materiais

DANILO ALBERGARIA

Um experimento recente forneceu um forte indício de que pode haver um terceiro caminho capaz de gerar a supercondutividade, a capacidade que alguns materiais apresentam de conduzir eletricidade sem nenhuma perda de energia. Segundo artigo publicado em novembro de 2024 no periódico *Nature Physics*, o efeito desse novo mecanismo – até agora previsto apenas teoricamente e diferente dos dois processos comprovadamente associados à supercondutividade – foi medido em um composto à base de ferro. Quando resfriado a uma temperatura próxima do zero absoluto, de 4 Kelvin (K), equivalente a 269,15 graus Celsius (°C) negativos, o material deixa a corrente elétrica passar com zero resistência. O estudo é assinado por quatro físicos brasileiros e nove estrangeiros.

O trabalho mostra que a supercondutividade em cristais de seleneto de ferro dopados (misturados) com átomos de enxofre ($\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$) pode surgir a partir do desordenamento de um estado específico da matéria, conhecido como fase nemática. Se as moléculas de um material se organizam em uma determinada direção (vertical ou horizontal) e formam uma espécie de trama, semelhante às linhas de um tecido, os físicos dizem que ele está em sua fase nemática. Em grego, *nema* quer dizer fio. A manipulação da fase nemática nos cristais líquidos, tipo de material em que esse conceito foi originalmente formulado, é o que permite a fabricação das telas atuais de computadores e aparelhos de televisão LCD.

Numa configuração com suas moléculas totalmente ordenadas, portanto na fase nemática, o seleneto de ferro conduz corrente elétrica preferencialmente na direção de seu alinhamento.

Quando a esse composto são acrescentados átomos de enxofre no lugar de alguns átomos de selênio, suas moléculas deixam de obedecer ao alinhamento preferencial original (vertical, por exemplo) e passam a se mover de forma desalinhada, com uma leve angulação. As oscilações na direção preferencial da corrente elétrica do material dopado geram as tais flutuações nemáticas.

“Com um microscópio de varredura por tunelamento, registramos que as flutuações são a provável causa da atração entre os pares de Cooper nesse material”, explica o físico brasileiro Eduardo Higino da Silva Neto, da Universidade Yale, nos Estados Unidos, coordenador do estudo. “As flutuações nemáticas seriam o terceiro tipo de interação que faria os elétrons grudarem e formarem os pares”, diz o físico teórico Vanuildo Silva de Carvalho, da Universidade Federal de Goiás (UFG), outro autor do trabalho.

Quando grupos de dois elétrons, que deveriam se repelir por terem a mesma carga elétrica negativa, aproximam-se tanto no interior da estrutura atômica de um material a ponto de produzir um tipo incomum de ligação entre ambos, forma-se um par de Cooper. Essa interação precisa ocorrer para que uma corrente elétrica possa fluir em um composto com resistência zero, sem a perda de energia na forma de calor. A formação de pares de Cooper é a assinatura atômica de que há supercondutividade em um material.

Até agora são conhecidos dois mecanismos que comprovadamente levam ao surgimento dessa dupla de elétrons mais aproximados. Na maioria dos compostos supercondutores, sobretudo nos que transmitem correntes sem perda de energia apenas a temperaturas pouco acima do zero absoluto, os pares de Cooper se originam a partir de

Outra forma de a corrente fluir

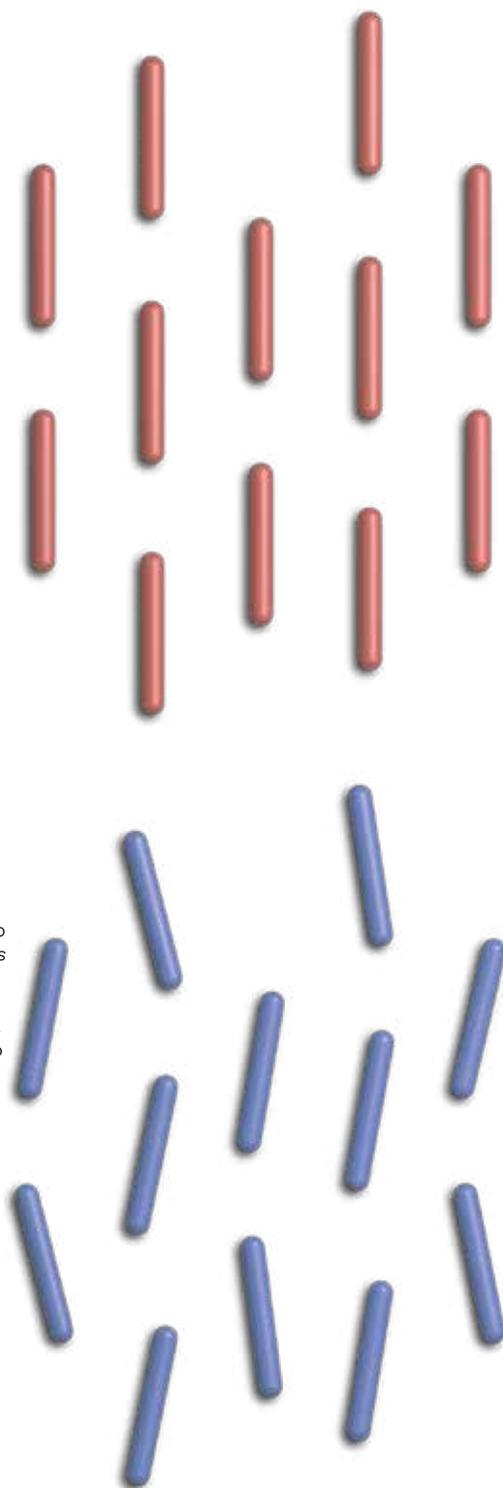
Oscilações na direção do movimento das moléculas em um estado específico da matéria, a fase nemática, podem permitir que uma corrente elétrica passe por um composto sem perda de energia

FASE NEMÁTICA

Na situação ao lado, todas as moléculas estão orientadas na mesma direção, a vertical, representada por barras vermelhas

FLUTUAÇÕES NEMÁTICAS

Quando ocorre o desalinhamento na direção do movimento das moléculas (barras em azul), aparecem as chamadas flutuações nemáticas. O efeito abre caminho para que os elétrons formem pares de Cooper e apareça a supercondutividade em certos materiais



uma forma de vibração ou excitação coletiva dos átomos denominada fônon. Em supercondutores chamados de não convencionais, que funcionam a temperaturas mais altas, mas ainda assim baixíssimas, a supercondutividade pode surgir em razão da existência de um tipo de magnetismo, o antiferromagnetismo, no spin dos elétrons. O spin é uma propriedade quântica intrínseca dos elétrons e de outras partículas subatômicas que influencia sua interação com campos magnéticos.

COMO PREVIA A TEORIA

Em supercondutores não convencionais, é muito difícil distinguir se a capacidade de transmitir correntes elétricas sem perda de energia se deve ao antiferromagnetismo, um mecanismo conhecido e mais pesquisado, ou às flutuações nemáticas, um efeito menos estudado na física de materiais sólidos. “Em alguns materiais supercondutores, ambos os fenômenos atuam ao mesmo tempo e podem ser confundidos. Em outros, o antiferromagnetismo é a causa dessa propriedade”, esclarece Silva Neto.

Para medir experimentalmente o papel das flutuações nemáticas na indução da supercondutividade, os físicos tiveram de criar um material em que os dois tipos de interação sobre os elétrons da amostra pudessem ser separados. O objetivo foi alcançado por meio da introdução de átomos de enxofre no lugar de alguns átomos de selênio no composto original, o seleneto de ferro. Quanto mais enxofre era adicionado ao material, menores eram as flutuações antiferromagnéticas e maiores as nemáticas. “Assim, foi possível afastar a possibilidade de que o antiferromagnetismo estivesse envolvido na supercondutividade, restando apenas as flutuações nemáticas como a única explicação convincente para nossos resultados”, conclui o físico Eduardo Miranda, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), outro coautor do artigo. O quarto brasileiro que assinou o trabalho foi Rafael Fernandes, da Universidade de Illinois, nos Estados Unidos.

“O artigo fornece um argumento muito forte a favor das flutuações nemáticas como uma das ‘colas’ que geram os pares de Cooper”, diz o físico Múcio Continentino, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), do Rio de Janeiro, que não participou do estudo. O físico Rodrigo Pereira, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), outro não envolvido com o trabalho, vai na mesma linha. “O estudo apresenta uma concordância impressionante entre a previsão teórica de um supercondutor induzido por flutuações nemáticas e os resultados experimentais”, comenta ele. ●

Chips fotônicos em construção

Chip do CPQD,
planejado para
aumentar a velocidade
da transmissão
de dados pela internet

Universidades e centros nacionais de pesquisa desenvolvem protótipos de dispositivos à base de luz que prometem mais velocidade e gasto menor de energia

CARLOS FIORAVANTI

Em maio do ano passado, o engenheiro eletricitista Hugo Hernandez-Figueroa apresentou em um congresso em Chengdu, sudoeste da China, o resultado de um trabalho de seu grupo de pesquisa na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Era um dispositivo chamado isolador óptico, feito em colaboração com o Instituto de Tecnologia de Tóquio, no Japão. Com 150 micrômetros quadrados (1 micrômetro é a milésima parte do milímetro), a peça recebe a luz de uma fonte, tipicamente um laser de alta potência, e a transmite para o circuito óptico sem refleti-la, evitando que a radiação luminosa enviada de volta prejudique o funcionamento da fonte.

Em novembro, houve outra razão para comemorar. Deram certo os experimentos do mesmo grupo para medir a atividade neuronal do coração de um camundongo, usando um sensor fotônico de 1 milímetro quadrado (mm²), dotado de nanoantenas, que capta a variação do campo elétrico produzido pelos neurônios. À medida que avançar, o dispositivo, dessa vez elaborado com pesquisadores do centro nanoGune, da Espanha, poderia ser útil no diagnóstico médico não invasivo de doenças neurodegenerativas e na preservação de órgãos para transplante.

Os protótipos da Unicamp e os de outros centros de pesquisa no país expressam o esforço nacional em acompanhar o desenvolvimento de uma nova geração de chips, os fotônicos. Dispositivos desse tipo geram, transmitem e captam informações por meio de fótons, as partículas associadas

a uma onda luminosa, controlando sua amplitude (distância vertical entre o eixo central e o ponto mais alto ou mais baixo da onda), frequência (número de repetições por unidade de tempo) e fase (deslocamento espacial ou temporal da onda). Tornaram-se um componente visado por empresas de telecomunicações em razão de sua eficiência na transmissão de dados, compactação e economia de energia. Em razão dos altos custos de produção, porém, seu emprego em larga escala ainda pode demorar alguns anos.

À medida que seu uso for ampliado, eles poderão aumentar o desempenho e a eficiência energética das redes 5G, de supercomputadores e de datacenters (*ver Pesquisa FAPESP nº 337*), aprimorar diagnósticos médicos e aumentar a segurança dos carros sem motorista, complementando as funcionalidades dos chips eletrônicos, já próximos dos limites de tamanho e velocidade de processamento. Em outros países, muitos centros de pesquisa, empresas e governos correm para ocupar seus espaços em um mercado global estimado em US\$ 9,4 bilhões (R\$ 56,4 bilhões) em 2032 (*ver box na página 66*).

Os também chamados processadores de luz ou circuitos integrados fotônicos já são realidade, mas a produção ainda é feita sob encomenda por poucas fábricas, principalmente na China, em Taiwan, em Singapura, na Bélgica, nos Estados Unidos e no Canadá. “Temos capacidade de fazer e caracterizar protótipos de chips fotônicos em universidades e centros de pesquisa de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, mas nossa produção ainda é artesanal”, comenta Hernan-

dez-Figueroa. “Geralmente são os pesquisadores ou os estudantes que têm de lidar com os equipamentos.” Para contar com o apoio de equipes especializadas e assegurar a qualidade dos próximos protótipos, ele encomendará a fabricação do isolador e do sensor a uma empresa da Bélgica, a um custo próximo a R\$ 200 mil para 15 cópias do isolador e 15 do sensor.

Avantagem de os próprios estudantes – normalmente, de doutorado – operarem as máquinas de fabricação de protótipos é a possibilidade de formar especialistas com visão prática e aptos a resolver eventuais problemas ao longo do processo de produção, na visão do físico da Unicamp Gustavo Wiederhecker, coordenador do Programa FAPESP em Tecnologias Quânticas (QuTia). “A fotônica é o pilar do programa de tecnologias quânticas e a subárea com mais pesquisadores, em São Paulo e em outros estados.”

Para reforçar a infraestrutura, o Centro de Componentes Semicondutores e Nanotecnologias (CCSNano) da Unicamp deverá receber em outubro uma máquina de litografia de feixe de elétrons, capaz de gravar o molde que permite escavar nas placas de silício as trilhas por onde correrá a luz. Comprado por meio do programa Multiusuários da FAPESP a um custo próximo a US\$ 2,8 milhões (R\$ 17 milhões), o equipamento

vai se somar a outro, com as mesmas funções, em operação desde 2011.

“Todos os equipamentos de prototipagem necessitam de manutenção constante”, diz Wiederhecker. “Se tem apenas um e quebra, o trabalho pode ficar parado durante meses.” Por causa disso, os pesquisadores às vezes têm de fazer o que ele chama de peregrinação entre universidades de Minas, Rio e São Paulo em busca de máquinas que possam usar.

Os chips fotônicos contêm dois ou mais componentes ópticos que se somam aos eletrônicos, substituindo parcialmente suas funções. “O chip não é só fotônico, e provavelmente nunca será, porque o laser, um componente indispensável, precisa da corrente elétrica para emitir energia na forma de fótons”, elucida o engenheiro eletricitista Marcelo Segatto, da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). “Uma das funções dos elétrons é aquecer partes do chip, mudar o índice de refração e alterar a quantidade de luz transmitida.”

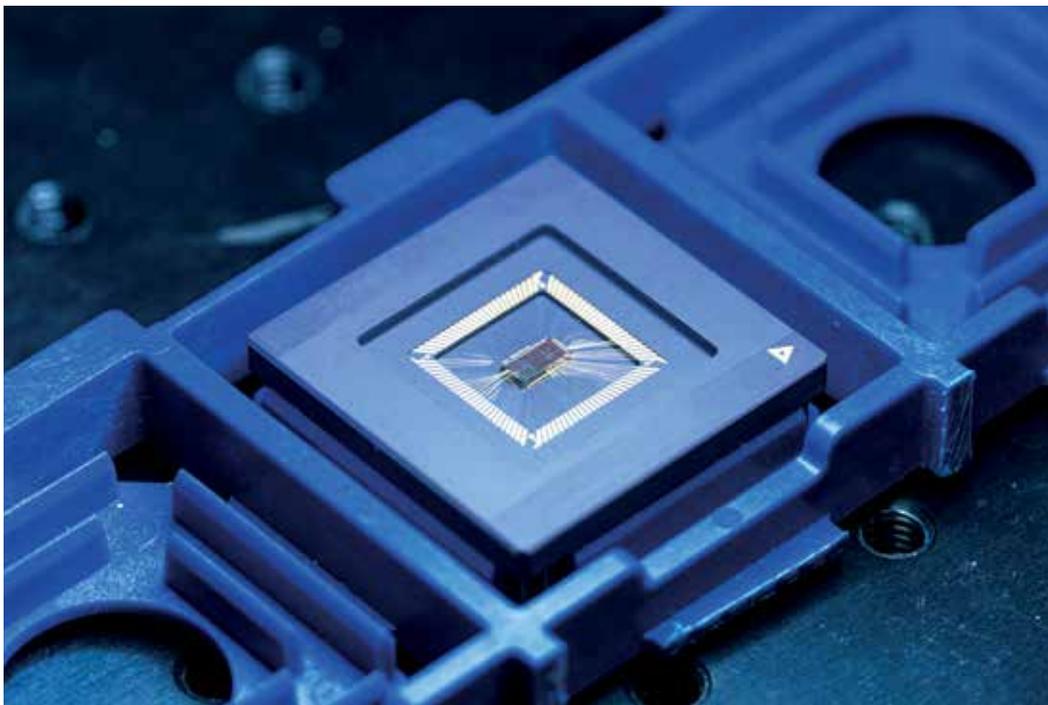
Nos chips desse tipo, os fótons percorrem um tipo de trilha e os elétrons outro, rumo aos dispositivos, os transistores, feitos com fosfeto de índio ou silício, o material dominante nos circuitos já usados em computadores e celulares. “A diferença com os chips de hoje é que a fotônica faz bem o que a eletrônica faz e o que a eletrônica não consegue, em razão das propriedades da luz”, conta ele. “Um exemplo? Dois fótons

Tecnologias complementares

Os chips eletrônicos são mais fáceis de manipular e mais compactos, enquanto os fotônicos ganham em eficiência energética e precisão

	CHIP ELETRÔNICO	CHIP FOTÔNICO
 Forma de transmissão de informação	Elétrons (eletricidade)	Fótons (luz)
 Frequência de transmissão de dados	Baixa (giga-hertz)	Alta (tera-hertz)
 Eficiência energética	Baixa, com alta liberação de calor	Alta, com liberação de calor quase nula
 Precisão e sensibilidade dos sensores	Média	Altíssima
 Controle das propriedades	Fácil	Complexa
 Tamanho dos componentes	Muito pequenos (3 nm)	Pequenos (200 nm)
 Número de componentes (transistores etc.)	Milhões a bilhões	Centenas a milhares
 Dispositivo principal	Transistor	Não tem (vários elementos para funções diferentes)

FONTES MATEUS S. COELHO, ENZO G. P. P. DA CRUZ, FELIPE A. M. SILVA, PABLO R. N. MARCIANO/UFES



Chip da Ufes, parte de uma rede neural óptica, com baixo uso de energia

conseguem passar um pelo outro sem interagir, como dois fantasmas, mas dois elétrons não.”

Por meio de um edital do Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (Confap) e da Comunidade Europeia, lançado em 2022, Segatto construiu o protótipo de um chip fotônico com 1 mm² que simula o funcionamento de um neurônio do cérebro. “Um chip fotônico que funciona como um neurônio gasta mil vezes menos energia do que um equivalente eletrônico, por ter uma estrutura mais simples”, descreve Segatto, que integra um dos Centros de Pesquisa em Engenharia (CPE) em inteligência artificial apoiados pela FAPESP.

COMO UM NEURÔNIO

A equipe da Ufes desenhou os dispositivos e as funções do chip em um programa de computador e enviou o layout para uma empresa do Reino Unido, que o construiu. O chip que reproduz o funcionamento de um neurônio foi então testado na Universidade de Trento, na Itália, com a participação da equipe brasileira. Um artigo publicado em dezembro na *Journal of Lightwave Technology* descreve um mecanismo para regular a chegada da informação na outra ponta do chip. O feixe de luz é dividido em vários subfeixes e cada um deles passa por um a sete dispositivos em forma de espiral. Os que têm de percorrer mais espirais ficam mais atrasados em relação aos que percorrem menos. Cada espiral atrasa o subfeixe em 25 picossegundos (10⁻¹² segundos).

Como o protótipo do chip da Ufes é feito com silício, Segatto pensou que a fabricante estatal

de semicondutores, o Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (Ceitec), de Porto Alegre, poderia continuar o desenvolvimento, por já trabalhar com esse material. Com esse objetivo, o grupo da Ufes e outros especialistas dessa área da Unicamp e do Sistema Nacional de Laboratórios de Fotônica (Sisfóton) mandaram em janeiro de 2023 uma carta ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) propondo o fortalecimento do Ceitec, que tem passado por maus bocados.

Criada em 2002, a companhia sofreu um duro golpe em 2021, quando o governo federal decretou sua extinção. O Tribunal de Contas da União travou a operação e o governo atual anulou o decreto, mas nesse período 100 dos 170 funcionários deixaram o Ceitec. Um plano de reestruturação aprovado em dezembro de 2023 prioriza a implantação, a partir deste ano, de equipamentos para a produção dos chamados semicondutores de potência, usados para conversão de energia em usinas eólicas ou solares.

“Poderemos usar parte da infraestrutura para desenvolver protótipos na área de fotônica, mas essa não é uma prioridade”, comenta o engenheiro eletricista Eric Fabris, superintendente de Produto, Pesquisa e Desenvolvimento da empresa. “Por enquanto, as chances de o Ceitec entrar intensamente em fotônica são remotas.”

Em 2018, ao iniciar com sua equipe a construção de um chip fotônico, o tecnólogo em te-

lecomunicações Rafael Carvalho Figueiredo, do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD), também de Campinas, já sabia que seria muito difícil ir além do estágio de protótipo laboratorial. “O mercado nacional é, em grande parte, focado na integração de componentes importados, mas projetos como esse são passos importantes para impulsionar o desenvolvimento local e abrir novas oportunidades para a indústria”, comenta. O trabalho era parte do projeto Teranet – Sistemas Ópticos em 1 Tb/s (terabite por segundo) para Internet do Futuro, apoiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) com recursos do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel).

O chip foi desenhado no CPQD, fabricado na Bélgica, e finalizado no centro de Campinas. Com aplicações potenciais em telecomunicações, o dispositivo de 25 mm² tem um transceptor, que combina transmissor e receptor em um único dispositivo, convertendo sinais elétricos em luminosos ou vice-versa.

Sua capacidade de transmissão é de 1,2 Tb/s, acima dos 800 gigabites por segundo (Gbp/s) dos equivalentes comerciais mais avançados. Em março, os testes do chip, usado em uma das pontas de um feixe com 500 quilômetros (km) de fibras ópticas, terminaram com resultados satisfatórios. “Podemos melhorar tendo um parceiro para prosseguir o desenvolvimento”, diz Figueiredo.

Seu colega, o também engenheiro elétrico Tiago Sutili, intervém: “Mesmo que o trabalho não prossiga, o conhecimento não se perde”. Segundo ele, a experiência embasou novas pesquisas, como o desenvolvimento de um modulador eletro-óptico, um dos principais componentes do transmissor, descrito em setembro de 2023 na *Scientific Reports*, em colaboração com pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp). “Também aproveitamos o que aprendemos para melhorar outros processos de micro-

O mundo dos fótons se move

Governos, empresas e institutos de pesquisa anunciam inovações e lutam por pioneirismo na área

Centros de pesquisa da China e dos Estados Unidos apresentaram avanços recentes que poderiam acelerar o desenvolvimento dos chips fotônicos. Em maio do ano passado, pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Informação e Microssistemas de Xangai, em colaboração com o Instituto de Tecnologia de Lausanne, na Suíça, anunciaram uma inovação capaz de ampliar e baratear a produção dos chips fotônicos: a substituição de um material semicondutor de alto custo usado em sua produção, o niobato de lítio, pelo tantalato de lítio, que também converte eletricidade em luz, com custos menores.

Por sua vez, em dezembro, na *Nature Photonics*, um grupo do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), nos Estados Unidos, e da empresa finlandesa Nokia descreveu um chip fotônico construído por meio de processos de fundição comerciais, o que poderia reduzir os custos de produção. Com módulos interconectados que simulam uma rede neural, o dispositivo concluiu

os cálculos-chave para uma tarefa de classificação de aprendizado de máquina em menos de meio nanossegundo, com 92% de precisão, um desempenho equivalente ao do dispositivo eletrônico tradicional.

Governos e empresas também se mobilizam. Em outubro, o Departamento de Comércio dos Estados Unidos anunciou que poderá fornecer até US\$ 93 milhões (R\$ 558 milhões) de financiamento para a empresa de semicondutores ópticos Infinera aumentar em 10 vezes a produção de chips fotônicos na cidade de San Jose, na Califórnia. As gigantes da tecnologia dos Estados Unidos – Intel, Cisco, Agilent, Ciena, Hewlett Packard e IBM – e ao menos uma da China, a Huawei, correm para concluir o desenvolvimento de seus produtos, integrando componentes eletrônicos e fotônicos.

Na Europa ocorre o mesmo. Em maio de 2024, a empresa de computação fotônica iPronics, uma spin-off da Universidade Politécnica de Valência, na Espa-



Produção de chip fotônico que simula o funcionamento de um neurônio em um laboratório da Universidade Técnica Estatal Bauman de Moscou

nha, anunciou investimentos de € 3,7 milhões (R\$ 22 milhões) para ampliar a escala de produção e fazer chegar aos usuários um chip fotônico multifuncional e programável, apresentado três meses antes na *Nature Communications*.

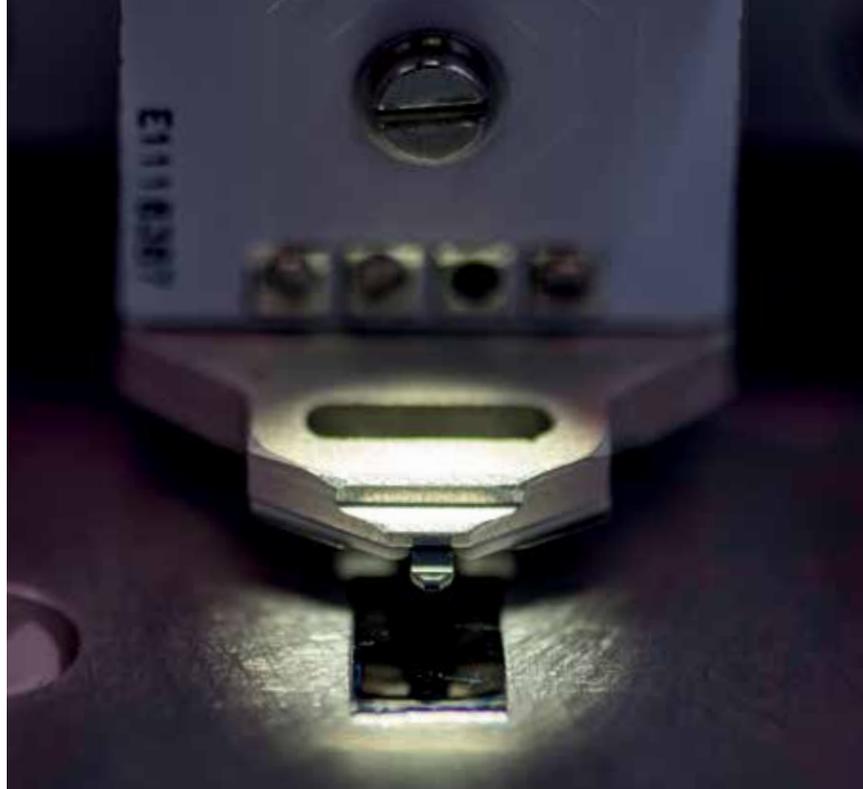
Em setembro, a Epos anunciou a abertura de uma fábrica em Milão, na Itália, para produzir chips fotônicos de

fabricação e integração eletro-óptica de chips fotônicos”, acrescenta.

O engenheiro electricista Arismar Cerqueira Sodré Junior, com sua equipe do Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel), uma instituição de ensino superior privada em Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais, encontrou outros caminhos. De 2019 a 2023, um dos pesquisadores de seu grupo, o engenheiro de telecomunicações Eduardo Saia Lima, como parte do doutorado, trabalhou na caracterização e na aplicação de um chip fotônico projetado por pesquisadores de duas universidades da Itália, com quem os brasileiros colaboravam, e fabricado no Reino Unido.

APARELHO TURBINADO

Lima usou o chip para multiplicar a frequência da luz de 2,6 giga-hertz (GHz) para 26 GHz, como detalhado em um artigo publicado em setembro de 2022 na *Scientific Reports*. “Conseguimos gerar um sinal 5G utilizando luz com um aparelho de custo relativamente baixo e com o mesmo



Equipamento de litografia da Unicamp para modelagem de chips: capaz de escrever em resoluções menores que 10 nanômetros

vidro, para computação quântica, como resultado de investimentos de US\$ 8,5 milhões (R\$ 51 milhões), parte vinda de empresas dos Estados Unidos e parte do Conselho de Inovação Europeu (EIC). Em um consórcio de 11 países, a União Europeia anunciou em novembro investimentos de € 380 milhões (R\$ 2,3 bilhões) para construir uma planta-piloto de chips fotônicos.

A Rockley Photonics, de Oxford, no Reino Unido, comunicou em setembro de 2023 que continuava a “fazer rápido progresso em direção à detecção não invasiva de glicose usando sua plataforma proprietária de fotônica de silício”. O objetivo é monitorar os componentes do sangue com um dispositivo vestível dotado de sensores que possam monitorar o sangue de modo não invasivo, por meio da espectroscopia de infravermelho de onda curta, em tempo real. Um dispositivo semelhante, para medir a pressão arterial, passou com resultados considerados satisfatórios pela primeira etapa de testes em seres humanos.

desempenho que um gerador de radiofrequência comercial, que é muito caro”, conta. Segundo ele, esse ganho pode ser muito útil nas redes de internet 5G.

“O trabalho não parou”, comenta Sodré Junior. Com base nos resultados, ele começou a trabalhar com um grupo da Unicamp coordenado pelo engenheiro eletrônico Evandro Conforti no desenvolvimento de um amplificador óptico semiconductor, também para multiplicação de frequência para internet de alta velocidade. Projetado por uma empresa dos Países Baixos, o chip será feito em Berlim, na Alemanha, a um custo aproximado de € 20 mil (R\$ 120 mil). “O chip tem 2 mm por 5 mm e deve conter uma chave fotônica de alta velocidade, com várias saídas para a luz”, comenta Conforti.

Com esse e outros trabalhos, os pesquisadores ganham experiência em projetar e testar chips fotônicos, além de construir protótipos, ainda que a produção nacional tão cedo não seja viável, em vista dos altos investimentos e da concorrência internacional. “Não compensa investir em uma fábrica no Brasil”, comenta Wiederhecker, da Unicamp. “O que precisamos é de uma sala limpa [ambiente esterilizado], que permita a qualquer pesquisador concluir seus trabalhos sem interrupções e aos tecnólogos desenvolver novas aplicações. Esse é o modelo de sucesso que tenho visto em outros países.” ●

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

Novas fronteiras para o nióbio

Inovações feitas a partir do material miram baterias, cosméticos, fungicidas e catalisadores

FRANCES JONES

Metal versátil e abundante no país, o nióbio aos poucos deixa de ser utilizado apenas em ligas metálicas comuns ou especiais. Agora, o material avança por novos territórios tecnológicos em aplicações que vão de baterias de veículos elétricos a cremes para a acne, passando por fungicidas e catalisadores. Em novembro do ano passado, a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), líder mundial na fabricação e venda de produtos industrializados do metal, inaugurou uma fábrica em Araxá, no interior de Minas Gerais, em parceria com a britânica Echion Technologies para produzir ânodos, componentes de baterias de íons de lítio, a partir de nióbio. Também produzido em Minas Gerais, um novo produto contendo nióbio foi lançado em julho de 2024 e passou a ocupar prateleiras de farmácias. Trata-se de um creme antiacne com um ingrediente criado a partir de uma nanotecnologia patenteada pela Nanonib, spin-off da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).



As novas aplicações fogem do emprego consolidado há décadas para o material. O Brasil se destaca como o maior produtor e detentor de reservas de nióbio, com cerca de 90% da produção global. A maior jazida lavrável de pirocloro – mineral composto por até 71% de óxido de nióbio – fica em Araxá e é explorada pela CBMM, controlada pela família Moreira Salles (ver Pesquisa FAPESP nº 277).

Desde a década de 1970, o nióbio é usado para a fabricação de aços especiais empregados em oleodutos e gasodutos, por conferir mais segurança às regiões de solda, e na indústria automobilística. Em empresas do setor de construção civil é matéria-prima para estruturas de pontes e grandes edifícios.

“Entre 80% e 90% do que comercializamos são produtos feitos à base de ferronióbio, uma liga metálica composta por nióbio e ferro”, diz o engenheiro de materiais Rafael Mesquita, diretor de Tecnologia da CBMM. “A principal vantagem é que o nióbio eleva a resistência mecânica dos aços, proporcionando um produto mais forte e aumentando a segurança. Com isso, é possível reduzir a quantidade de aço no produto final, diminuindo as emissões de CO₂ [dióxido de carbono].”

Outro uso já consolidado se dá na produção de superligas – não à base de ferro, mas de outros metais, em especial do níquel. Esse material resistente a altíssimas temperaturas é bastante consumido pela indústria aeroespacial na fabricação de turbinas de avião. Também é empregado na produção de turbinas usadas para a geração de energia.

Ligas supercondutoras fabricadas com nióbio estão presentes nos magnetos do Grande Colisor de Hádrons (LHC), o acelerador de partículas da Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (Cern), e em aparelhos de ressonância magnética. “O fio que produz o campo magnético para esses equipamentos é à base de uma liga de nióbio-titânio”, informa Mesquita, que teve apoio da FAPESP em seu mestrado focado em ligas de alumínio, desenvolvido na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). “As aplicações do nióbio sozinho são limitadas e pouco relevantes. Mas o cenário muda quando ele é combinado e adicionado a outros materiais.”

VIBRANIUM DA VIDA REAL

Um dos grupos nacionais de pesquisa na área é coordenado pelo químico Luiz Carlos Alves de Oliveira, do Departamento de Química da UFMG, que desde 2006 estuda as propriedades e aplicações do nióbio. Ele calcula que o conhecimento gerou até agora uma dezena de patentes e cerca de 70 artigos científicos. “Costumamos dizer que o nióbio é o *vibranium* da vida real”, comenta Oliveira, em tom de brincadeira, referindo-se ao material fictício com poderes especiais retratado em filmes da Marvel, como *Pantera negra*.

A estrutura química do nióbio, explica o químico, é a responsável pela versatilidade e pela multiplicidade de aplicações. “A unidade mais fundamental dele se assemelha a um tetraedro [figura geométrica com quatro faces triangulares] e a forma como essas unidades menores se juntam e como ele acomoda os átomos vizinhos é que o torna tão especial”, ressalta Oliveira.

Especializado na química da superfície dos materiais, o pesquisador e sua equipe perceberam que era possível modular a propriedade oxidante da superfície do óxido de nióbio, um composto químico derivado do nióbio, contendo oxigênio, usado para aplicações diversas (ver *infográfico na página 70*). “Dependendo de como obtínhamos a forma química dele, o oxigênio ficava muito reativo, capaz de se soltar da superfície. E é esse oxigênio, por exemplo, que é capaz de matar bactérias.”

Oliveira conta que fez testes com outros elementos químicos semelhantes, mas só o nióbio apresentou tal propriedade. “Fizemos incontáveis ensaios ao longo dos anos. Há elementos que retêm esse oxigênio reativo especial, mas o material perde atividade muito rápido. Funciona na pesquisa básica, mas não para virar produto.”

Na esteira da pandemia da Covid-19, o grupo criou um spray líquido à base de nióbio para combater o vírus Sars-CoV-2, chamado Innib-41, para ser borrifado nas mãos. “O líquido forma um filme ou uma nanopelícula como se fosse uma luva invisível. Quando encontra um vírus ou uma bactéria, o oxigênio se solta do nióbio e reage com a parede celular, causando uma espécie de sufocamento do microrganismo”, detalha.

A descoberta de que a molécula com nióbio matava bactérias surgiu quando os pesquisadores desenvolviam um clareador dental. De acordo com um artigo publicado pela equipe da UFMG na *Clinical Oral Investigations*, em 2023, a modificação da estrutura do óxido de nióbio a partir da associação com o peróxido de hidrogênio, além de clarear os dentes, matava as bactérias causadoras de cáries. O grupo acabou criando uma startup, a Nanonib, para obter registros e licenciar produtos.

Apesar de o spray ter sido aprovado pela Anvisa, ele não está sendo fabricado, por opção do grupo, que preferiu focar primeiro em outros produtos. O primeiro à venda que usa essa mesma tecnologia – com um ingrediente ativo batizado de Blue Active – foi lançado em julho de 2024. Trata-se do creme antiacne Acnano. “Fizemos uma parceria com a fabricante mineira de cosméticos Yeva, responsável por fabricar e comercializar os produtos dessa linha.”



Baterias com ânodos contendo nióbio, fabricadas pela Echion Technologies

A startup realiza no momento testes em campo para uma terceira gama de produtos, voltada ao agronegócio. “Entramos com pedido de registro de duas moléculas nos órgãos competentes. Uma terceira também está sendo estudada”, afirma Oliveira. São dois fungicidas, um para uso em sementes e outro em folhas, já em testes. Os três produtos para o setor agropecuário usam o mesmo princípio do spray para vírus Innib-41: um filme de nióbio é formado na superfície de folhas ou sementes.

FOTOCATALISADORES

No Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), o químico André Esteves Nogueira, do Departamento de Química, faz pesquisas relacionadas a aplicações do nióbio em duas vertentes. Uma delas é ligada a fotocatalisadores, com foco na conversão do CO₂ em produtos com maior valor agregado, como etanol, metanol, ácido acético e metano – fotocatalisadores são materiais que, uma vez ativados pela luz, aceleram reações químicas.

A segunda rota investigada, com apoio da FAPESP, é voltada à produção de hidrogênio para geração de energia. “Estamos testando o nióbio como catalisador no processo de hidrólise do boro-hidreto de sódio”, diz Nogueira. De acordo com o químico, o boro-hidreto de sódio pode apresentar vantagens na produção de hidrogênio porque é sólido – um sal branco, comercializado na forma de pó –, o que facilitaria o transporte e permitiria a produção no local de uso.

“A ideia é comprar o boro-hidreto, que tem grande capacidade de armazenamento de hidro-

gênio, levar para o local onde vai gerar energia, solubilizar e adicionar o catalisador. Tudo isso sem precisar de fonte externa de energia, como ocorre no processo tradicional de fabricação de hidrogênio verde, via hidrólise da água”, afirma o pesquisador do ITA.

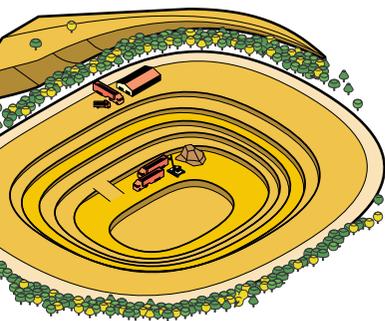
A fim de acelerar essa reação, para que possa ser utilizada em escala industrial, o pesquisador e seus alunos estudam variações de catalisadores de nióbio modificado com cobalto. “Um artigo publicado no *International Journal of Hydrogen Energy* detalha as modificações que fizemos com nanopartículas de cobalto na superfície do óxido de nióbio.” Os resultados, diz Nogueira, foram promissores. “Agora, estamos tentando aprimorar a atividade do catalisador usando diferentes fontes de cobalto.”

O nióbio também tem um papel importante na fabricação de componentes para implantes ortopédicos. Ao ser adicionado ao titânio, esse elemento, além de biocompatível, possibilita obter materiais com elevada resistência mecânica e propriedades elásticas que minimizam efeitos deletérios causados por alguns tipos de implantes no corpo humano.

O engenheiro mecânico Rubens Caram, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), coordena um projeto de pesquisa com financiamento da FAPESP que tem como meta aplicar técnicas de manufatura aditiva – também conhecida como impressão 3D – na preparação de

DA MINA AO MERCADO

Conheça o processo de beneficiamento e industrialização do nióbio e suas principais aplicações

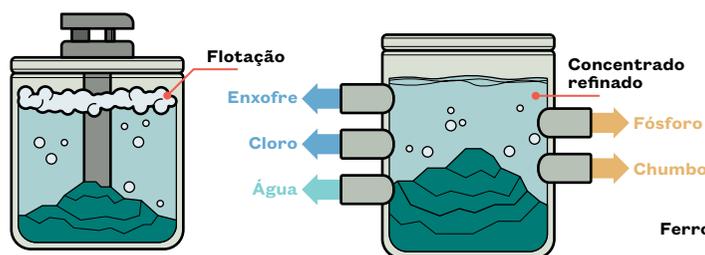


1 MINERAÇÃO

As principais fontes de nióbio são jazidas de pirocloro e tantalita-columbita. Em Araxá (MG), os depósitos de pirocloro contêm 2,3% de pentóxido de nióbio (Nb₂O₅)

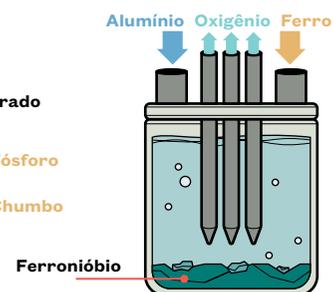
2 CONCENTRAÇÃO

Depois de extraído da mina, o pirocloro passa por uma etapa de concentração para elevar o nível de pentóxido de nióbio para 50%. Isso é feito por processos de separação magnética e flotação, que retiram elementos indesejados



3 REFINO

O pentóxido de nióbio é refinado por processos químicos em duas fases: primeiro remove-se enxofre, cloro e água; depois, fósforo e chumbo. O que sobra dará origem aos diferentes produtos de nióbio



4 METALURGIA

A maior parte do pentóxido de nióbio produzida é transformada em ferronióbio. Para isso, adiciona-se alumínio para retirar o oxigênio do concentrado de pirocloro refinado. Depois, acrescenta-se o ferro



Linha de cosméticos com nanotecnologia à base de nióbio criada nos laboratórios da UFMG



Nióbio em suas diversas apresentações: no centro, a liga metálica de ferronióbio, que eleva a resistência mecânica de aços

componentes à base de titânio e nióbio com características otimizadas.

Nos últimos anos, o grupo de Caram publicou dezenas de artigos científicos relacionados ao efeito do nióbio em ligas de titânio, sempre com apoio da CBMM. Um deles, elaborado em cooperação com a University of North Texas, nos Estados Unidos, trata da concepção de placas de fixação para reparo ósseo com gradientes de propriedades e comportamento mecânico otimizado usando ligas de titânio contendo nióbio.

Em Araxá, a CBMM mantém há anos um programa a fim de fomentar novos usos do nióbio. Anualmente, a companhia tem investido R\$ 250 milhões em pesquisa e desenvolvimento (P&D) tecnológico, sendo 90% desse valor no modelo de

inovação aberta, com outras empresas, universidades e centros de pesquisa. “Temos uma capacidade produtiva muito superior à demanda total do mercado de nióbio. O fator limitante no nosso negócio são as aplicações”, declara Mesquita.

Grande parte do valor investido em P&D nos últimos anos é destinada ao estudo de baterias. A nova unidade para a produção de ânodos à base de nióbio – tecnologia de propriedade da Echion batizada de XNO – tem capacidade para produzir 2 mil toneladas do material por ano, o equivalente a 1 gigawatt de células de íon de lítio. A tecnologia XNO, segundo a companhia mineira, aumenta a eficiência e a durabilidade de baterias, permitindo um carregamento ultrarrápido e seguro.

Nas instalações da CBMM, circula desde junho do ano passado um ônibus elétrico de demonstração com baterias de íons de lítio com nióbio desenvolvidas com a Toshiba. Em vez das convencionais oito horas ou mais para recarga, o processo leva oito minutos.

A empresa participa de um projeto coordenado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em São Paulo, cujo objetivo é desenvolver novas ligas de materiais, inclusive o nióbio, para a produção de componentes metálicos via manufatura aditiva. A iniciativa, financiada pela FAPESP, tem a participação de outras instituições do estado.

“A ideia é partir de um pó metálico, contendo nióbio, e chegar a uma peça final, por manufatura aditiva, em vez do processo convencional de fabricação”, esclarece o diretor da CBMM. “Veja o caso de um componente automotivo. Para fabricá-lo, é preciso produzir o aço, fazer uma barra de aço, conformar essa peça de aço, furar etc. É um processo longo. Por manufatura aditiva, podemos sair do pó e chegar rapidamente à peça final.” ●



FERRIONIÓBIO

Essa liga é usada por siderúrgicas na produção de aços microligados de alta resistência

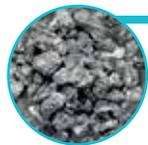
- Carrocerias de automóveis
- Navios
- Pontes
- Viadutos
- Oleodutos e gasodutos



ÓXIDOS DE NIÓBIO

Na forma de um pó branco, são empregados em aplicações especiais de alto valor tecnológico

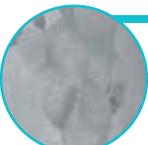
- Lentes de telescópios e câmeras fotográficas
- Baterias de carros elétricos
- Catalisadores



LIGAS DE GRAU VÁCUO

Sua maior utilização é na produção de superligas de aço à base de níquel resistentes a altas temperaturas

- Motores de foguetes e aviões
- Turbinas terrestres de geração de energia elétrica



NIÓBIO METÁLICO

Os lingotes com concentração de 99% de nióbio têm elevada resistência mecânica à corrosão e tornam-se supercondutores a temperaturas muito baixas

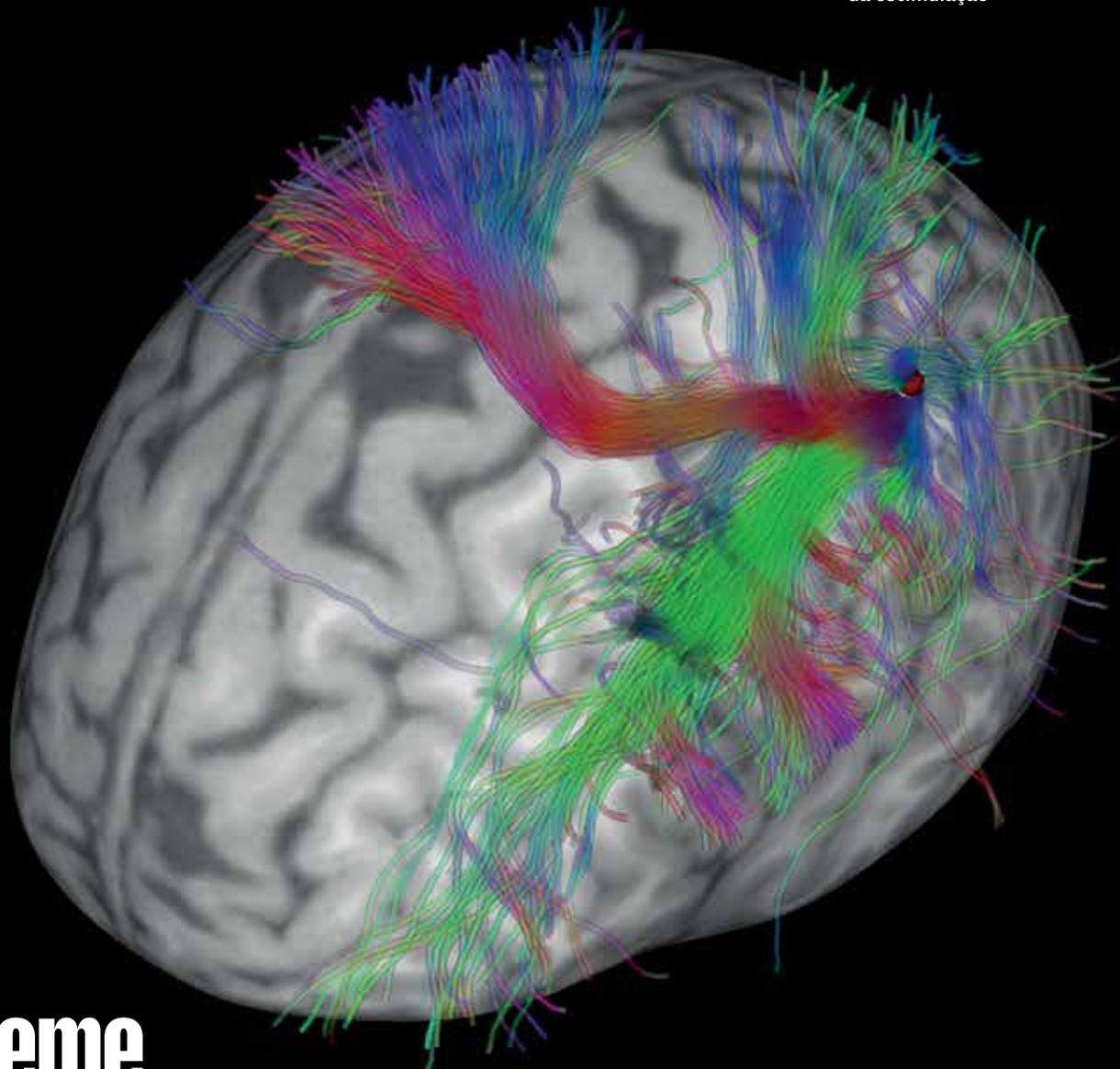
- Aparelhos de ressonância magnética
- Tomógrafos
- Aceleradores de partículas

PRODUTOS DE NÓBIO

APLICAÇÕES

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

Imagem 3D do cérebro obtida a partir de ressonância magnética: usada para determinar o local que será alvo da estimulação



Um leme para navegar no cérebro

Sistema robotizado conduzido por software desenvolvido por pesquisadores brasileiros torna mais precisa e segura a estimulação magnética transcraniana, usada para tratar doenças

A estimulação magnética transcraniana (TMS) tem se mostrado uma promissora ferramenta de pesquisa, diagnóstico e tratamento de doenças neurodegenerativas e distúrbios psiquiátricos, como depressão, esquizofrenia, dor crônica, doença de Parkinson e tinnitus, o zumbido no ouvido. Técnica não invasiva e indolor de estimulação do córtex cerebral por meio de campo magnético, a TMS foi criada em 1985 pelo cientista britânico Anthony Barker e, desde então, tem conquistado a atenção da comunidade científica. O desenvolvimento de um sistema robotizado de neuronavegação com software livre por pesquisadores da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP-USP) pode ajudar a consolidar a técnica.

Na inovação, um braço robótico substitui o posicionamento manual da bobina que emite os pulsos magnéticos em direção ao cérebro. O controle é feito por um software de neuronavegação, denominado InVesalius. O programa utiliza imagens de ressonância magnética ou tomografia computadorizada para criar um modelo tridimensional do cérebro e, assim, determinar o local exato das áreas que serão alvo da estimulação. Parte adicional do software é uma ferramenta computacional, batizada de MarLe, capaz de identificar o posicionamento da calota craniana e da bobina para garantir a precisa estimulação cerebral. MarLe é um acrônimo de *markerless* (sem marcação), referência à dispensa de marcadores na cabeça para guiar a neuronavegação.

“O braço robótico posiciona a bobina conforme os comandos que o operador dá pelo sistema de neuronavegação e ajusta a posição automaticamente caso o usuário se movimente”, explica o físico Renan Matsuda, que desenvolveu o controle robótico e o MarLe durante seu doutorado no Programa de Física Aplicada à Medicina e Biologia da FFCLRP-USP.

O estudo que resultou na criação do sistema foi realizado no Laboratório de Biomagnetismo da FFCLRP sob a orientação do físico Oswaldo Baffa Filho, professor da instituição. O trabalho foi coordenado pelo físico Victor Hugo Souza, um ex-aluno da USP de Ribeirão Preto que hoje atua como pesquisador da Universidade Aalto, na Finlândia, instituição parceira da pesquisa desde o início. Também colabora no projeto o físico Risto Ilmoniemi, professor emérito da Universidade Aalto.

O projeto recebeu apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão em Neuromatemática (Cepid NeuroMat), financiado pela FAPESP e coordenado por Baffa.

No ano passado, Matsuda foi um dos vencedores da 12ª edição do Prêmio Tese Destaque USP, na categoria Grande Área – Inovação.

O grupo já publicou diversos artigos científicos sobre a inovação, os mais recentes nos periódicos *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, em maio de 2023, e *Brain Stimulation*, em março de 2024. Nesse último, os pesquisadores demonstraram que combinar o posicionamento robótico com um novo sistema de TMS multicanal em desenvolvimento na Universidade Aalto é ainda mais eficaz para a precisão dos tratamentos com TMS. Enquanto no procedimento tradicional se utiliza uma única bobina para estimular o cérebro, no TMS multicanal empregam-se cinco bobinas sobrepostas.

“A combinação dessas técnicas possibilita automatizar todo o processo de posicionamento do estimulador e de mapeamento de funções cerebrais com precisão milimétrica”, destaca Souza. De acordo com ele, “embora a estimulação magnética não traga riscos ao paciente, se os pulsos forem aplicados em lugares indesejados, o estímulo pode provocar contrações mandibulares e de outros músculos cranianos, provocando dores de cabeça”.

MAPA DO CÉREBRO

Matsuda começou a trabalhar no projeto durante a graduação em física médica, cursada entre 2011 e 2015, na FFCLRP. Nessa época, ele conheceu Souza e o físico André Peres, que desenvolviam, sob a orientação de Baffa, um software de neuronavegação em colaboração com pesquisadores do Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). “Criamos uma espécie de Google Maps do cérebro”, diz Matsuda.

Batizado em homenagem ao pai da anatomia moderna, o médico belga Andreas Vesalius (1514-1564), o software InVesalius foi disponibilizado no site do MCTI e em repositórios on-line. “O desenvolvimento do software livre para a estimulação magnética navegada foi o grande diferencial desse projeto”, conta Baffa. “Havia softwares comerciais para a neuronavegação com funções específicas para TMS, mas de código aberto o nosso foi o primeiro no mundo. No ano passado surgiu um novo software livre para TMS nos Estados Unidos”, diz Souza. Um artigo descrevendo o desenvolvimento do InVesalius foi publicado em novembro de 2018 no *Journal of Neuroscience Methods*.

O passo seguinte, realizado durante o doutorado de Matsuda, foi o desenvolvimento do controle robótico e do MarLe, o sistema de rastreamento espacial para a neuronavegação. O resultado, segundo o pesquisador, foi a criação de um sistema flexível, que permite integrar o software de neu-

ronavegação a qualquer braço robótico adquirido no mercado. Nas plataformas comerciais de TMS, o software está associado a um aparelho específico. Esses sistemas, todos importados, custam, em geral, mais de € 100 mil (cerca de R\$ 600 mil), enquanto apenas o braço robótico pode ser adquirido por cerca de € 30 mil (R\$ 180 mil).

PESQUISA, DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO

Seja nos centros de pesquisa ou nos serviços de assistência, o Brasil é um dos países em que a neuromodulação não invasiva está mais disseminada, afirma o fisioterapeuta Abrahão Fontes Baptista, do Centro de Matemática, Computação e Cognição da Universidade Federal do ABC (UFABC). “A equipe da USP de Ribeirão está na ponta do desenvolvimento no mundo”, completa.

Não é mera opinião. Em 2021, Baptista fez um estudo de cientometria (destinado a avaliar as métricas científicas) e mapeou a produção brasileira sobre o tema nas bases de dados internacionais Scopus e Web of Science. Ele chegou à conclusão de que o Brasil ocupa posição de destaque na produção científica mundial sobre neuromodulação não invasiva, campo que abrange não apenas a estimulação magnética transcraniana, mas outras categorias não invasivas de modulação da atividade neural.

Baptista informa que os profissionais de fisioterapia estão atualmente entre os que mais recor-

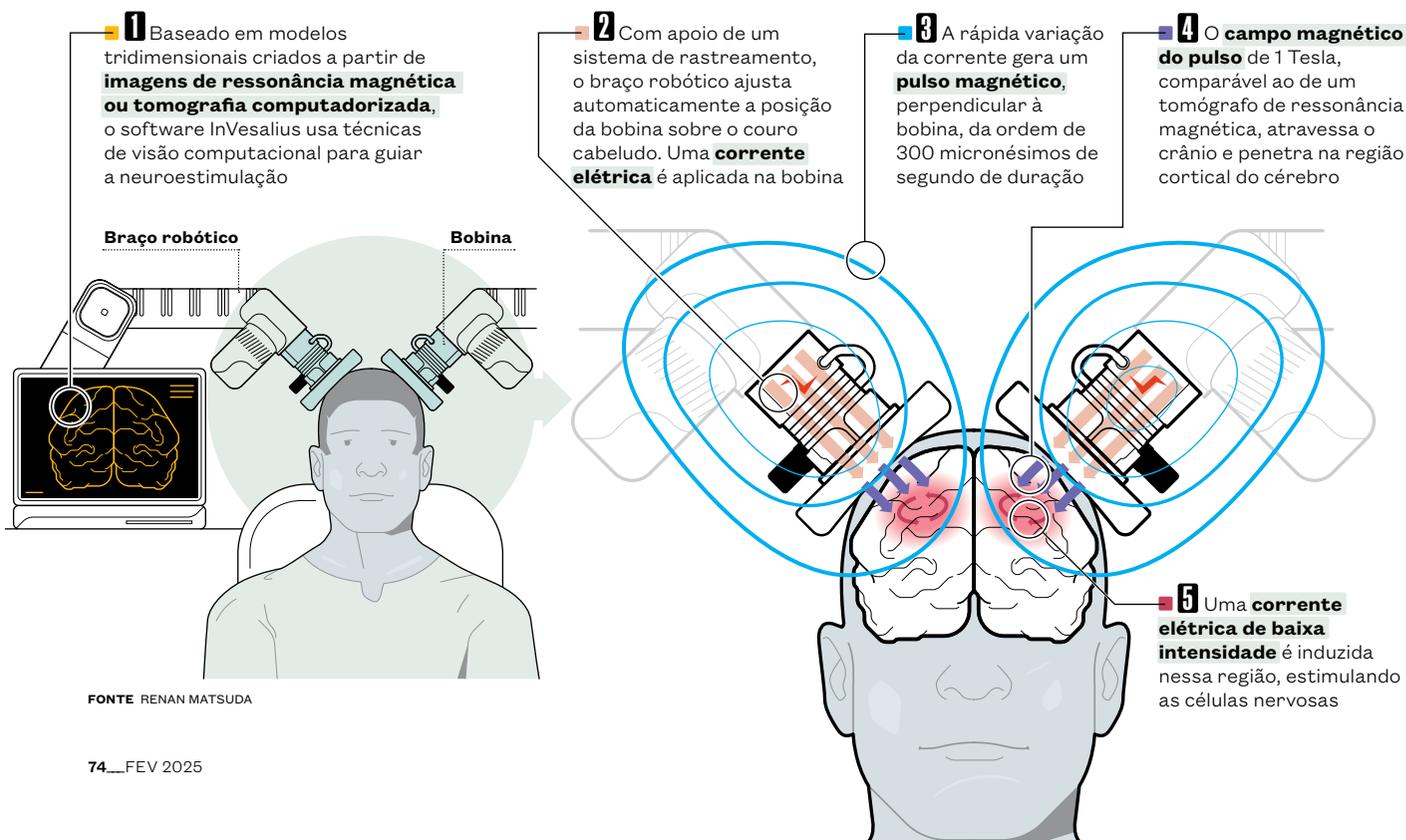
rem à neuromodulação. As principais indicações são o controle da dor crônica, a recuperação de condições neurológicas, como esclerose múltipla, casos de acidente vascular cerebral (AVC) e lesões medulares. Como ferramenta diagnóstica, a TMS tem sido utilizada para avaliar a integridade funcional das vias motoras corticoespinais, que transmitem sinais responsáveis pelos movimentos voluntários do corpo, identificando possíveis danos.

Esse é o campo de pesquisa da neurobióloga Claudia Domingues Vargas, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e pesquisadora do Cepid NeuroMat. Ela desenvolve estudos com pacientes que sofreram lesão do plexo braquial, um feixe de nervos que sai da medula espinhal e se estende até o ombro, braço e mão. “É uma lesão muito comum em acidentes motociclísticos”, explica Vargas.

A estimulação magnética transcraniana permite mapear o comprometimento neural e fazer uma avaliação residual da área afetada, pois a lesão pode comprometer algumas fibras e poupar outras. Por meio do NeuroMat, a pesquisadora tem acompanhado o projeto desde o início. “É uma plataforma bastante amigável, mas seu aspecto mais importante é a especificidade. Com o InVesalius posso saber com exatidão se estou atingindo a região de interesse.”

Como o sistema funciona

Braço robótico e visão computacional tornam mais precisa a estimulação do cérebro





Segundo o psiquiatra André Russowsky Brunoni, do Departamento de Psiquiatria da Faculdade de Medicina da USP, novos estudos sobre depressão podem aumentar a necessidade de equipamentos mais precisos. “Para ativar o cérebro deprimido, a bobina tem que ser colocada sobre a região do córtex pré-frontal. Mas começaram a surgir estudos de neuroimagem funcional que mostram locais mais específicos para melhorar a resposta ao tratamento. É algo que ainda está sendo investigado e, caso se confirme, haverá uma grande necessidade de equipamentos mais precisos. E aí entra o trabalho do pessoal de Ribeirão Preto”, analisa Brunoni.

O especialista, contudo, não vislumbra aplicabilidade clínica imediata para o braço robótico para tratar depressão. “É um equipamento muito caro. Seria necessário testar em pacientes para confirmar se há ganhos adicionais que compensem o custo do tratamento.”

O psiquiatra realiza pesquisas para quadros como depressão, ansiedade, transtorno obsessivo-compulsivo, transtorno de estresse pós-traumático, transtorno bipolar e esquizofrenia no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP há mais de 10 anos – o tratamento, por enquanto, limita-se à depressão, a condição mais investigada. Ele recebe os pacientes por meio de projetos de pesquisa e por planos de saúde privados. O procedimento ainda não foi incluído no Sistema Único de Saúde (SUS), embora a estimulação magnética transcraniana tenha sido reconhecida pelo Conselho Federal de Medicina em 2012.

“Já temos evidências robustas o suficiente para incluir a neuromodulação no SUS, mas a Conitec [Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS] ainda pede a formatação de um projeto com esse objetivo”, informa Baptista, da UFABC. Ele explica que hoje os atendimentos são prestados à população por meio de projetos de extensão da universidade.

Enquanto a técnica não está disponível no SUS, na rede particular o procedimento vem sendo popularizado à medida que os equipamentos ficam mais baratos. As sessões custam em torno de R\$ 350 a R\$ 500.

“Hoje em dia, com os protocolos mais modernos, é possível atingir uma boa resposta a partir de 15 dias. A estimulação começa em um ritmo semanal e depois vai se espaçando, apenas para manutenção”, explica Brunoni, que vem desenvolvendo diversos projetos de pesquisa, alguns com apoio da FAPESP, com o propósito de tornar os tratamentos de neuroestimulação mais eficazes.

Matsuda, no momento em um estágio de pós-doutorado na Universidade Aalto, também segue aprimorando a ferramenta terapêutica. “Estou trabalhando agora com eletroencefalograma [EEG]. A ideia é definir em qual região do cérebro aplicar o pulso magnético usando não só imagem de ressonância magnética, mas também sinais de EEG para acompanhar a atividade cerebral elétrica no momento da aplicação.” A utilização de imagens de ressonância conjuntamente com sinais de EEG, afirma, poderá proporcionar ganho de precisão e aumento de eficácia do procedimento. ●

O direito à cidade



Ilustração de Diana,
9 anos, moradora
da Ocupação Vitória,
em Belo Horizonte

Por que a participação de crianças e adolescentes no planejamento urbano deve ser levada a sério

REGIANE OLIVEIRA

O que são espaços públicos e privados? Como seriam as ruas sem carros? É confortável andar a pé pela cidade? Existem rios sob as ruas? O que são moradias de interesse social? Essas são algumas das perguntas que orientam *Agentes urbanos e a cidade participativa*, jogo interativo criado pelo Grupo de Extensão e Pesquisa Cartilha da Cidade, do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), em São Carlos. Voltada para crianças da educação infantil e estudantes do ensino fundamental à pós-graduação, a iniciativa transpõe demandas e conflitos urbanos para a cidade fictícia de Rios Perenes representada em um misto de tabuleiro e maquete. “O jogo busca incentivar o diálogo, a empatia e o pensamento crítico na construção coletiva de propostas que impactam o cotidiano dos cidadãos”, explica o arquiteto Miguel Buzzar, professor do IAU-USP e fundador do Cartilha da Cidade.

A ideia surgiu há 10 anos quando Buzzar começou a promover uma série de oficinas sobre questões urbanas em escolas públicas de São Carlos. Lançado em 2018, *Agentes urbanos e a cidade participativa* tem hoje cinco versões, divididas de acordo com a faixa etária dos participantes, disponíveis para download gratuito no site do Cartilha da Cidade. Ao longo da partida, que acontece em duas etapas com cerca de 50 minutos de duração cada uma, os participantes se dividem em grupos de “agentes urbanos”, como associação de moradores ou secretaria da habitação. Assim, cabe a eles decidir, por exemplo, se um terreno municipal vai abrigar um shopping center ou um centro cultural com biblioteca. “As partidas têm caráter colaborativo: não há vencedores ou perdedores”, diz Buzzar.

A estrutura do jogo se inspira em *The world peace game* (ou *O jogo da paz mundial*), desenvol-

vido em 1978 pelo professor de educação básica norte-americano John Hunter. Mas a grande referência é o conceito de direito à cidade, elaborado pelo filósofo e sociólogo francês Henri Lefebvre (1901-1991) na década de 1960, que propõe pensar a produção de espaços urbanos de forma compartilhada. E é isso que desejam as crianças e adolescentes entrevistados para estudo do Núcleo de Estudos e Pesquisas sobre Infâncias e Educação Infantil, da Universidade Federal de Minas Gerais (Nepei-UFMG). Divulgado no final do ano passado, o relatório “Direitos de crianças e adolescentes: Diagnóstico do município de Belo Horizonte” foi feito em parceria com a prefeitura daquela cidade.

Ao todo, os pesquisadores ouviram 234 crianças e jovens de até 18 anos oriundos de bairros da capital mineira em variados contextos socioeconômicos. Entre outros temas, a pesquisa investigou a relação dos entrevistados com os espaços públicos da cidade. As respostas revelam preocupação com aspectos como a qualidade das vias públicas, dos locais para brincar, da iluminação pública e da mobilidade. Isso fica tácito também em uma carta de 2023 escrita por crianças de uma ocupação, reproduzida no estudo e direcionada ao prefeito de Belo Horizonte. Elas reivindicam, entre outras coisas, melhorias nos horários dos ônibus que atendem a região e no ponto de parada do transporte público.

“As crianças conseguem identificar problemas urbanos e propor soluções para enfrentá-los”, afirma a educadora Maria Cristina Soares de Gouvêa, professora aposentada da Faculdade de Educação (FaE) da UFMG, que participou da pesquisa. “Elas percebem, por exemplo, que dificuldades de mobilidade urbana, geradas por um sistema de transporte público precário e caro, além da má qualidade das vias, complicam a vida delas, de seus familiares e de vizinhos.”

Nas apreciações da pesquisadora, a forma como a sociedade vê a criança evoluiu nas últimas quatro



IMAGEM RELATÓRIO “DIREITOS DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES: DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE”

décadas em todo o mundo. “A criança não pode ser apenas objeto de políticas públicas; ela é sujeito e cidadã, com direito de se pronunciar sobre essas iniciativas”, afirma Gouvêa. Essa mudança de paradigma começou com a adoção da Convenção sobre os Direitos da Criança pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1989, ratificada por 196 países. O tratado define crianças como indivíduos com direitos e responsabilidades.

No Brasil, a convenção foi aprovada em 1990 e serviu de base para o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), que regulamenta o artigo 227 da Constituição de 1988. A nova legislação substituiu o Código de Menores, da época da ditadura militar (1964-1985), e estabeleceu o dever do Estado, da família e da sociedade de garantir os direitos e o pleno desenvolvimento das crianças com prioridade absoluta. Outros instrumentos completam esse arcabouço, como o Marco Civil Regulatório da Primeira Infância, o Plano Nacional da Primeira Infância e os Planos Municipais da Primeira Infância.

A Convenção sobre os Direitos da Criança garante o direito à participação, mas sua implementação ainda é limitada. “Não basta afirmar que as crianças participam. É preciso criar condições reais para que suas vozes sejam ouvidas e suas ideias consideradas nas decisões políticas”, destaca a cientista social Marcia Aparecida Gobbi,

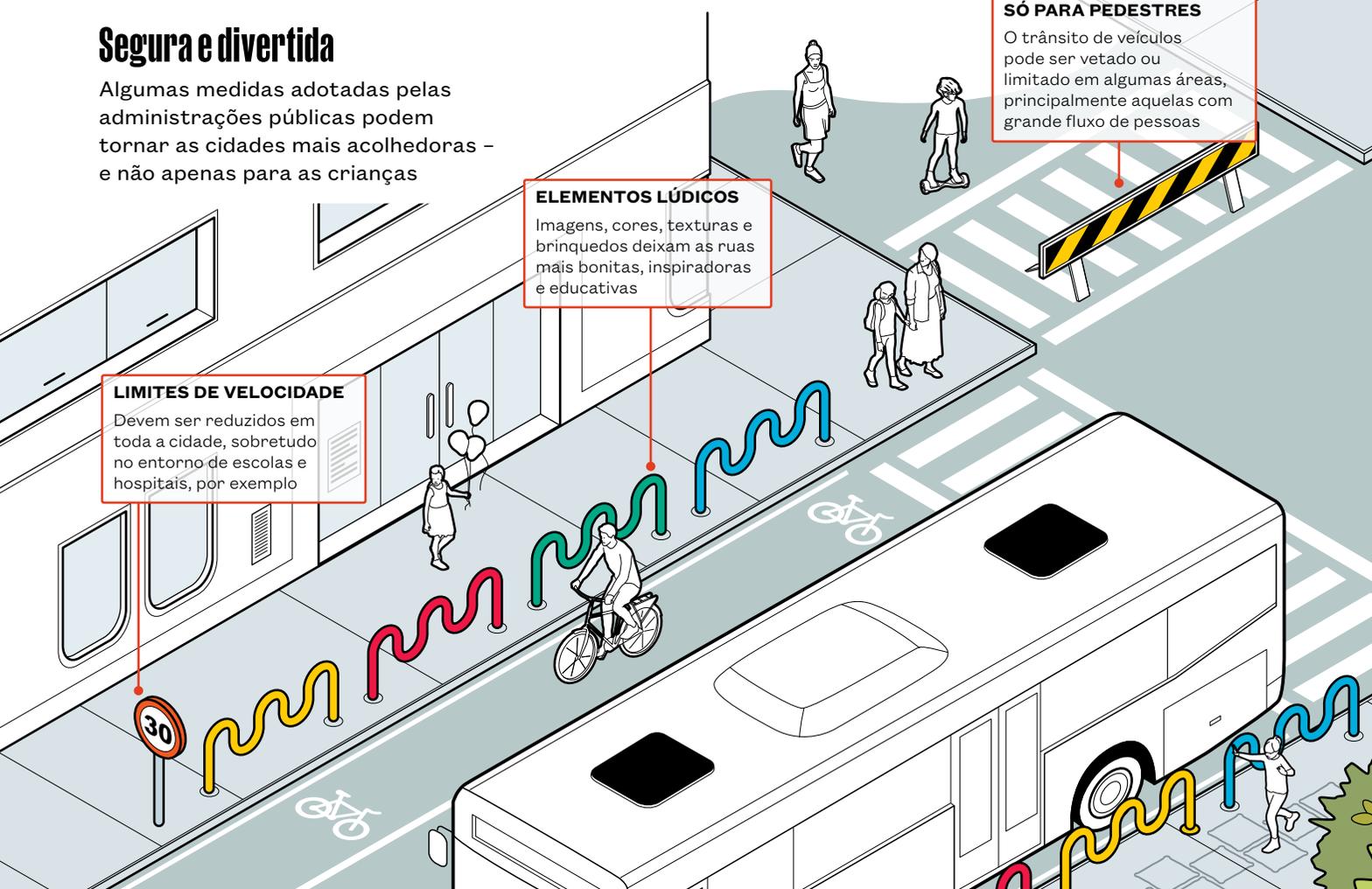
da Faculdade de Educação (FE) da USP e uma das organizadoras do livro *O direito da criança à cidade – Perspectivas desde o Brasil e Portugal* (FEUSP, 2022), com artigos de pesquisadores dos dois países.

De acordo com Gobbi, uma das experiências nesse sentido no Brasil foi o Orçamento Participativo Criança, adotado na cidade de São Paulo no início dos anos 2000. Inspirado pelas ideias de Paulo Freire (1921-1997), educador que defendia que a educação infantil deveria ser parte de um processo de desenvolvimento da cidadania, o projeto promoveu entre 2003 e 2004 assembleias nas escolas paulistanas em que crianças debatiam questões relacionadas à escola e à cidade. Embora tenha sido descontinuada, a experiência inspirou outros projetos do gênero no Brasil. “É um tipo de iniciativa que incentiva o diálogo, a formulação de propostas coletivas e a construção de organizações estudantis”, afirma a pesquisadora. “O pedagogo e desenhista italiano Francesco Tonucci defende que, se uma cidade é boa para as crianças, será justa para todos.”

Um dos municípios brasileiros que vêm abrindo espaço para a participação das crianças é Jundiaí (SP). Em 2017, a cidade instituiu a Política Muni-

Segura e divertida

Algumas medidas adotadas pelas administrações públicas podem tornar as cidades mais acolhedoras – e não apenas para as crianças



SÓ PARA PEDESTRES
O trânsito de veículos pode ser vetado ou limitado em algumas áreas, principalmente aquelas com grande fluxo de pessoas

ELEMENTOS LÚDICOS
Imagens, cores, texturas e brinquedos deixam as ruas mais bonitas, inspiradoras e educativas

LIMITES DE VELOCIDADE
Devem ser reduzidos em toda a cidade, sobretudo no entorno de escolas e hospitais, por exemplo

FOTO: GRUPO DE EXTENSÃO E PESQUISA CARTILHA DA CIDADE/JAU-USP, CAMPUS SÃO CARLOS
INFOGRÁFICO: ALEXANDRE AFRONSO/REVISTA PESQUISA PAPÉIS



Partida de *Agentes urbanos e a cidade participativa*, jogo desenvolvido por pesquisadores da USP

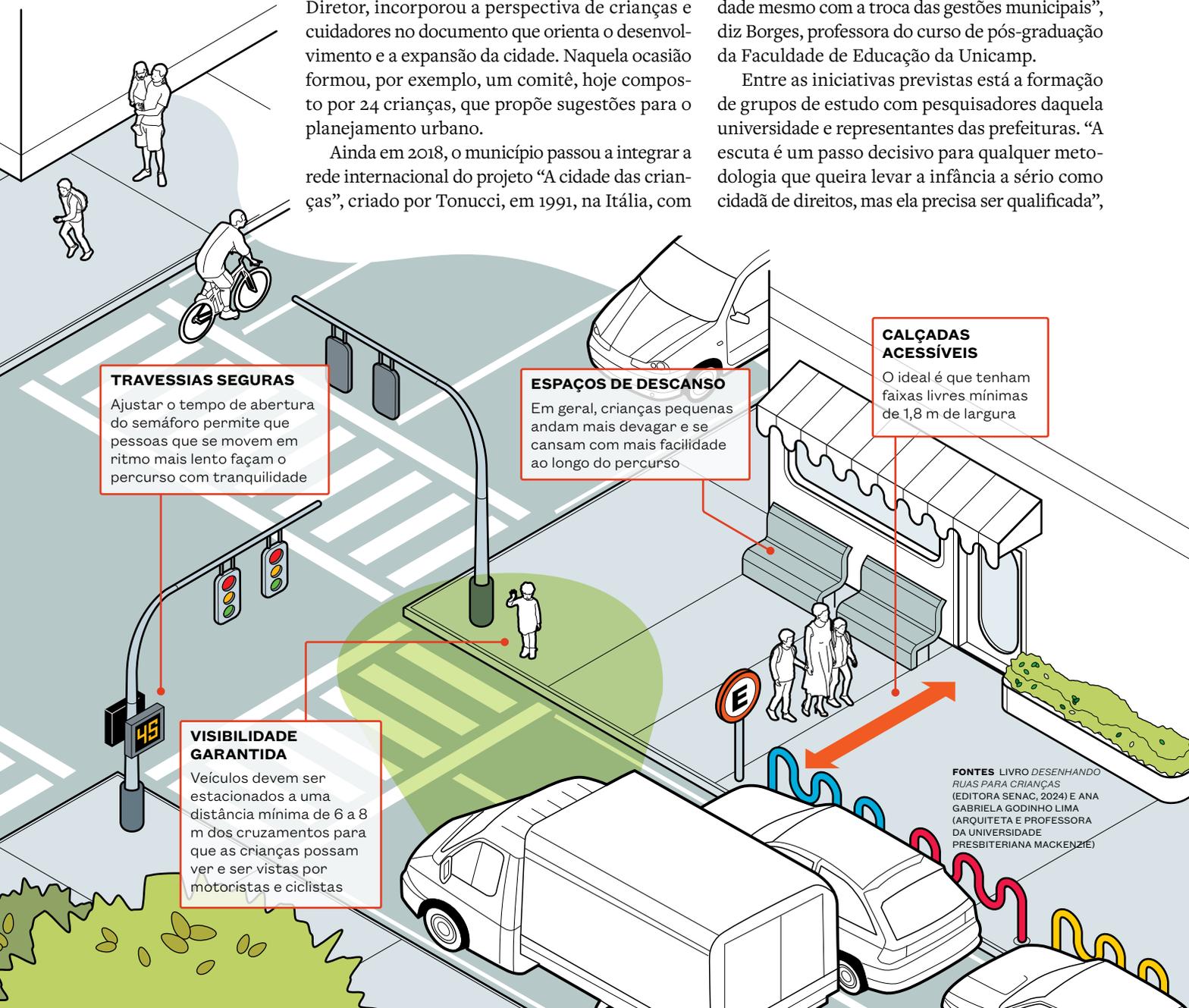
principal da Criança, que busca melhorar a qualidade dos espaços públicos, criar rotas mais seguras e proporcionar maior contato com a natureza. No ano seguinte, durante a revisão de seu Plano Diretor, incorporou a perspectiva de crianças e cuidadores no documento que orienta o desenvolvimento e a expansão da cidade. Naquela ocasião formou, por exemplo, um comitê, hoje composto por 24 crianças, que propõe sugestões para o planejamento urbano.

Ainda em 2018, o município passou a integrar a rede internacional do projeto “A cidade das crianças”, criado por Tonucci, em 1991, na Itália, com

o objetivo de ouvi-las na formulação de políticas públicas. No ano passado, o pedagogo italiano participou do I Seminário Internacional de Políticas Públicas para a Infância, realizado pela Pró-reitoria de Extensão, Esporte e Cultura e pelo Núcleo de Estudos de Políticas Públicas (Nepp), ambos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Na oportunidade, foi selado um convênio entre a instituição de ensino, a prefeitura de Jundiá e o projeto “A cidade das crianças”, que começa a ser colocado em prática neste ano.

De acordo com a pedagoga Roberta Rocha Borges, coordenadora do Programa de Educação Infantil do Nepp-Unicamp, o objetivo da parceria é fortalecer a Rede Brasileira Cidade das Crianças. Criada em 2023, ela é atualmente integrada, além de Jundiá, por 16 cidades de seis estados brasileiros, a exemplo de Pelotas (RS), Recife (PE), Boa Vista (RR) e Mococa (SP). “Um de nossos desafios é fazer com que esses projetos tenham continuidade mesmo com a troca das gestões municipais”, diz Borges, professora do curso de pós-graduação da Faculdade de Educação da Unicamp.

Entre as iniciativas previstas está a formação de grupos de estudo com pesquisadores daquela universidade e representantes das prefeituras. “A escuta é um passo decisivo para qualquer metodologia que queira levar a infância a sério como cidadã de direitos, mas ela precisa ser qualificada”,



TRAVESSIAS SEGURAS

Ajustar o tempo de abertura do semáforo permite que pessoas que se movem em ritmo mais lento façam o percurso com tranquilidade

ESPAÇOS DE DESCANSO

Em geral, crianças pequenas andam mais devagar e se cansam com mais facilidade ao longo do percurso

CALÇADAS ACESSÍVEIS

O ideal é que tenham faixas livres mínimas de 1,8 m de largura

VISIBILIDADE GARANTIDA

Veículos devem ser estacionados a uma distância mínima de 6 a 8 m dos cruzamentos para que as crianças possam ver e ser vistas por motoristas e ciclistas

FONTES LIVRO DESENHANDO RUAS PARA CRIANÇAS (EDITORA SENAC, 2024) E ANA GABRIELA GODINHO LIMA (ARQUITETA E PROFESSORA DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE)

defende Borges. “Nessa escuta, é preciso haver reflexão, entender quais demandas das crianças são factíveis e o que será gerado para o bem comum.”

Lançado no ano passado no Brasil, o livro *Desenhando ruas para crianças* (Editora Senac) compartilha estratégias de como tornar as cidades mais acolhedoras para esse público. A obra é organizada pela Global Designing Cities Initiative (GDCI), entidade dos Estados Unidos que reúne arquitetos, urbanistas e designers. Por sua vez, ela integra a National Association of City Transportation Officials (Nacto), associação formada por 81 cidades e instituições norte-americanas, voltada à questão da mobilidade. Como propostas estão, por exemplo, a sincronização de semáforos de trânsito para proporcionar travessias seguras e confortáveis, a criação de espaços para sentar e descansar ao longo do caminho e a implantação de ruas e regiões prioritárias para pedestres (ver *infográfico*).

“As cidades precisam ser pensadas para quem, por exemplo, tem passadas curtas ou precisa ser levado em um carrinho de bebê”, observa o arquiteto Rodrigo Mindlin Loeb, da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). Segundo o pesquisador, as soluções que contemplam as necessidades das crianças nas cidades devem levar em conta as características de cada território. É o que busca mostrar o livro *Cidade, gênero e infância* (Editora Romano Guerra e Pistache Editorial, 2021), organizado por ele e pela arquiteta Ana Gabriela Godinho Lima, também da UPM, que estão à frente do Núcleo de Pesquisa em Cidade, Gênero e Infância (NPCGI) daquela universidade. Um dos projetos abordados na obra é o “Aula pública”, criado em 2016 pelo geógrafo e cientista social Paulo Magalhães. Professor da Escola Municipal de Ensino Fundamental Duque de Caxias, situada no bairro do Glicério, centro

de São Paulo, ele promove aulas a céu aberto na região, para aproximar os estudantes do espaço urbano em que vivem e circulam. Pelo trabalho, o docente ganhou prêmios nacionais e internacionais, como o Teacher Award, em 2021, concedido pela organização indiana Aks Education Awards.

As iniciativas reunidas no livro são em geral voltadas à melhoria das condições de vida de crianças e mulheres em territórios vulneráveis de cidades brasileiras. “No Brasil, a tarefa do cuidado recai de forma mais intensa sobre as mulheres (ver Pesquisa FAPESP nº 299). Se elas vivem em situação precária, as crianças acabam sendo impactadas por isso”, diz Loeb, que integra o grupo de trabalho Arquitetura e Infância, da União Internacional de Arquitetos.

“Nesse exercício de se pensar as cidades, é importante olhar para as infâncias de forma ampla, como, por exemplo, para as crianças com deficiência e também para aquelas que sofrem com as desigualdades sociais”, observa Gobbi, da FE-USP. Desde 2017, a pesquisadora desenvolve estudos sobre crianças em ocupações urbanas na cidade de São Paulo, com apoio da FAPESP, do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da USP e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Um dos resultados é o livro *Desenhar e ocupar: Crianças da Mauá, Prestes Maia e Ipiranga* (FEUSP, 2023). Atualmente, Gobbi coordena o projeto de extensão “Às tardes: Imaginação e arte com crianças em ocupações habitativas no centro de São Paulo”, que foi criado em 2022 e congrega estudantes dos cursos de graduação de história, ciências sociais e pedagogia da USP. “A ideia é desenvolver nas crianças a percepção do entorno onde moram, a partir de desenhos, fotografias e caminhadas, além de debater sobre as desigualdades sociais que impactam suas vidas”, explica.

Outro ponto que merece ser observado, segundo Loeb, é a questão ambiental, que afeta de forma mais intensa grupos vulneráveis, como as crianças. Hoje, 370 mil alunos da educação infantil e do ensino fundamental em capitais brasileiras estudam em escolas situadas em áreas de risco, suscetíveis a inundações, enxurradas e deslizamentos. Os números são de pesquisa divulgada no ano passado pelo Instituto Alana, em parceria com o MapBiomas (iniciativa da organização não governamental Observatório do Clima) e a agência de dados Fiquem Sabendo. “Segundo o levantamento, 90% das escolas em áreas de risco estão localizadas dentro ou em um raio de 500 metros de favelas, evidenciando a relação entre desigualdades sociais e fatores climáticos”, relata Leila Vendrametto, coordenadora do Programa Urbanizar, do Alana, que atualmente desenvolve pesquisa de doutorado em ciência ambiental na USP.

“Caminhos da primeira infância”, projeto da prefeitura de Boa Vista, em Roraima



Fábrica das Infâncias Japy, em Jundiaí (SP): espaço criado a partir de sugestões das crianças da cidade



Essas preocupações relacionadas às infâncias precisam ser levadas em conta por arquitetos e urbanistas ainda na graduação, defende Loeb. “Entretanto, não constam disciplinas base sobre a temática nos planos pedagógicos das faculdades de arquitetura e urbanismo do país”, afirma o pesquisador. De acordo com o arquiteto Samy Lansky, trata-se de um campo de pesquisa transdisciplinar. “Ele dialoga, por exemplo, com a história, a geografia, a sociologia e as artes visuais”, diz Lansky, autor de “Na cidade, com crianças: Em busca de uma etnografia especializada”, tese de doutorado em educação defendida em 2012, na UFMG.

No Brasil, uma das primeiras obras a tratar da questão foi o livro *As “trocinhas” do Bom Retiro* (1944), do sociólogo Florestan Fernandes (1920-1995), sobre as brincadeiras e a relação das crianças com a cidade de São Paulo. Já no campo das políticas educacionais, uma das experiências mais antigas remonta à década de 1930, quando o escritor Mário de Andrade (1893-1945) assumiu o Departamento de Cultura e Lazer da cidade de São Paulo e determinou a construção de uma série de parques infantis. “Eram espaços destinados, sobretudo, a crianças de famílias da baixa renda, para que elas tivessem o direito ao brincar”, conta Lansky.

Esse mesmo direito norteia projeto realizado pelo arquiteto desde 2013 na Vila Pindura Saia, em Belo Horizonte. A ideia surgiu quando Lansky era professor da Universidade da Fundação Mineira de Educação (Fumec), onde coordenava projetos de pesquisa e extensão. “Ao observar o entorno

da universidade, um bairro de classe média alta, me deparei com uma pequena vila popular e comecei a pensar de que forma poderia contribuir para melhorar a condição de vida das pessoas que ali viviam”, conta Lansky, hoje à frente do coletivo Amigos da Rua, certificado como Ponto de Cultura pelo Ministério da Cultura em 2023. “Ao chegar no Pindura Saia, foram as crianças que me apresentaram o espaço. Elas me mostraram que no caminho entre a casa e a escola passavam por um local dentro da comunidade que funcionava como estacionamento de motocicletas, mas que poderia virar praça.”

Por meio de oficinas e reuniões com os moradores, especialmente as crianças, o local foi sendo transformado. Ao ser oficializado pela prefeitura em 2017, passou a se chamar Nossa Pracinha e hoje abriga atividades como exposições de filmes, jogos e eventos comunitários. Ao longo desses anos, o trabalho contou com a participação de professores e estudantes dos cursos de arquitetura e design da Fumec e da Escola de Arquitetura da UFMG, bem como recebeu apoio do Nepei-UFMG e do Instituto dos Arquitetos do Brasil em Minas Gerais (IAB-MG). “Uma das sugestões das crianças e dos estudantes de arquitetura foi transformar um muro em tela de cinema”, conta Lansky, que analisou a iniciativa em estágio de pós-doutorado na FaE-UFMG entre 2019 e 2021. No ano passado, o lugar foi reformado e ganhou um novo grafite feito pela artista visual Kawany Tamoyos em homenagem a Conceição Evaristo, escritora que nasceu e cresceu na Vila Pindura Saia. ●

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

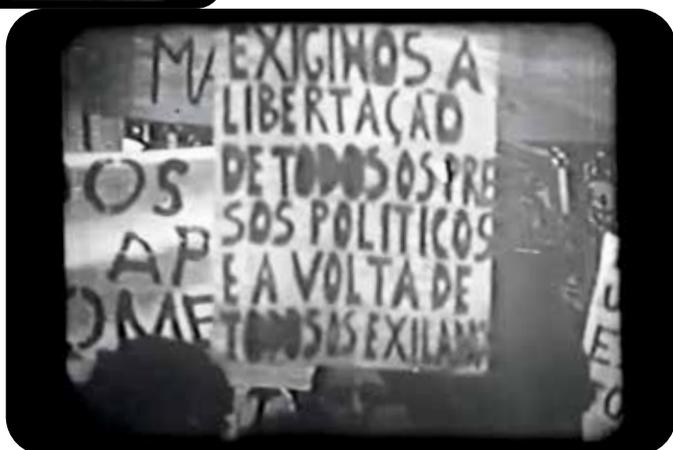


Para não esquecer



Pesquisadores resgatam filmes perdidos e revisitam história da ditadura militar brasileira

RICARDO BALTHAZAR



Um filme realizado por 14 presos políticos durante uma greve de fome no presídio Frei Caneca, no Rio de Janeiro, em agosto de 1979, em plena ditadura militar (1964-1985), ganhou uma segunda chance de exibição no ano passado. *Açúcar, água e sal*, curta-metragem com 15 minutos de duração, está disponível desde março no canal mantido no YouTube pelo grupo Práticas do Contra-arquivo, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Ao rodarem o filme em 1979, os presos tinham como objetivo pressionar o Congresso Nacional a ampliar o alcance da Lei da Anistia, que estava prestes a ser votada. Eles possuíam uma câmera portátil, cuja entrada na prisão fora autorizada para registrar o aniversário do filho de um dos presos num dia de visitas, e filmaram com ela posteriormente depoimentos e cenas da greve de fome. Os negativos foram contrabandeados para fora do presídio. Um amigo dos presos

Cenas do
curta-metragem
*Açúcar, água
e sal*, de 1979



políticos ficou incumbido de filmar manifestações de rua e fazer a montagem final. O título do curta se refere à composição do soro caseiro que alguns presos tomaram para não morrer na greve.

Após 32 dias, o grupo encerrou o protesto sem ver suas reivindicações atendidas. O filme só ficou pronto após a aprovação da Lei da Anistia, tarde demais para que pudesse influir no resultado, e foi exibido uma única vez, em 1999, durante um encontro de ex-militantes da luta armada. Décadas depois, outra motivação levou à sua retomada: o interesse crescente de estudiosos do período pelas imagens produzidas por cineastas profissionais e amadores durante a ditadura militar, quando a repressão política e a censura bloqueavam sua circulação.

“Queremos resgatar imagens que o governo militar não queria que fossem exibidas”, explica a pesquisadora Patrícia Furtado Mendes Machado, professora da PUC-Rio e coordenadora do Práticas do Contra-arquivo. Os negativos originais de *Açúcar, água e sal* estão depositados no Arquivo Nacional, em estado precá-

rio, mas ela obteve uma cópia digitalizada com o ex-guerrilheiro Paulo Roberto Jabur, um dos que empunharam a câmera na prisão em 1979.

O filme reúne imagens raras do cotidiano dos presos políticos numa etapa crítica do processo de abertura que levou ao fim da ditadura e expõe algumas das tensões que marcaram a fase terminal do regime. A Lei da Anistia permitiu que políticos e militantes exilados voltassem ao país e garantiu proteção a agentes do Estado responsáveis por torturas e assassinatos, mas excluiu condenados por assaltos, sequestros e atos terroristas. Os presos que fizeram greve em 1979 cumpriam pena por esses tipos de crime e tiveram que recorrer à Justiça para obter a liberdade.

Com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), o grupo de Machado começou a construir em 2023 um acervo de imagens produzidas longe do controle estatal que possam servir como contraponto ao discurso oficial da ditadura e a outras narrativas estabelecidas sobre o período.

É o que a pesquisadora chama de contra-arquivo, termo tomado emprestado de uma rede de pesquisadores do Canadá dedicada à preservação da memória visual de indígenas, negros, mulheres, imigrantes e comunidades LGBTQ+.

Os pesquisadores do grupo brasileiro adotaram uma metodologia proposta pela historiadora francesa Sylvie Lindeperg, da Universidade Panthéon-Sorbonne, em Paris, e autora de um estudo sobre *Noite e neblina* (1956), documentário do cineasta francês Alain Resnais (1922-2014) a respeito do Holocausto. “Além de analisar os filmes, investigamos o contexto em que as imagens foram produzidas para entender como elas sobreviveram e foram retomadas ao longo do tempo”, diz Machado, autora do livro *Cinema de arquivo: Imagens e memória da ditadura militar* (Sagarana, 2024).

A obra é resultado de sua tese de doutorado, defendida na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2016. Nela, a pesquisadora examinou, entre outras coisas, os caminhos tortuosos percorridos pelo material filmado pelo

cineasta Eduardo Escorel e pelo jornalista e crítico de cinema José Carlos Avellar (1936-2016) durante o cortejo fúnebre do estudante Edson Luís de Lima Souto (1950-1968). O jovem foi assassinado por policiais militares que reprimiam um protesto no Rio de Janeiro em março de 1968, e sua morte causou comoção no país.

Escorel deixou os rolos de filme com um amigo que trabalhava na cinemateca do Museu de Arte Moderna (MAM) do Rio e só conseguiu reencontrá-los em 2007, junto com as imagens filmadas por Avellar. Em suas pesquisas, Machado descobriu que algumas cenas foram aproveitadas em curtas sobre a tortura no Brasil realizados pelo cineasta francês Chris Marker (1921-2012) entre 1969 e 1970. Os documentos localizados por ela apontam o Instituto Cubano de Arte e Indústria Cinematográficas (Icaic) como provável fonte do material.

“Havia redes internacionais de solidariedade que ajudaram a difundir esses filmes em festivais e circuitos alternativos, na esperança de que alimentassem pressões de outros países contra a ditadura brasileira”, conta a historiadora Carolina Amaral de Aguiar, do Instituto de Relações Internacionais da Universidade de São Paulo (IRI-USP), que estudou no doutorado, defendido naquela universidade em 2013, os filmes realizados por Marker em colaboração com os cubanos.

Outro indício da atuação dessas redes foi encontrado recentemente pelo

historiador Marcos Napolitano, da USP, num cinejornal exibido na extinta União Soviética poucos dias depois do golpe de 1964. As imagens, com 6 minutos e sem áudio, hoje estão disponíveis na plataforma russa Net-Film. Algumas se assemelham às veiculadas em cinejornais brasileiros na época, mas outras não. O destaque dado a cenas de confronto entre militares e manifestantes que foram às ruas do centro do Rio de Janeiro protestar contra o golpe chamou a atenção do pesquisador. “Não sabemos quem captou essas imagens nem como chegaram à União Soviética, mas elas dão uma ideia do tipo de resistência que o golpe enfrentou nos seus primeiros momentos, algo que foi minimizado pela narrativa oficial e pelos jornais em 1964”, afirma Napolitano.

No momento, como parte de um projeto temático financiado pela FAPESP, o historiador está pesquisando telejornais produzidos pela antiga TV Tupi. Sua meta é analisar a cobertura da emissora nos dias que se seguiram ao golpe. O vasto acervo da Tupi, que faliu e saiu do ar em 1980, foi transferido em 1987 para a Cinemateca Brasileira, em São Paulo. Ele inclui 150 mil reportagens exibidas entre 1950 e 1974, das quais 77 mil já foram catalogadas, mas apenas uma fra-

A ex-guerrilheira Inês Etienne Romeu (à esq.) com a atriz Norma Bengell ao ser libertada em 1979



ção do material foi digitalizada. Segundo o historiador Eduardo Morettin, do Departamento de Cinema da Escola de Comunicações e Artes (ECA) da USP e coordenador do projeto, o grupo espera acrescentar ao acervo da Cinemateca pelo menos 200 horas de imagens inéditas digitalizadas, equivalentes a 10% do que está disponível hoje. “Esse material pode ajudar a entender como a televisão brasileira construiu a memória desses acontecimentos e interferiu nos debates políticos do período militar”, diz Morettin.

O grupo da PUC-Rio tem investido em várias frentes de pesquisa. Há estudos em andamento sobre filmes realizados por mulheres durante a ditadura, na esteira de um levantamento feito em diversos acervos pela pesquisadora independente Nayla Guerra, que é produtora cultural na Cinemateca Brasileira. A partir de pesquisa de iniciação científica na ECA-USP, entre 2019 e 2021, realizada com apoio da FAPESP, ela localizou registros



Tropas a caminho do Rio após deflagração do golpe de 1964, em filme recolhido pelo Arquivo Nacional





5

de 222 curtas-metragens feitos por 121 mulheres no período. O resultado está no livro *Entre apagamentos e resistências: Curtas-metragens feitos por diretoras brasileiras (1966-1985)*, lançado pela editora Alameda no ano passado.

“A existência desses filmes evidencia a presença de mulheres como protagonistas da resistência ao regime”, observa Thais Continentino Blank, do Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil da Fundação Getúlio Vargas (CPDOC-FGV), no Rio de Janeiro. Em parceria com Machado, a pesquisadora tem estudado a atuação da atriz e cineasta Norma Bengell (1935-2013), que militou por causas feministas e pela defesa de presos políticos durante a ditadura.

Em 1974, Bengell colaborou com a realização de um curta na França sobre a ex-guerrilheira Inês Etienne Romeu (1942-2015), que ficou presa 96 dias num centro clandestino de torturas conhecido como Casa da Morte, em Petrópolis (RJ), sobreviveu e cumpriu pena em um presídio comum no Rio. Produzido por um coletivo feminista que se chamava As Insubmusas e dirigido pela atriz francesa Delphine Seyrig (1932-1990), o filme foi exibido em festivais como parte de uma campanha pela libertação de Etienne Romeu.

Ela conseguiu sair da prisão em 1979, após a aprovação da Lei da Anistia, e suas primeiras horas de liberdade foram filmadas por Bengell, que só a conheceu pessoalmente nesse dia. Rodado numa câmera Super-8 e com quase 11 minutos de duração, o material estava no acervo pessoal da atriz, adquirido pela Cinema-



7



6

Cortejo fúnebre e enterro do estudante Edson Luís filmados por Eduardo Escorel em 1968

teca Brasileira. Digitalizado em 2022, hoje pode ser visto no Banco de Conteúdos Culturais mantido no site da instituição.

Os estudiosos do período também têm feito descobertas ao revisitar o material produzido por órgãos oficiais. É o caso do historiador Fernando Seliprandy, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Durante estágio de pós-doutorado na ECA-USP, realizado com apoio da FAPESP e concluído em 2023, ele se debruçou sobre dois filmes que encontrou no Arquivo Nacional, produzidos em meio aos festejos dos 150 anos da Independência do Brasil, em 1972.

Um dos filmes foi dirigido pelo jornalista, político e empresário Amaral Netto (1921-1995) com dinheiro de distribuidoras de gás de cozinha. O outro teve financiamento da antiga companhia de cigarros Souza Cruz. “Esses filmes mostram que a propaganda oficial do regime militar contava com o apoio de produtoras privadas e com o patrocínio de grandes empresas para amplificar seu alcance”, afirma Seliprandy.

Segundo os pesquisadores ouvidos pela reportagem, as estantes do Arquivo Nacional abrigam vasto material ainda

inexplorado, grande parte ainda a ser catalogada. Entra nessa categoria uma coleção de filmes amadores que começou a ser formada nos anos 1980 pelo funcionário da instituição Clovis Molinari Junior (1953-2019).

Faz parte do acervo um filme de 31 minutos que registra uma série de eventos que antecederam o golpe de 1964, a movimentação de tropas rebeladas contra o presidente João Goulart (1919-1976) e as agitações populares nos dias que se seguiram à sua deposição. “A identidade do doador do material é desconhecida, assim como a dos responsáveis pelas imagens”, informa a historiadora Mariana Lambert Passos Rocha, funcionária do Arquivo Nacional, que analisou o filme em dissertação de mestrado apresentada na FGV do Rio de Janeiro, em 2023. Após examinar inscrições gravadas na película depositada na instituição, ela concluiu que a montagem final foi realizada provavelmente em 1977, quando ainda havia dúvidas sobre o comprometimento dos militares com o processo de abertura. “Talvez isso explique por que esse material ficou escondido por tanto tempo”, diz Rocha. ●

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



**Criatividade
reimaginada**

Artistas se deparam com as possibilidades e os impasses do uso da inteligência artificial

ANA PAULA ORLANDI

Aos 52 anos, a alemã Maria Sibylla Merian (1647-1717) embarcou numa expedição científica rumo ao Suriname. Naturalista e ilustradora científica, ela financiou a viagem com a venda de suas gravuras. Em 1705, com dificuldades financeiras devido aos custos da ida à América do Sul, publicou um livro ilustrado sobre os insetos do Suriname e lançou outros títulos. Doze anos depois, morreu em Amsterdã, na Holanda, empobrecida e com a visão debilitada. Com o tempo, ao ser redescoberta por pesquisadoras feministas, o valor artístico de sua obra cresceu. Em 2011, uma edição do seu livro *Neues blumenbuch* (ou *Novo livro de flores*), de 1675, foi leiloada por 570 mil libras esterlinas no Reino Unido.

Sibylla Merian é uma das mulheres retratadas pela artista visual Giselle Beiguelman na exposição *Venenosas, nocivas e suspeitas*, em cartaz até 20 de abril no Centro Cultural Fiesp, em São Paulo. “São naturalistas, ilustradoras ou as duas coisas juntas, nascidas entre os séculos XVII e XIX, que foram apagadas da história da arte e da ciência”, conta Beiguelman, professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo (FAU-USP). Entre os sete retratos apresentados há duas brasileiras. Uma delas é Maria do Carmo Vaughan Bandeira (1902-1992), considerada a primeira botânica do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Já a ilustradora Constança Eufrosina Borba Paca (1844-1920) integrou no início do século XX expedições científicas realizadas pelo marido, o botânico João Barbosa Rodrigues (1842-1909).

“Os retratos foram criados com inteligência artificial [IA] generativa e são especulativos, pois partem de raríssimas imagens dessas mulheres na juventude. A partir de uma série de processamentos *text-to-image* [texto para imagem] e *image-to-image* [imagem para imagem], a tecnologia enquadra seus rostos na idade em que faleceram, mesclando-as com as plantas e os ecossistemas que marcaram suas obras, estética e cientificamente”, explica a artista.

Além dos retratos, a mostra é composta por sete vídeos em que Beiguelman reinterpreta, também com IA, plantas como a mandrágora e a be-

ladona. A partir da combinação delas, a artista cria ainda espécies híbridas. “Essas plantas foram proibidas ou demonizadas ao longo do tempo por motivos diversos, que vão do seu emprego em práticas rituais a poderes afrodisíacos ou alucinógenos”, prossegue Beiguelman. “Ao pesquisá-las, percebi que algumas delas haviam sido desenhadas por mulheres, das quais nunca ouvira falar, e assim nasceu a ideia da exposição.”

Segundo a artista, homenagear essas mulheres, cujo protagonismo foi negado na época em que viveram, só foi possível com a utilização da tecnologia. “Como existem pouquíssimas imagens delas, consegui produzir esses retratos ao repassar à máquina as informações textuais que recolhi durante a pesquisa”, comenta Beiguelman.

A artista visual baiana Mayara Ferrão lançou mão da mesma estratégia para dar visibilidade a mulheres negras e indígenas durante o período colonial. No ensaio fotográfico *Álbum de desesquecimentos* (2024), ela imagina por meio de imagens geradas por IA cenas de maternidade ou homoafetivas.

Não é de hoje que artistas visuais usam a tecnologia em seus trabalhos. Em relação à IA, área do conhecimento que surgiu na década de 1950, um dos pioneiros foi o pintor britânico Harold Cohen (1928-2016). “Ele fazia pinturas a óleo e tinha projeção na Europa quando se mudou para os Estados Unidos, nos anos 1960, para um estágio de pós-doutorado na Universidade Stanford. Ali, conheceu um grupo de pesquisadores que estudava IA”, conta o artista brasileiro Fabrizio Poltronieri, da Universidade de Nottingham, no Reino Unido. No final da década de 1960, o pintor concebeu o Aaron, software de criação artística que desenvolveu até sua morte, em 2016. “A princípio, a máquina reproduzia os desenhos de Cohen”, prossegue Poltronieri. “Mas, no final da vida, Cohen passou a trabalhar em conjunto com o programa, que sugeria novas formas em um processo de cocriação.”

Lúcia Santaella, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), destaca que a IA evoluiu nos últimos 20 anos por meio de algoritmos de aprendizagem progressiva. Porém um ponto de virada se deu em 2018, com a emergência da

Maria Sibylla Merian, aos 70 anos, em retrato criado por Giselle Beiguelman com inteligência artificial

IA generativa. Atualmente, a partir de prompts (comandos) as máquinas são capazes de escrever, falar e produzir imagens similares ao ser humano. “A criatividade foi reimaginada, colocando em xeque essa hegemonia que pertenceu à humanidade ao longo da história”, analisa a pesquisadora. “Isso despertou uma série de indagações a respeito do papel do artista e do risco de a máquina substituir o ser humano na criação artística.”

Otras questões vêm emergindo desde então. Na obra *Anatomy of an AI system* (ou *Anatomia de um sistema de IA*), de 2018, os artistas Kate Crawford, da Austrália, e Vladan Joler, da Sérvia, mapeiam em um diagrama as engrenagens dessa estrutura. “Eles mostram o passo a passo da elaboração de um sistema de IA por parte de uma grande empresa de tecnologia dos Estados Unidos e deixam claro que essa produção tem impactos ambientais e sociais”, comenta o artista multimídia Cesar Baio, do Instituto de Artes da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Um dos aspectos abordados na obra é o uso de mão de obra precarizada. “Quando a IA generativa surgiu, em 2018, as *big techs* arregimentaram um volume gigantesco de dados na internet para treinar seus modelos e ensinar às máquinas o que era, por exemplo, uma maçã ou um gato. Nesses primórdios, as imagens precisavam ser identificadas manualmente como ‘maçã’ ou ‘gato’. Quem fez e algumas vezes ainda precisa fazer esse trabalho extenuante e mal remunerado é uma massa de trabalhadores oriundos, em sua maioria, de países em desenvolvimento”, relata o artista visual brasileiro Bruno Moreschi, da Universidade Leuphana, na Alemanha, que investigou a questão em estágio de pós-doutorado na FAU-USP, em 2020.



Imagem do ensaio fotográfico *Álbum de desesquecimentos* (2024), da artista Mayara Ferrão

Segundo Moreschi, atualmente a IA generativa utiliza em geral modelos pré-treinados, que partem de um conjunto de dados organizados naquela primeira fase. “Mas o trabalho humano precarizado ainda existe na IA para corrigir e calibrar ferramentas ou mesmo criar novos bancos de dados. Essas são questões que os artistas precisam ter em conta para não fazer um uso ingênuo dos recursos de IA”, afirma o pesquisador.

A historiadora da arte Nara Cristina Santos, professora aposentada da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no Rio Grande do Sul, chama a atenção para mais um ponto polêmico: a questão dos direitos autorais. “Por utilizar recursos de IA em seus trabalhos, alguns artistas são acusados de plagiadores. Por outro lado, artistas processam as empresas de tecnologia por considerar que seus trabalhos foram utilizados para treinar as máquinas”, conta Santos, fundadora do Laboratório de Pesquisa em Arte Contemporânea, Tecnologia e Mídias Digitais (Labart) daquela universidade.

No ano passado, o 19º Simpósio de Arte Contemporânea promovido pelo Labart-UFSM teve a IA como tema. A ideia surgiu a partir das discussões propostas pelo livro *Ética na inteligência artificial*, do filósofo belga Mark Coeckelbergh, lançado no Brasil, no início de 2024, pela Ubu Editora. Há muito o que debater. “Estamos revendo uma série de questões em nosso campo”, constata a pesquisadora. “Uma obra de arte feita com IA envolve, além do próprio criador, gigantescos bancos de dados e os programadores de algoritmos. Trata-se não apenas de uma ‘autoria compartilhada’, que vem sendo defendida no meio jurídico, mas talvez de uma ‘autoria incorporada’ a partir da intencionalidade do artista.”

Entre as possibilidades abertas pela IA no campo da arte, Moreschi destaca que esse recurso vem sendo usado para analisar padrões de imagem. “É uma ferramenta capaz de criar, por exemplo, conexões entre conteúdos visuais de uma obra e entre obras ou vasculhar a coleção de uma instituição museológica, apontando a incidência de obras que retratam temáticas comuns”, relata.

O mergulho em acervos museológicos é capaz de render outras obras de arte, a exemplo da instalação *Unsupervised (Sem supervisão)*, do artista turco Refik Anadol, que esteve em cartaz entre 2021 e 2023 no Museu de Arte Moderna (MoMA), em Nova York. Na produção da obra, o autor treinou um modelo de aprendizado de máquina para interpretar os dados da coleção do MoMA, a partir de 380 mil imagens em alta resolução de mais de 180 mil itens do acervo.

Quando preparava a exposição *Venenosas, nocivas e suspeitas*, Beiguelman se deparou com a



As obras *Unsupervised* (2021), de Refik Anadol (à esq.), e *Insurreição micorrízica* (2022), de Cesar Baio e Lucy Solomon



2

3

dificuldade de retratar as mulheres na velhice. “A máquina demorou a entender isso e produzia apenas imagens de mulheres jovens”, lembra. “Esses modelos são construídos a partir de imensos conjuntos de dados que refletem o pensamento hegemônico branco, masculino e etarista. Por isso, tem dificuldade de entender comandos que saiam dos padrões”, prossegue a pesquisadora, que coordena um projeto temático da FAPESP sobre acervos digitais.

Um grupo de 17 artistas visuais indígenas do Brasil, Argentina, Bolívia e Chile enfrentou desafio parecido. Em 2023, eles participaram do projeto “Indigenia: IA generativa para futuros indígenas e ‘Digital’ Boa vida”, coordenado por Thea Pitman, da Universidade de Leeds, no Reino Unido, e por Andreas Rauh, da Universidade de Dublin, na Irlanda. “A ideia é que eles pudessem gerar imagens por meio de um software de IA generativa”, conta o pesquisador Aleksandro Cosmo de Mesquita, do povo Potiguara, que acompanhou o estudo e escreveu artigo publicado no ano passado em dossiê sobre inteligência artificial e processos criativos do Sesc São Paulo. “O software trouxe imagens futuristas, porém carregadas de estereótipos, em que os indígenas têm características descritas no passado pelos colonizadores.”

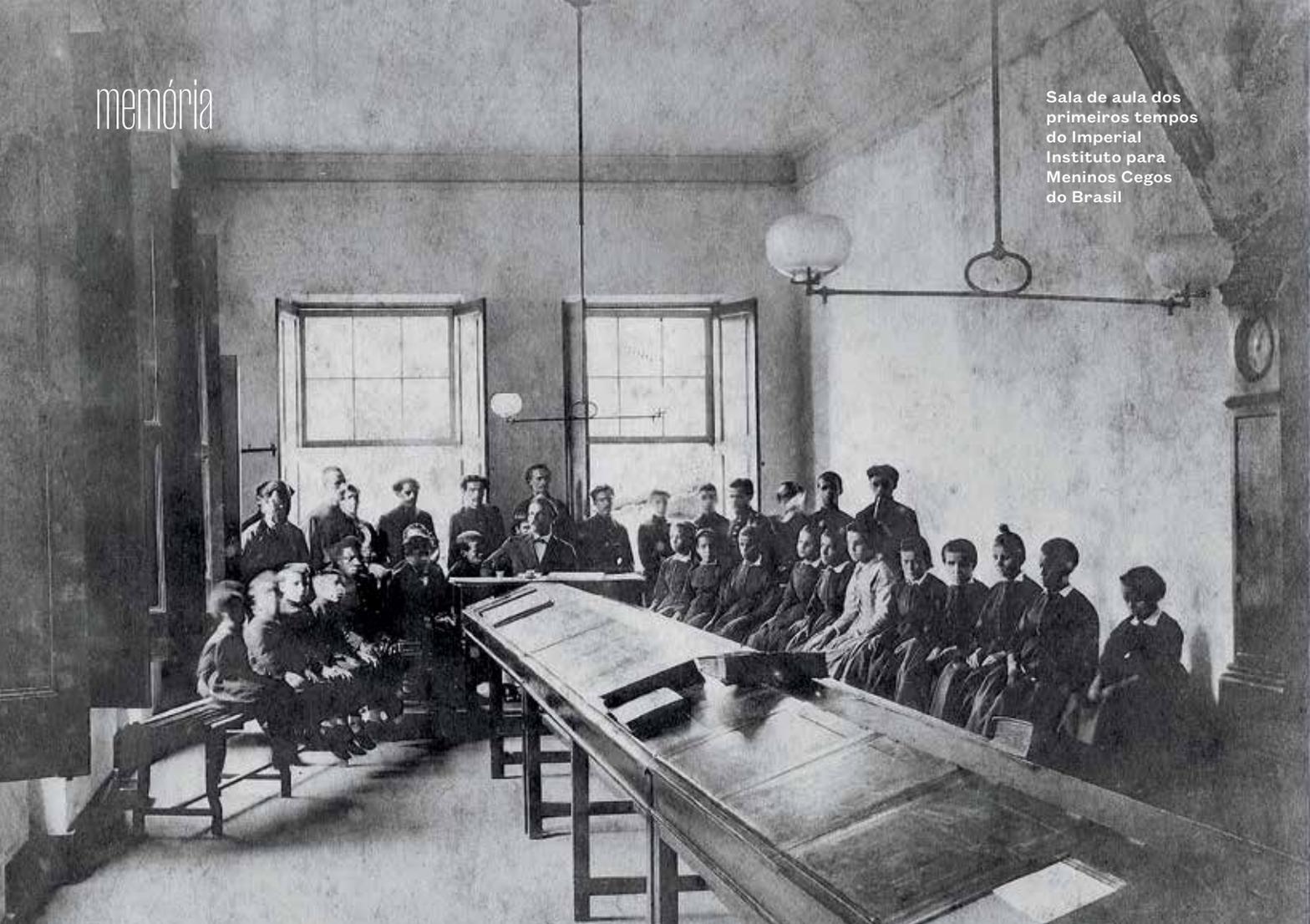
Na ocasião, os artistas escreveram um manifesto sobre como utilizar as tecnologias digitais. Em um dos pontos defendem a existência de “códigos de ética [...] e formas de regulação para resguardar o cumprimento desses códigos, com representação

dos povos indígenas”. No Brasil, a regulação de IA ainda não existe. O Projeto de Lei nº 2.338/23, que tem essa finalidade, foi aprovado em dezembro no Senado Federal, mas precisa passar por análise na Câmara dos Deputados, prevista para este ano.

Além da regulação da IA, a questão ambiental é um tema que mobiliza Baio, da Unicamp. Desde 2018, ele vem realizando uma série de obras em parceria com a artista norte-americana Lucy Solomon, da Universidade do Estado da Califórnia em San Marcos. Uma delas é *Insurreição micorrízica*, instalação de 2022 apresentada na 13ª Bienal do Mercosul daquele ano. “Nesse trabalho, treinamos uma IA com modelos de linguagem natural que reconhecem textos sobre temas ligados às mudanças climáticas, como desmatamento”, conta Baio. “A IA processa também sinais eletroquímicos que as células dos cogumelos, que integram a obra, emitem para se comunicarem entre si e transforma-os em mensagens que misturam texto e sinais gráficos. Na sequência, esse conteúdo pode ser enviado por aplicativo de mensagem para o telefone celular do espectador.”

Atualmente, Baio e Solomon desenvolvem com apoio da FAPESP experimento com IA generativa para avançar na interação entre seres humanos, máquinas e microrganismos, como fungos e protozoários. “Vamos trabalhar com a geração de imagem a partir de um banco de dados que estamos montando. Nele, estão imagens bidimensionais de microscópios e também dados gerados pelos próprios microrganismos”, conta o pesquisador. “Nossa ideia é criar uma IA interespecies.” ●

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



Gráficas de relevo

Instituto Benjamin Constant produziu os primeiros livros para cegos há 168 anos

ENRICO DI GREGORIO

Durante três anos, os professores do Imperial Instituto para Meninos Cegos do Brasil, inaugurado em 17 de setembro de 1854 no morro da Saúde, na região central do Rio de Janeiro, tinham à mão apenas livros em português e em francês importados para ensinar crianças com deficiência visual a ler. A gráfica própria, a primeira a imprimir em braile no Brasil, começou a tomar forma dois anos depois, quando um dos alunos do instituto e seu irmão, dono de uma oficina tipográfica, doaram 500 tipos (caracteres) de metal, fundidos em moldes vindos de Paris. A doação encorajou o médico Claudio Luiz da Costa (1798-1869), segundo diretor da escola, a aumentar a pressão sobre o governo, por meio de relatórios que insistiam na criação de “uma tipografia, de que temos urgente precisão”.

A gráfica entrou em operação em 1857. Era, porém, uma oficina “mal montada”, com “poucos ou quase nenhum dos ma-

teriais necessários aos trabalhos de impressão” e um prelo (impressora) “velho, muito pequeno e pesado”, segundo reclamações enviadas pelo diretor de 1869 a 1889, o engenheiro, militar e político Benjamin Constant Botelho de Magalhães (1836-1891), às autoridades do governo. Em sua homenagem, em 1891 o instituto teve o nome trocado para Benjamin Constant (IBC) e ganhou a atual sede, um prédio de arquitetura imperial na praia Vermelha, mantendo-se uma instituição pública, atualmente vinculada ao Ministério da Educação.

No início, os alunos ajudavam o mestre tipográfico Manoel Ferreira das Neves a imprimir os livros. Ajustavam as peças no prelo, encaixavam as folhas de papel na bandeja e empurravam as alavancas para pressionar as peças contra o papel, criando nele os pontos em relevo. Tinham de levar as páginas prontas logo para fora, porque poderiam se deteriorar se permanecessem na sala quente e úmida.

Em 1859, a gráfica imprimiu 60 exemplares do livro *Método para tocar órgão harmônico, 10 de Diversas obras para leituras d'instrução e recreio, 16 Cadernos de música, compreendendo os métodos para o ensino de contraponto e de tocar órgão harmônico*, poesias, catecismos, fábulas e lições de geografia. De 1869 a 1872, foram 360 livros, a maioria de gramática francesa e portuguesa.

Como a impressão era lenta, também se produziam livros em sala de aula. Os professores ditavam as obras escolhidas e os alunos transcreviam as palavras para o sistema braile. “Os alunos usavam uma punção, uma espécie de ponteira, para escrever e marcar o braile no papel e uma régua, hoje chamada de reglete, para marcar a posição correta dos caracteres escritos com a punção”, conta o historiador e professor do IBC Gabriel Bertozzi Leão, que em 2023 concluiu o doutorado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) sobre os primeiros livros em braile no Brasil. Ainda assim, a quantidade não era o suficiente. “Até a República, o instituto não conseguia imprimir livros suficientes para atender seus próprios alunos.”

O instituto resultou da mobilização do médico franco-brasileiro José Francisco Xavier Sigaud (1796-1856) e José

A versão em braile da Constituição do Império, impressa em 1878



2

Álvares de Azevedo (1834-1854), o primeiro professor cego no Brasil, que havia ensinado a filha de Sigaud, Adèle Marie Louise (1840-?). Azevedo estudou no Instituto Nacional de Jovens Cegos de Paris e voltou ao Rio em dezembro de 1850 com o propósito de abrir uma escola similar.

“Muitas escolas para cegos da Europa do século XIX utilizavam métodos de escrita em relevo baseadas no alfabeto romano linear e algumas tinham seus próprios códigos em relevo”, observa Leão. “Aos poucos, ao longo do século XIX, o braile foi se popularizando em todo o mundo como o melhor sistema de leitura e escrita em relevo para cegos.”

O sistema braile foi inventado depois do de relevo, quando Louis Braille (1809-1852), que havia perdido a visão dos dois olhos na infância, estudava no instituto de Paris. Em 1821, ele conheceu o código de comunicação criado pelo oficial do exército francês Nicholas-Charles Barbier de la Serre (1767-1841). Chamado de escrita noturna, consistia em uma sequência de 12 pontos e traços em relevo usados para passar mensagens codificadas no escuro para sentinelas.

Braille reduziu o código de 12 para 6 pontos e acrescentou números, sinais de pontuação e notações musicais. Em 1829, ele publicou um livro com o método, no qual cada letra é simbolizada pela combinação de um a seis pontos organizados em duas colunas de três pontos cada. O A é um único ponto, o primeiro da coluna à esquerda. Já o P é formado por quatro pontos: os três da primeira coluna e o primeiro da segunda coluna.

Amigo de Braille e mecânico cego, Pierre-François-Victor Foucault (1797-

-1871) desenvolveu a primeira máquina de escrever que se conhece, que imprimia caracteres romanos em relevo e permitia às pessoas cegas se comunicarem com as que tinham visão. Chamada *raffígrafo*, consistia em uma placa, uma moldura para segurar o papel e 10 pistões, cinco para cada mão. Foi uma das precursoras da máquina de escrever impressa e usada por cerca de 50 anos, até ser substituída por máquinas inventadas na Alemanha e nos Estados Unidos.

Maravilhado com os avanços da filha, Sigaud usou seus contatos como médico da corte para conseguir uma audiência de Azevedo com dom Pedro II (1825-1891). Ao ver que uma pessoa cega poderia ler e escrever por meio do sistema braile, o imperador aprovou a ideia de criar no Brasil algo parecido com o instituto de Paris. No livro *História cronológica do Imperial Instituto dos Meninos Cegos*, de 1862, Costa conta que o ministro dos Negócios do Império, Luiz Pedreira do Couto Ferraz (1818-1886), foi acionado e não perdeu tempo: “Mandou vir de Paris alfabetos em pontos salientes, livros lá impressos em língua portuguesa, do mesmo modo, e todo o mais material apropriado para dar-se princípio à instrução privativa dos cegos”.

O instituto brasileiro guardava semelhanças com o francês, como a estrutura organizacional e a oferta de educação escolar e profissional, mas também algumas diferenças. “O instituto francês tinha um ensino profissional robusto, com várias oficinas profissionalizantes, enquanto o brasileiro, durante o Impé-



3

Benjamin Constant, diretor e incentivador do instituto que ganhou seu nome

rio, mantinha apenas duas, de tipografia e de encadernação, e não tinha a intenção de dar um atendimento amplo à grande parte da população brasileira com deficiência visual ou contribuir para sua autonomia”, diz Leão. “Era mais uma vitrine, para mostrar à população e às nações estrangeiras a conquista de valores de civilidade e modernidade, supostamente alcançados pelo Império.”

Enquanto a escola de Paris atendia de 400 a 500 alunos, a do Rio, durante muito tempo, limitou-se a 30. Eram aceitos meninos e meninas de 6 a 14 anos desde que fossem livres e tivessem cegueira total e incurável. A escola oferecia instrução primária, educação moral e religiosa, ensino de música, alguns ramos de instrução secundária e ofícios fabris. Um capelão cuidava do ensino religioso.

“Por meio do ensino de catecismo e do evangelho, os costumes sociais e morais eram transmitidos aos alunos”, comenta Bárbara Santos, graduada em letras e professora do IBC, em um artigo publicado em setembro de 2019 na revista *Philologus*. Segundo ela, o ensino tinha “um caráter nacionalista, mas também libertador, no sentido de oportunizar certa independência para aqueles que não tinham expectativas no futuro, haja vista a sobrevivência dos cegos daquela época estar submetida à boa vontade de familiares ou às esmolas da sociedade”.

A pedagoga Cássia Geciauskas Sofiato, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FE-USP), após examinar documentos de 1854 a 1889, concluiu que o instituto se enquadrava no movimento higienista, expresso na preocupação com a arquitetura urbana e com os hábitos diários, de modo a evitar a propa-

gação de agentes causadores de doenças infecciosas. Os alunos só eram admitidos após exame médico comprovando que haviam recebido a vacina contra varíola – para eles, uma exigência, diferentemente da população em geral – e não sofriam de doença contagiosa. Em um artigo de julho de 2024 na *Revista Educação Especial*, ela conta que, até conseguir a atual sede própria, em 1891, o instituto ocupava espaços insalubres: “Uma série de falecimentos eram reportados devido a doenças, e a manutenção da saúde, o controle das dietas e o próprio atendimento aos enfermos eram tarefas hercúleas frente ao cenário vivenciado na instituição”.

Na República, o instituto cresceu rapidamente, principalmente depois de Benjamin Constant assumir o cargo de mi-

nistro da Instrução Pública no governo provisório. Além de facilitar a mudança da sede para a Urca, na zona sul da cidade, ele ajudou a diretoria a aumentar o número de alunos para mais de 100 e a criar oficinas de produção de escovas, vassouras, colchões, almofadas e cadeiras.

Atualmente o IBC atende 991 pessoas de todas as idades. A impressão de livros, uma de suas atividades centrais, começa com a seleção dos títulos, a cargo da equipe de Hylea de Camargo Vale Assis, professora de português e supervisora da Divisão de Imprensa Braille. “Recebemos pedidos de instituições públicas de todo o Brasil, mas as que mais pedem são escolas da educação básica”, informa ela.

O livro selecionado segue em formato PDF para os adaptadores, que transformam o texto para o código braille. “Adaptamos principalmente figuras, gráficos e outros elementos visuais”, conta o professor de matemática e coordenador da adaptação Luigi Amorim. “Quando necessário, também alteramos algumas palavras, como ‘destaque a palavra tal’, nos exercícios em livros didáticos, porque envolvem recursos visuais que dificultam o trabalho para as pessoas cegas.”

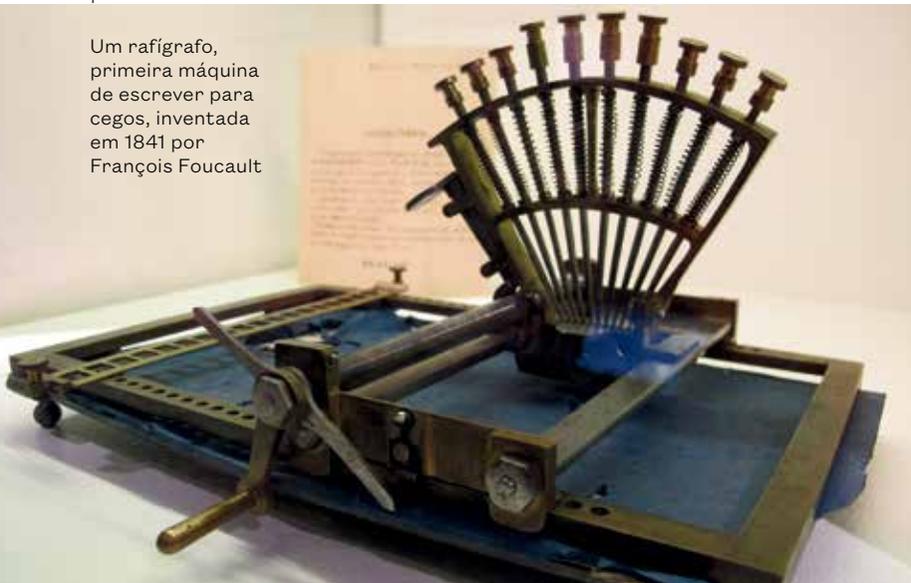
Na etapa seguinte, os transcritores montam cuidadosamente o arquivo digital em texto braille, que será lido por revisores cegos. Se encontrado algum



Produção de livros em braille em 1949 na então chamada Fundação para o Livro do Cego no Brasil

2

Um rafigrafo, primeira máquina de escrever para cegos, inventada em 1841 por François Foucault



erro, as folhas voltam para os adaptadores e só quando estão perfeitas é que seguem para uma das gráficas – uma no térreo, nos fundos do prédio, para grandes tiragens, e outra menor, no segundo andar, com impressoras modernas, para obras de pequena tiragem.

Por ano, a equipe editorial transcreve cerca de 200 títulos e imprime mais de 60 mil exemplares de livros didáticos e paradidáticos e revistas, enviados para escolas que atendem pessoas com deficiência visual. Segundo Assis, desde o início o instituto imprimiu mais de 4 milhões de páginas em braille.

Em outubro, o IBC abriu as inscrições para a primeira edição do Clube do Livro em Braille – IBC, que vai reunir os membros trimestralmente, de forma remota, para leituras e discussão de livros em braille. Já com 315 sócios, a primeira reunião deve ocorrer no início deste ano. “Há muita demanda do público cego para leitura de livros”, conta Assis. “Depois que eles saem das escolas, muitos perdem o acesso a títulos. Pretendemos atender esse desejo por leitura oferecendo o livro da roda de conversa e mais um livro de nosso catálogo.” A primeira obra a ser discutida será *Ponciá Vicêncio*, de Conceição Evaristo.

OUTRA GRÁFICA

Institutos similares surgiram somente no século XX – em Recife em 1909, em Minas Gerais em 1926 e em São Paulo em 1927. O IBC foi o único a produzir livros para cegos até 1946, quando a Fundação para o Livro do Cego no Brasil, desde 1991 chamada Fundação Dorina Nowill para Cegos, começou a funcionar na cidade de São Paulo. Depois de criar a instituição, a educadora Dorina de Gouvêa Nowill (1919-2010), cega aos 17 anos por causa de uma infecção ocular, dirigiu a Campanha Nacional de Educação dos Cegos, o primeiro órgão nacional para esse tipo de deficiência no Brasil, e fez programas para implantar serviços para pessoas com deficiência visual em todo o país e prevenir a cegueira.

A fundação produz livros em vários formatos. “Os livros didáticos e literários feitos no sistema braille e a tinta facilitam a leitura ao mesmo tempo para pessoas com e sem visão”, conta a graduada em marketing Carla de Maria, gerente de Soluções em Acessibilidade da funda-



Em operação: impressoras para grandes tiragens no IBC (acima) e digitais na Fundação Dorina Nowill (ao lado)



ção. Outro tipo são os audiolivros. “Eram feitos com artistas e voluntários que cediam as vozes para narração e gravação de livros literários, revistas e outros materiais. Hoje a produção é bem profissional, em estúdios”, ela acrescenta. Criada em 2023, a biblioteca on-line Dorinateca reúne 5.559 títulos de livros em braille e em áudio de acesso gratuito.

Professor em Paço do Lumiar, no Maranhão, o pedagogo Andriel dos Santos Rodrigues coordenou um estudo que listou 23 recursos tecnológicos auxiliares à alfabetização – a exemplo de leitores de tela, que convertem texto em áudio, softwares de reconhecimento de voz e escâners táteis, que convertem imagens e textos em formato tátil –, em um artigo de setembro de 2024 na *Revista Ibero-americana de Humanidades, Ciências e Educação*. Ele e os outros autores desse trabalho acentuam que, a despeito dos

avanços, “o preconceito, a falta de treinamento adequado para os professores e a carência de materiais didáticos acessíveis” podem aumentar a dificuldade de alfabetização de pessoas com deficiência visual. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 506 mil moradores do país são cegos e 6 milhões têm baixa visão.

Algumas iniciativas favorecem a publicação de novos materiais para esse grupo da população. Em 1985, o Sindicato Nacional dos Editores de Livros e o Ministério Público Federal criaram o Portal do Livro Acessível, por meio do qual pessoas cegas podem sugerir títulos específicos a editoras. Em 2015, o Brasil assinou o Tratado de Marraqueche, um esforço internacional para facilitar o acesso a livros em formatos acessíveis sem que os direitos autorais sejam violados. ●

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

Sem conflito



O biólogo Paulo Takeo Sano une o estudo da botânica e do direito para defender comunidades do Cerrado brasileiro

Nasci em São Paulo, mas morei dos 6 aos 15 anos em Santo Antônio do Jardim, uma pequena cidade do interior paulista, na divisa com Minas Gerais. Ali tive um contato intenso com a natureza, uma vivência que foi crucial para a decisão de me tornar biólogo. Na infância, quando me perguntavam o que eu gostaria de ser quando crescer, respondia que queria trabalhar com planta ou pedra. Um dia, meu pai me disse: “Para trabalhar com planta, tem que ser agrônomo, biólogo ou engenheiro florestal. Com pedra, geólogo”. Prestei vestibular para ciências biológicas e, em 1985, fui estudar na Unesp [Universidade Estadual Paulista], *campus* de Rio Claro.

Quando estava no primeiro semestre da faculdade, fui selecionado para participar de uma viagem para a Alemanha, promovida por uma ONG [organização não governamental] que levava estudan-

tes de nações em desenvolvimento para passar um mês naquele país. Fizemos um *tour* por várias cidades, fomos apresentados à cultura local e tivemos contato com as obras de filósofos alemães. Fiquei encantado com aquele universo e, quando voltei para o Brasil, resolvi trocar o curso de biologia pelo de filosofia.

Cursei dois anos de filosofia, entre 1986 e 1987, na Universidade Franciscana, em Santa Maria, no Rio Grande do Sul. A experiência foi importante porque abriu minha cabeça para a área de humanidades. Estudei grego e latim, duas línguas que estão na base da cultura ocidental. No entanto, desisti no meio do curso porque percebi que eu gostava mesmo era de biologia.

Prestei vestibular novamente e entrei no curso de ciências biológicas da Universidade de São Paulo [USP]. No segundo semestre da faculdade, participei de uma viagem de campo para a serra do Cipó,

em Minas Gerais. Viajamos 11 horas de Kombi e chegamos à noite. Na manhã seguinte, abri a janela do quarto e vi a paisagem de um campo rupestre, formada por rochas e plantas, exatamente o que me fascinava quando criança. Naquele momento, tive certeza de que queria trabalhar com aquilo pelo resto da vida.

Os campos rupestres existem nas áreas altas do Brasil, acima de 900 metros de altitude, e são entremeados por afloramentos rochosos. Nesse ambiente crescem as plantas da família das sempre-vivas, que são meu objeto de estudo até hoje. Essas plantas são popularmente conhecidas por esse nome porque mantêm um aspecto vívido mesmo após colhidas. As mais conhecidas são a pé-de-ouro, comum na serra do Espinhaço [MG], e o capim-dourado, presente na região do Jalapão, no Tocantins. São plantas muito usadas para a produção de artesanato, bijuteria e decoração, daí seu interesse comercial.

Sano com moradora da comunidade Durões, em Diamantina (MG), e, à esquerda, no *campus* do Butantã da USP

Durante a década de 1990, houve um *boom* de exportação de sempre-vivas para o mercado europeu. Um apanhador da serra do Cipó levava horas para coletar 1 quilo delas e o vendia por R\$ 3 para um depósito local. Esse depósito vendia o mesmo quilo por até R\$ 30 para um atravessador na capital, Belo Horizonte. Na Alemanha, um buquê de 100 gramas era vendido por US\$ 100. Essa disparidade foi algo que me sensibilizou muito. Sentia que era preciso trabalhar para melhorar a renda e a qualidade de vida dessas comunidades extrativistas.

Concluí o bacharelado e a licenciatura em 1991. Sob orientação da professora Ana Maria Giulietti, fiz o mestrado e depois o doutorado na USP, sempre pesquisando as sempre-vivas. Aos 28 anos, passei no concurso para docente do Departamento de Botânica da USP. Atualmente sou professor titular do departamento, onde comecei a lecionar em 1995.

Meu estágio de pós-doutorado foi no Kew Gardens, o Jardim Botânico Real da Inglaterra, em 1999. Quando voltei para o Brasil, retomei a vida de docente, dando aulas, orientando alunos de pós-graduação, fazendo pesquisa e trabalhando em atividades administrativas. Paralelamente à vida acadêmica, me casei e tive dois filhos.

Em 2016, meu filho mais velho foi prestar vestibular como “treineiro”. Ele ficou muito ansioso e travou na hora da prova. Para ajudá-lo, decidi prestar vestibular no ano seguinte junto com ele. Me inscrevi para direito, mas sem nenhuma pretensão de passar. Meu filho aca-



bou não entrando na USP. Ele ingressou no curso de engenharia de automação da Unicamp [Universidade Estadual de Campinas]. Para minha surpresa, eu entrei na última chamada para a Faculdade de Direito do Largo de São Francisco.

Minha esposa me convenceu a fazer o curso. Ela argumentou: “Você vive falando que essas comunidades do Cerrado são muito desprovidas, que não tem ninguém que olhe por elas. Estudando direito, você pode ter uma formação mista e ajudar essas pessoas. Por que você não tenta?”. Foi o que eu fiz.

Eu tinha receio de ser discriminado pelos meus colegas mais jovens, mas aconteceu o contrário: fui acolhido por eles. A experiência de voltar à graduação me ajudou na prática docente. Antes eu ficava incomodado porque os alunos não saíam do celular. Agora entendo que, muitas vezes, eles usam a tecnologia para pesquisar o que é ensinado em sala de aula. Passei a ver as mídias como aliadas e não como oponentes.

O que aprendi no direito me ajuda no trabalho como biólogo, principalmente na relação com as comunidades do Cerrado que vivem da colheita das sempre-vivas. Nós, das ciências biológicas, por muito tempo tivemos uma preocupação focada apenas em conservar a natureza, sem dar a devida atenção às pessoas que moram nesses locais.

Hoje está claro que é preciso ter uma abordagem voltada tanto para conservar os biomas, como para garantir os direitos das comunidades tradicionais que habitam neles, como é o caso dos moradores

de quilombos do Jalapão. Boa parte da renda deles vem do artesanato feito com capim-dourado. Essas comunidades têm todo o interesse em preservar o ambiente porque é ali onde elas vivem e onde estão sua história, sua identidade, seu modo de vida e seu ganha-pão.

Sou coordenador do Grupo Cajuí: Coprodução do Conhecimento, Sustentabilidade e Educação em Biodiversidade. Por conta das nossas pesquisas, eu e minha equipe fomos convidados pelo governo do Tocantins para auxiliar na elaboração da Lei Estadual do Capim-dourado [Lei nº 3.976, de 20 de julho de 2022], que regulamenta e normatiza a coleta e o uso dessas plantas.

Fiz meu TCC [Trabalho de Conclusão de Curso] na área de direito ambiental, sob orientação da professora Ana Maria de Oliveira Nusdeo. Abordei a questão do conflito entre as leis que incentivam o agronegócio e aquelas que protegem as comunidades tradicionais do Cerrado brasileiro.

Em agosto de 2024, dei início ao mestrado em direito ambiental. Meu projeto de pesquisa é sobre adaptação e justiça climática ligadas a essas comunidades tradicionais. Além disso, tenho um projeto de pesquisa aprovado pela FAPESP para trabalhar com grupos do Cerrado e da Mata Atlântica. A ideia é promover o diálogo e a coprodução do conhecimento ligado à conservação ambiental com essas comunidades tradicionais. Essas populações têm muito a nos ensinar sobre como viver integrado à natureza, algo urgente diante da crise climática que vivemos. ●

DEPOIMENTO CONCEDIDO A
LIA HAMA



SAIBA MAIS
Grupo Cajuí:
Coprodução do
Conhecimento,
Sustentabilidade
e Educação em
Biodiversidade

Laboratórios de moradia

JOANA MELLO DE CARVALHO E SILVA



Arquiteturas políticas: Projeto, trabalho e habitação popular em São Paulo
José Henrique Bortoluci
Editora Alameda
338 páginas
R\$ 94,00

N o livro *Arquiteturas políticas: Projeto, trabalho e habitação popular em São Paulo*, o sociólogo José Henrique Bortoluci lembra que, ao dizer que estava escrevendo uma tese sobre habitação popular, seu pai lhe pediu: “Fala para eles que os pobres merecem casas maiores”. A recordação frisa o senso crítico que aquele homem comum manifestava em um recado tão direto. Um recado “seu” – membro da classe trabalhadora para a qual se destinavam os programas habitacionais – para “eles” – políticos, arquitetos e outros profissionais responsáveis por sua formulação. O mensageiro era o próprio filho, um universitário ciente do valor ético de seu trabalho. Comprometido em erguer pontes entre esses mundos, o autor reflete sobre como o ambiente construído e a moradia de baixa renda se tornaram espaços de articulação de diferentes práticas e discursos políticos, projetuais, construtivos e habitacionais.

Sua leitura se apoia em uma nova formulação das relações entre o social e o material inspirada por autores como Pierre Bourdieu, Charles Peirce e Daniel Miller a partir da qual Bortoluci formula dois conceitos-chave de interpretação apresentados no capítulo “Entre sentido e coisas, uma teoria política do ambiente construído”: práticas semiomateriais – ações a um só tempo simbólicas e materiais que são produtor e vetor das ações humanas – e repertórios políticos. O argumento central do livro é que a análise desse ambiente deve considerar as etapas de projeto, obra e uso.

Já no capítulo “O desenho e a política: O campo da arquitetura em São Paulo (1950-1970)”, Bortoluci contribui ao mostrar como o distanciamento entre os arquitetos e aquelas pessoas para as quais imaginavam seus projetos marca a constituição da disciplina. Esse divórcio construtivo, geográfico e social é explorado no capítulo seguinte, “O brutalismo e o povo: Articulações espaciais de um repertório político de esquerda”, no qual aponta como a produção da arquitetura, em sua filiação ao projeto nacional-desenvolvimentista e seu desconhecimento das práticas, desafios e hábitos reais da crescente população periférica da cidade, adaptava a complexidade do social por meio de categorias abstratas e de uma teoria da história voltada para o futuro. Daí a me-

táfora recorrente dos “laboratórios” de habitação, outro achado interpretativo do autor.

O deslocamento da concepção da arquitetura como crítica e projeto de futuro defendida por figuras como Vilanova Artigas para outra, na qual a arquitetura era pensada como ação no presente com vistas à transformação nas relações de produção, tal como propunha Sérgio Ferro e a chamada Arquitetura Nova, é tema de reflexão do capítulo “Canteiro de obras, trabalho e a articulação de um novo programa (1970-1980)”. Embora tenha resultado em mudanças na prática, no ensino e na pesquisa, essa nova perspectiva não teria representado um rompimento completo com as práticas de projeto e construção das décadas de 1950 e 1960. Afinal, elas foram também laboratórios distantes do “povo”, tornando insustentável a afirmação de que há uma ligação direta entre as práticas da Arquitetura Nova e a associação entre arquitetos e os movimentos sociais, como o autor procura mostrar no último capítulo do livro, “Quando arquitetos e movimentos sociais se encontram (1980-1990)”. Nele, o autor constrói uma etnografia a partir dos conjuntos habitacionais Copromo e União da Juta, focalizando seus espaços, formas de produção, de trabalho e da materialidade, as aproximações, mas também conflitos, práticas e discursos entre a assessoria técnica Usina – Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado e os moradores-operários.

Nas considerações finais, ao recuperar o poema “Perguntas de um trabalhador que lê”, de Bertolt Brecht, o autor sintetiza seus argumentos, afirmando que “as narrativas hegemônicas sobre arquitetura e história urbana reduzem violentamente nossa compreensão acerca das formas de agência envolvidas na produção do ambiente construído”. É contra essa narrativa que ele se coloca, desvendando suas formas discursivas e recuperando as práticas semiomateriais e os repertórios políticos desses outros agentes. Seu lugar entre dois mundos lança novas luzes sobre a produção habitacional, construindo críticas que parecem travadas no campo da arquitetura e do urbanismo. Ao destravá-las, Bortoluci aponta caminhos inspiradores de reflexão e prática.

Joana Mello de Carvalho e Silva é professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo.

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Carmino Antonio de Souza

CONSELHO SUPERIOR

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

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO**DIRETOR-PRESIDENTE**

Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO

Marcio de Castro Silva Filho

DIRETOR ADMINISTRATIVO

Fernando Menezes de Almeida

pesquisafapesp

ISSN 1519-8774

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

Luiz Nunes de Oliveira

DIRETORA DE REDAÇÃO

Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE

Nelson Marcolin

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

Christina Queiroz e Sarah Schmidt

ARTEClaudia Warrak (*Editora*), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecília Felli (*Designers*), Alexandre Afonso (*Editor de infografia*)**FOTÓGRAFO**

Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS

Valter Rodrigues

SITEYuri 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 Caravieni (*Produção*)**REVISÃO**

Alexandre Oliveira e Margô Negro

REVISÃO TÉCNICA

Ana Maria de Almeida, Celio Haddad, Deisy de Souza, Douglas Zampieri, Jean Ometto, José Roberto Arruda, Gabriela Pellegrino Soares, Gustavo Dalpian, Gustavo Romero, Gustavo Wiederhecker, João Pereira Leite, Maria de Fátima Morethy Couto, Mariana Cabral de Oliveira, Reinaldo Salomão, Rubens Caram Junior

COLABORADORES

Célio Messias, Danilo Albergaria, Enrico di Gregorio, Frances Jones, Joana Mello de Carvalho e Silva, Gabriel Sabino, Giselle Soares, Guilherme Costa, Lia Hama, Mariana Ceci, Natália Gregorini, Regiane Oliveira, Ricardo Balthazar, Ricardo Hirata, Sinésio Pires Ferreira, Suzel Tunes

MARKETING E PUBLICIDADE

Paula Iliadis

CIRCULAÇÃOAparecida 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 28.310 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

**UNIVERSIDADE E MERCADO**

A dificuldade em levar inovação das universidades para o mercado mostra como ainda estamos engatinhando na articulação entre pesquisa e produção (“Transmissão de conhecimento”, edição 346). Parece que falta investimento e estrutura, mas também uma cultura de valorização da ciência aplicada. Não adianta só criar leis se não houver uma estratégia mais robusta para integrar academia e setor produtivo de forma prática e eficiente.

Erík C. Gomes

Além dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT), que fazem a proteção e licenciamento das tecnologias criadas nas universidades, são necessários também profissionais que conseguem promover projetos com o mercado. É preciso gente que saiba fazer gestão de projetos e consiga trabalhar dentro da universidade.

Veronica Valadares**PLÁSTICOS NO CÉREBRO**

Parabéns à equipe pelo empenho e sucesso na pesquisa (“A vida imersa em microplásticos”, edição 347). É um grande alerta ao uso de plásticos.

Nadir Carvalho Marques**PÓS-GRADUAÇÃO**

O novo modelo se parece com os itinerários formativos do novo ensino

médio (“Atalho flexível”, edição 347). Será que vamos caminhar rumo à precarização da pesquisa acadêmica?

Aline Rodrigues Teixeira**REVISÃO DE PAPERS**

Um grande momento para remunerar o trabalho dos voluntários que fazem uma enorme quantidade de trabalho oculto no campo científico (“Conflito de interesses”, disponível apenas no site).

Tadeu Teixeira**VÍDEO**

É triste a história ambiental do Brasil (“Os impactos de Belo Monte na vida de indígenas e ribeirinhos”). Parabéns por denunciarem as consequências dessas obras que “fazem o bem para a economia do país”.

Maria Eduarda Nacif

Lutamos muito para isso não acontecer. Foram muitos protestos e discussões, mas ganhou o desenvolvimento e sua lógica de sacrifício do mundo natural e social das zonas de mata e florestas. Triste como podem arrasar com comunidades de pescadores e aldeias.

Isabela Frade

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

ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇO

Envie um e-mail para

assinaturaspesquisa@fapesp.br

PARA ANUNCIAR

Contate: Paula Iliadis

E-mail: publicidade@fapesp.br

EDIÇÕES ANTERIORES

Preço atual de capa acrescido do custo de postagem.

Peça pelo e-mail:

assinaturasrevista@fapesp.br

LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO

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

CONTATOS

revistapesquisa.fapesp.br

redacao@fapesp.br



PesquisaFapesp



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.



Ilha nada deserta

Não há habitantes humanos na ilha dos Alcatrazes, 35 quilômetros ao sul de São Sebastião, litoral paulista. Mas cerca de 1.300 espécies de plantas e animais vivem no local, entre elas milhares de aves marinhas que lá têm seu pouso (como os alcatrazes). Daí a denominação tupinambá para o arquipélago: Wyrá r-etá-ma, ou local das aves, que batiza a bromélia recém-descrita, *Tillandsia uiraretama*, que só vive ali e recobre os paredões de granito com suas flores de cor lilás. A espécie mais aparentada, no continente, tem flores menores e brancas.

Imagem enviada pelo botânico **Gabriel Sabino**, estudante de doutorado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Deixou escapar? Temos sugestões

pesquisafapesp

SUGESTÕES DA REDAÇÃO

Uma retrospectiva pelos olhos de quem faz Pesquisa FAPESP



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 Jayne Oliveira, coordenadora de produção do site



pesquisafapesp

SUGESTÕES DA REDAÇÃO

Por Yuri Vasconcelos, editor de Tecnologia e coordenador do site



INSCREVA-SE





revista **pesquisa**fapesp

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