

Pesquisa



NOVEMBRO DE 2023 | ANO 24, N. 333

FAPESP



COMBUSTÍVEL PARA O FUTURO

Brasil avança em pesquisa e produção de hidrogênio sustentável, uma aposta para a transição energética

Plásticos se fundem com minerais e restos de animais e poluem o mar

Taxa de suicídio entre indígenas é três vezes maior do que na população geral

Nos últimos 30 anos, chuvas diminuíram até 50% no Cerrado durante a estação seca

Inspirado em nações desenvolvidas e sob impacto da pandemia, país desenha nova política industrial

Geoglifos e terra preta registram intensa atividade humana há milênios na Amazônia

Governo desconhece número de pessoas com altas habilidades

PODCAST PESQUISA BRASIL

CIÊNCIA PARA OS SEUS OUVIDOS

Toda semana,
um novo programa.

Você pode seguir,
baixar e ouvir
nos seguintes aplicativos

 Apple podcasts

 Deezer

 Google podcasts

 Spotify

revistapesquisa.fapesp.br/podcasts

Rádio USP FM 93,7 (São Paulo)
e 107,9 (Ribeirão Preto)
Sextas-feiras, às 13h

Rádio UFSCar FM 95,3 (São Carlos)
Domingos, às 16h

Rádio Unicamp (www.sec.unicamp.br)
Segundas-feiras, às 13h

Rádio Unesp FM 105,7 (Bauru)
Quartas-feiras, às 20h
Reapresentação aos domingos, às 16h









Pesquisa
BRASIL 



5 CARTA DA EDITORA

6 NOTAS

CAPA

12 Brasil inicia a produção de hidrogênio sustentável, alternativa para descarbonizar o planeta

ENTREVISTA

20 Presidente da Biblioteca Nacional, Marco Lucchesi traduz autores de línguas como persa, russo e turco

DESENVOLVIMENTO

26 Governo e setor privado desenham nova política industrial baseada em grandes missões

SAÚDE

31 Centro de terapias avançadas do Einstein mira tratamentos para doenças genéticas

DIFUSÃO

34 Estudo mapeia percalços de pesquisadores que não escrevem bem em inglês

BOAS PRÁTICAS

38 A busca de parâmetros para julgar casos de má conduta causados por imprudência

DADOS

41 Publicações científicas sobre mudanças climáticas

ASTROFÍSICA

42 Dados do telescópio James Webb acirram debate sobre a taxa de expansão do Universo

FÍSICA

46 Gravidade atrai a antimatéria da mesma forma que a matéria

PRÊMIO NOBEL

48 Onze pessoas receberam a láurea este ano, entre elas quatro mulheres

CLIMA

52 Nas três últimas décadas, chuvas no Cerrado diminuíram até 50% durante estação seca

AMBIENTE

54 Rochas plásticas emergem como nova ameaça ao ambiente marinho

ECOLOGIA

56 Infectadas por fungos, aranhas sobem mais alto nas árvores, onde morrem

GENÉTICA

58 Causador da febre chikungunya provocou sete surtos em uma década no Brasil

Capa
Maurício Pierro



NOVEMBRO 2023

FOTO: FABIO COLOMBINI

Campo de Cerrado no Parque Estadual do Jalapão (TO), em 2019: chuvas estão se tornando mais escassas (CLIMA, P. 52)

Pesquisa 333
FAPESP



Poeta e tradutor José Paulo Paes ganha coletânea (LITERATURA, p. 84)

EPIDEMIOLOGIA

61 Taxa de suicídio entre indígenas supera em quase três vezes a da população geral

ARQUEOLOGIA

64 Milhares de geoglifos e produção intencional de terra preta indicam ocupação antiga da Amazônia

PALEONTOLOGIA

68 *Lusognathus almadrava* é a primeira espécie de pterossauro descrita em Portugal

ENGENHARIA ELETRÔNICA

70 O supermicroscópio de raios X que elucida segredos de fósseis, plantas e diamantes

POLÍTICAS PÚBLICAS

74 Brasil carece de iniciativas para identificar superdotados em larga escala

MÚSICA

80 Pesquisador reúne partituras de Antonio Madureira, um dos principais nomes do Movimento Armorial

LITERATURA

84 Coletâneas ampliam perspectivas sobre a obra do poeta, tradutor e crítico José Paulo Paes

OBITUÁRIOS

88 Luiz André Barroso (1963-2023)
89 Ana Maria de Almeida Camargo (1945-2023)

MEMÓRIA

90 Veteranos do Projeto Nióbio tentam resgatá-lo do esquecimento

ITINERÁRIOS DE PESQUISA

94 Mais que uma documentalista, Elisabete Ribas zela pelo legado de intelectuais brasileiros

RESENHA

96 *Sacerdotisas voduns e rainhas do Rosário: Mulheres africanas e Inquisição em Minas Gerais (século XVIII)*, de Aldair Rodrigues e Moacir Maia (orgs.). Por Lisa Earl Castillo

97 COMENTÁRIOS

98 FOTOLAB



VÍDEO

O que é o DNA?

Animação explica conceitos básicos da genética, entre eles o que são os genes, o RNA e as bases nitrogenadas



VÍDEO

O que são as doenças negligenciadas?

Cerca de 2 bilhões de pessoas são afetadas no mundo por essas enfermidades, que incluem Chagas e malária



PODCAST

A falta que faz o professor

As causas do apagão de docentes na educação básica e o desafio de resgatar o prestígio da carreira no magistério. E mais: física de plasmas; risco tecnológico; variedade de presas

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



Elementos químicos e simbólicos

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

Desver é um termo muito usado nas redes sociais e indica a vontade de não ter visto algo. O neologismo vem à mente quando nos defrontamos com imagens das grotescas “rochas plásticas”: uma involuntária criação humana composta por minerais, polímeros e restos animais (*página 54*).

Os plásticos que invadem nossos oceanos e rios são mais uma externalidade negativa da nossa dependência de recursos fósseis, além da poluição atmosférica e do aquecimento global. A necessidade premente de transição para um regime de baixa emissão de carbono motiva a busca de fontes de energia e materiais alternativos. Entre outros requisitos, elas devem ser tecnologicamente viáveis, ambientalmente sustentáveis e capazes de suprir uma demanda crescente.

Um combustível promissor, estudado há muitos anos e que começa a ser produzido em ritmo mais acelerado, é o hidrogênio. Elemento químico abundante na natureza, mas raramente encontrado de forma isolada, ele pode ser obtido de diversas fontes, como pela quebra das moléculas de água e de etanol, ou pela reforma de gás natural, entre outras. A rota tecnológica escolhida na produção desse combustível gasoso também é central para sua classificação em uma escala de emissão de carbono: o mix fonte + rota tecnológica determina o quão limpo é o combustível.

A proposta é que o hidrogênio substitua combustíveis fósseis em setores como transporte e indústrias intensivas em energia, mostra o editor Yuri Vasconcelos em abrangente reportagem sobre o tema que ilustra a capa (*página 12*).

Quando o Cosmo era basicamente uma nuvem espessa formada por hidrogênio e hélio, logo após o Big Bang, começaram a surgir as primeiras es-

treias e galáxias, a partir da aglutinação dos elementos existentes. Lançado no final de 2021, o supertelelescópio James Webb registrou o início desse processo ao observar galáxias totalmente formadas quando o Universo tinha apenas 5% de sua idade atual. As primeiras imagens, além de avançar o entendimento sobre a gênese e a evolução das galáxias, também têm sido usadas para calcular a velocidade de expansão do Universo (*página 42*).

Mais um elemento químico da tabela periódica, o nióbio, está presente nesta edição. A seção Memória conta a história dos veteranos do projeto nacional dedicado à produção do nióbio metálico (*página 90*). O esforço para a autossuficiência nessa liga utilizada em equipamentos como a ressonância magnética rendeu frutos industriais e acadêmicos.

Guardião do patrimônio bibliográfico brasileiro, com mais de 10 milhões de itens, a bicentenária Biblioteca Nacional é um tesouro. O professor de literatura comparada da UFRJ Marco Lucchesi assumiu neste ano a presidência da instituição, com a missão de torná-la mais acessível. Em entrevista à jornalista Christina Queiroz, o poeta e escritor fala de seu trabalho à frente da BN e da importância da pesquisa nas áreas de literatura e história para a tradução de autores para o português, atividade à qual também se dedica (*página 20*).

Para fechar, uma notícia bem-vinda. Uma plataforma de divulgação científica foi inaugurada pelo Hospital Albert Einstein, em São Paulo. O *Science Arena* publica reportagens, ensaios e artigos sobre a produção científica brasileira e global (*ver box à página 33*). A plataforma é coordenada pelo jornalista Bruno de Pierro, ex-colaborador desta *Pesquisa FAPESP*. Longa vida à iniciativa!

NOTAS



À espera de efeitos ainda mais drásticos

Quem não viu imagens recentes de rios secos na Amazônia, deixando botos mortos e ribeirinhos com pouca água e pesca, vive em outro planeta. A preocupação com os efeitos de mudanças climáticas nessa região move especialistas em clima e ecologia, e pode ser ainda maior do que se estima. “Uma preocupação é que modelos climáticos subestimem a sensibilidade do sistema floresta-clima. Se for isso mesmo, a Amazônia pode estar em perigo iminente de atravessar os limites de clima ou desmatamento que resultariam em perda da floresta em larga escala”, escreveram o químico britânico Dominick Spracklen, da Universidade de Leeds, no Reino Unido, e o meteorologista Caio Coelho, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), no comentário sobre um artigo

publicado na revista *Science Advances* por pesquisadores do Instituto de Potsdam para Pesquisa sobre Impacto Climático, na Alemanha. O modelo climático dinâmico inclui interações entre a floresta, a atmosfera e o clima, e aponta as consequências da redução de evapotranspiração pela retirada de árvores e da entrada de umidade atmosférica por mudanças na temperatura. A mortalidade súbita das árvores quando o solo se torna menos úmido também aparece no modelo. Consideradas em conjunto, essas interações podem levar a efeitos drásticos e abruptos, de maneira mais grave do que outros modelos previam ao considerar a proporção de desmatamento ou o aquecimento suficiente para que a floresta atinja um ponto de não retorno (*Science Advances*, 4 de outubro).

Casas flutuantes em um porto agora seco em Iranduba, Amazonas, em 4 de outubro: forte seca pode também causar mortalidade súbita das árvores

Raio X dos nutrientes das plantas

Já usado para identificar e quantificar elementos químicos em minérios e no solo, o espectrômetro portátil de fluorescência de raios X (pXRF) pode servir também para medir a concentração de nutrientes em folhas de plantas. Uma equipe da Universidade Federal de Lavras (Ufla), de Minas Gerais, coordenada pelo agrônomo Bruno Ribeiro, testou essa abordagem utilizando folhas intactas e frescas de oito culturas (feijão, mamona, café, eucalipto, goiaba, milho, manga e soja). As concentrações de micro e macronutrientes, obtidas por meio de técnicas de aprendizado de máquina, foram muito próximas das registradas em folhas secas e moídas utilizando métodos de laboratório convencionais. Com custo próximo a R\$ 150 mil, mais baixo que o dos equipamentos de maior porte usados em laboratórios, o aparelho de pXRF converte as energias características dos raios X emitidos por certos elementos da amostra em sinais elétricos que são quantificados (*Chemosphere*, outubro).



Marcela Vieira da Costa, da Ufla, em análise foliar no campo

3



Saturno visto pela sonda Cassini em fevereiro de 2011, 12 semanas após um primeiro megaturbilhão ter sido detectado

Cicatrizes que duram séculos

As tempestades de Saturno são gigantes. Assemelham-se a furacões terrestres, mas são bem maiores. Acontecem a cada 20 ou 30 anos, aproximadamente, e deixam marcas que duram séculos. Com dados da rede de radiotelescópios conhecida como Very Large Array (VLA), o grupo da astrônoma holandesa Imke de Pater, do *campus* de Berkeley da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, que estuda esses fenômenos há quatro décadas, conseguiu enxergar abaixo das camadas de nuvens visíveis em torno de planetas gigantes. Assim, os pesquisadores perceberam que, nas tempestades, a amônia é mais escassa nas altitudes médias e se torna mais concentrada quando se mergulha entre 100 e 200 quilômetros na atmosfera composta principalmente por hidrogênio e hélio. A hipótese mais consistente até o momento é que a amônia, gás composto por nitrogênio e hidrogênio, seja transportada para a atmosfera inferior por meio de precipitação e evaporação, um efeito duradouro. Os especialistas ainda não sabem, no entanto, o que poderia causar essas tempestades (*Science Advances*, 11 de agosto).

Aranhas, aliadas dos homens

A picada da aranha-armadeira (*Phoneutria nigriventer*) injeta um veneno que, em homens jovens, pode causar uma ereção involuntária, persistente e dolorosa chamada priapismo. Com base no mecanismo de funcionamento da toxina, um grupo da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), coordenado pela bióloga Maria Elena de Lima, identificou a parte da proteína que causa esse efeito colateral e sintetizou uma molécula para tratar a impotência sexual. O trabalho é importante porque uma proporção da população masculina tem doenças crônicas, como hipertensão e diabetes, que tornam contraindi-

cados os medicamentos existentes contra esse problema. O peptídeo, denominado BZ371A, já foi testado em roedores e em pessoas (homens e mulheres) e se mostrou capaz de ativar a circulação sanguínea da região genital, sem efeitos tóxicos relevantes. Agora será aplicado a homens com disfunção erétil causada pela retirada da próstata, no estudo clínico de fase 2 conduzido pela empresa brasileira Biozeus Biopharmaceutical. Se avançar, esse composto poderá ser usado na forma de gel. A aplicação tópica tende a ter menos efeitos indesejados, além de atuar mais rapidamente (*Notícias UFMG*, 13 de setembro).

Aranha-armadeira, inspiração para um fármaco contra disfunção erétil





Mapeamento de poços como estes poderia reavivar o abastecimento hídrico em Marrocos

Canais subterrâneos para guardar água no deserto

Uma combinação de imagens de satélite, mídias sociais e conhecimento tradicional permitiu mapear 28 mil quilômetros de canais subterrâneos chamados *khettara*, em Marrocos, construídos para conduzir água a partir de poços escavados. As estruturas são usadas há milênios nessa região desértica para obter água potável e irrigar plantas, mas muitas estão secando em consequência do uso excessivo, que pode causar obstrução de canais. A empreitada fez parte do mestrado da arqueóloga Emily Hayes-Rich, na Universidade do Novo México, nos Estados Unidos. Ao perceber que as imagens de satélite nem sempre eram suficientes para identificar todos os *khettara*, ela usou redes sociais para encontrar moradores e pedir que lhe mostrassem os canais que usavam. Com essa conjunção de saberes ela e seus colegas identificaram mais de 3 mil canais, dos quais um quarto ainda em uso. O mapeamento pode ajudar a revitalizar o sistema hídrico das populações atuais e estimular estudos sobre sua formação. Projetos em outros países, como o Paquistão e os Emirados Árabes Unidos, também buscam recuperar antigas redes de abastecimento de água (*Science*, 19 de setembro).

Serpente que grita

Em busca de répteis e anfíbios durante uma caminhada noturna, estudantes de pós-graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) encontraram uma pequena serpente papa-lesma (*Dipsas catesbyi*) e decidiram documentar em vídeo seu comportamento habitual de esconder a cabeça quando ameaçada. A grande surpresa, ao manusear o animal, não foi a reação mais agressiva (para uma criatura tão tímida) de se desenrolar e abrir a boca. Foi ouvi-la emitir um som como um pio. “Fizemos o primeiro registro desse comportamento para qualquer serpente na América do Sul”, comemora o biólogo Igor Yuri Fernandes, estudante de doutorado que operava a câmera. “Depois da publicação, vários pesquisadores e entusiastas em história natural comentaram já ter ouvido vocalizações em tipos variados de serpentes.” Aparentemente, trata-se de uma indicação de que, embora esses répteis não gritem com frequência, eles têm essa capacidade. Com o registro público, aumenta o estímulo para ampliar a documentação (*Acta Amazonica*, newsletter do Inpa, 16 de outubro).



Normalmente tímida, papa-lesma pode se defender com som que lembra um pio



Mesa ritual usada em cerimônias por antigos povos maias do México

Escultura pré-hispânica

Funcionários do Instituto Nacional de Antropologia e História (Inah), no México, recuperaram uma escultura com a representação de um Chac Mool, mesa ritual supostamente usada em cerimônias de sacrifícios e oferendas, descoberto em agosto durante obras na cidade de Pátzcuaro. Esculpida em basalto, com 90 centímetros (cm) de comprimento, 80 cm de altura e data do período pós-clássico tardio da civilização maia (1.350-1.521 d.C.), poderia ter sido trazida de um local próximo, já que nenhum outro material arqueológico foi visto perto dela. No final do século XIX, o etnólogo norueguês Carl Lumholtz (1851-1922) adquiriu em Pátzcuaro um Chac Mool que havia sido encontrado em Ihuatzio, a 15 quilômetros de distância, e está no Museu Americano de História Natural de Nova York, Estados Unidos. Existem outras três peças conhecidas como Chac Mool de Ihuatzio, guardadas em museus do México. Outras peças desse tipo, datadas de 900 a 1.521 d.C., foram encontradas nas cidades de Tula, no estado de Hidalgo, e de Chichén Itzá, em Yucatán, e no Templo Mayor, na Cidade do México (Inah, 4 de setembro).

Um jabuti acadêmico

Prêmio literário mais importante do país, concedido pela Câmara Brasileira do Livro, o Jabuti terá agora uma versão acadêmica. A primeira edição deve acontecer em meados de 2024. “É um prêmio que vai trazer à tona todas as publicações científicas, técnicas, profissionais – toda uma área fundamental para a formação de recursos humanos no país, que era pouco contemplada no prêmio tradicional”, contou o físico Marcelo Knobel, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), curador dessa primeira edição, ao podcast *Pesquisa Brasil*. “A ideia é que envolva todas as áreas do conhecimento e também algumas premiações especiais, como ilustração e divulgação científica.” Ele considera a iniciativa necessária ao desenvolvimento do país e está no processo de definir a comissão julgadora e os detalhes de como se dará o processo de seleção, entre livros de autores brasileiros ou radicados no país, publicados ao longo de 2023. As inscrições devem ter início no começo de 2024 (*Pesquisa Brasil*, 7 de outubro).



Krenakanthus ribeiranus, de Minas Gerais, tem folhas peludas

4

A bromélia fora dos padrões

Uma nova espécie de bromélia desafia a imagem que se tem dessas plantas: folhas pontudas, meio rígidas, brilhantes, organizadas em uma roseta que acumula água. *Krenakanthus ribeiranus* não é nada disso. “Além de ser uma planta que eu nunca tinha visto na região, as folhas peludas, como as do capim, chamaram a minha atenção, além das flores saindo no meio das folhas”, conta Júlio César Ribeiro, em comunicado da *Agência Bori*. Morador do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, ele não é pesquisador e localizou a novidade enquanto explorava a mata e foi atraído por uma pequena flor cor-de-rosa em um paredão rochoso. “Essa planta é tão diferente que, quando recebemos a foto enviada pelo Júlio, achamos que ela pudesse ser de várias outras espécies, menos uma bromélia”, relatou o botânico Dayvid Couto, do Instituto Nacional da Mata Atlântica (Inma), integrante do grupo que descreveu a nova espécie. O gênero, que contém apenas uma outra espécie, significa flor dos Krenak, povo indígena da região. *K. ribeiranus*, que também homenageia seu descobridor, já entra para os anais científicos classificada como ameaçada de extinção (*Phytotaxa*, 5 de outubro).



Atobá-de-pés-vermelhos (*Sula sula*), uma das espécies atacadas pelo vírus

Gripe aviária em Galápagos

A vigilância epidemiológica internacional da gripe aviária, causada pelo vírus H5N1, tem lançado alertas. Um deles, pela detecção do vírus em amostras de aves encontradas mortas no arquipélago de Galápagos, formado por dezenas de ilhas e rochedos, a cerca de mil quilômetros da costa equatoriana. A identificação da doença ali preocupa porque a região abriga uma grande diversidade de aves endêmicas. O naturalista britânico Charles Darwin (1809-1882), ao longo de sua viagem ao redor do mundo no navio HMS Beagle, observou-as enquanto percorria quatro ilhas do arquipélago, de 15 de setembro a 20 de outubro de 1835, e as conclusões a que chegou sobre as variações do formato do bico contribuíram para suas hipóteses sobre a diversidade biológica expressas no livro *Origem das espécies*, publicado em 1859. Galápagos é também um destino turístico importante, o que gera uma cautela quanto à transmissão para seres humanos. A suspeita é de que aves migratórias que percorrem longas distâncias sejam responsáveis pelo contágio. No México, o vírus foi detectado em outubro em um pato selvagem. Não há sinal, ainda, nas criações comerciais de aves (*Science*, 25 de setembro; *Reuters*, 5 de outubro).



Macarrão de alto teor proteico

Terminou com bons resultados o teste de odor, sabor e textura da proteína produzida por fermentação de biomassa pela Tekohá, startup sediada no Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia (Cietec), na capital paulista. Em maio e setembro de 2022, como parte de uma pesquisa apoiada pelo programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) da FAPESP, 89 voluntários avaliaram diversos tipos de macarrão espaguete apenas cozidos, sem sal, molho ou temperos. Um dos tipos, usado como controle, era feito apenas com farinha de trigo (5% de proteína) e os outros tinham de 15% a 30% da proteína produzida em laboratório. A massa de controle e a de teor proteico mais baixo tiveram uma aceitação de 100%, e a de teor proteico mais alto 67%. "Maiores proporções de proteína prejudicaram a textura do macarrão", observou a biotecnologista Manuella Silverio, uma das proprietárias da empresa. A meta é aumentar o teor proteico em alimentos, desde massas até análogos de leite, para a nutrição humana. "Conseguimos preparar um concentrado proteico de até 65% de proteína, com todos os aminoácidos essenciais para a nutrição humana e uma eficiência de conversão [taxa de aproveitamento] de proteínas de 83% em cinco dias, enquanto a de sistemas animais varia entre 3,8% e 25%."

2



Produzido por fermentação, concentrado pode ter até 65% de proteína

Mais calor e frio, mais acidentes de trabalho

Causado por temperaturas muito altas ou muito baixas, o desconforto térmico pode levar à perda de força muscular, enfraquecimento da memória, reações mais lentas e acidentes de trabalho. Pesquisadores das universidades Estadual de Maringá (UEM) e Federal do Paraná (UFPR) examinaram 211.396 acidentes de trabalho registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação do Ministério da Saúde (Sinan-MS) de 2006 a 2019. A maioria ocorreu na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo (36%), dentro das empresas (56,9%) e entre homens (80,21%), atingindo mãos (30,74%), braços (17,83%) e pernas (17%). A sobreposição com informações sobre o clima do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) mostrou que os acidentes mais graves, com lesões na cabeça e no peito, ocorrem quando sob temperaturas entre 23,3 graus Celsius (°C) e 30,7 °C. Acidentes de trabalho em cooperativas nas regiões Norte e Nordeste estão associados a uma faixa de temperatura ainda mais alta, de 30,7 °C a 38,1 °C. Os autores do estudo recomendam pausas frequentes ao longo da jornada de trabalho, principalmente durante as ondas de calor, definidas como mais de três dias seguidos com temperatura acima de 35 °C (*Safety Science*, maio).

Homenagem a Ronald Shellard

O Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e o Instituto Benjamin Constant, ambos do Rio de Janeiro, lançaram a versão em braille do livro *Ciência para o Brasil – Ronald Cintra Shellard (1948-2021)*. Físico experimental de altas energias e diretor do CBPF por duas vezes, foi um dos primeiros a defender a participação brasileira na Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (Cern), em Genebra, na Suíça. É a primeira vez que o Instituto Benjamin Constant, que é uma escola e centro de referência para deficientes visuais, lança um livro em braille de um tema relacionado à física. A organização e a edição da obra, publicada no ano passado, são de Antonio Augusto Passos Videira, do Departamento de Filosofia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), pesquisador-colaborador do CBPF, e do jornalista especializado em ciências exatas Cássio Leite Vieira, que também se dedica à história da física. Financiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o livro de 216 páginas contém um ensaio sobre a história da física de altas energias no Brasil, um perfil de Shellard, na forma de relatos pessoais dos organizadores, e uma seleção de cartas, entrevistas e artigos sobre sua atuação em política científica e na divulgação científica. O livro pode ser acessado gratuitamente pelo site do CBPF.



3

Agropecuária acelera erosão no Cerrado

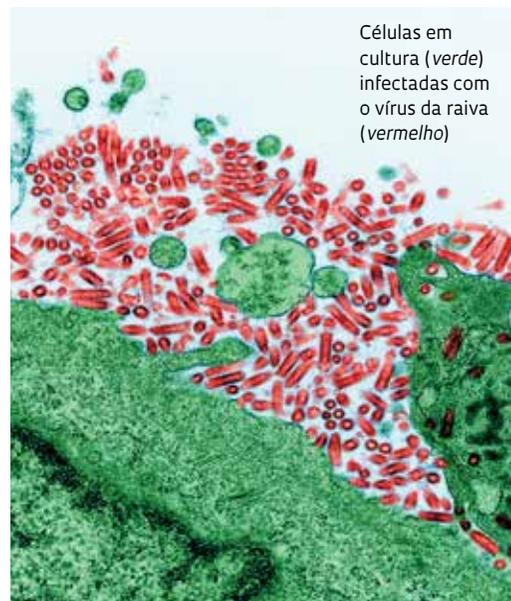
A conversão de áreas de vegetação nativa em pastagens ou plantações nas últimas décadas acelerou, ao menos temporariamente, o ritmo de erosão do solo no Cerrado. Analisando a concentração de variedades (isótopos) de elementos químicos do solo e da atmosfera que permanecem estáveis por centenas de milhares de anos e a de outros que sofrem transformações em poucas décadas, um grupo internacional de pesquisadores estimou a evolução no ritmo de denudação do solo na região central do país nos últimos 50 anos. Sob a coordenação do grupo da Universidade Federal de Goiás (UFG) e do Centro Eu-

ropeu de Pesquisa e Ensino em Geociências Ambientais (Cerege), da França, uma equipe coletou amostras de solo e de sedimentos de rios dentro e fora do Parque Nacional de Brasília, uma unidade de conservação criada em 1961 na capital federal. A perda de solo foi de aproximadamente 0,01 milímetro (mm) por ano, próximo ao observado em outras áreas de Cerrado. Já nas áreas convertidas em pastagem ou plantação, o ritmo de erosão foi de até 1,6 mm por ano (160 vezes maior), em especial de 1975 a 1985, quando a maior parte da vegetação original da região foi derrubada (*Earth's Future*, 10 de agosto).

A perda de solo em pastagens foi 160 vezes maior que em áreas preservadas

Um reforço contra a raiva

Pesquisadores da Universidade de São Paulo, da empresa brasileira Orygen e da norte-americana Oncovir avaliaram os possíveis efeitos do Poly ICLC Hiltonol, medicamento sintético já usado experimentalmente como adjuvante contra câncer por estimular o sistema imune. Após a aplicação de uma solução com *Lyssavirus*, a principal variedade causadora da raiva, nove camundongos receberam placebo e nove uma forma modificada do composto. Todos os animais do grupo de controle morreram até o 14º dia após a aplicação. A primeira morte no outro grupo ocorreu no 12º dia e a última no 19º; todos morreram, embora com uma sobrevivência maior, indicando a possibilidade de uso de dosagens maiores que a do experimento (5 microgramas por dia). Transmitida por cães, gatos e animais silvestres contaminados e tratada com vacina ou soro antirrábico, a raiva causa cerca de 60 mil mortes por ano em 150 países, a maioria na África e Ásia. No Brasil, o Ministério da Saúde registrou cinco mortes em 2022 e duas até maio deste ano. Em agosto, pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) relataram ter encontrado em morcegos, no Ceará, variantes do vírus da raiva de saguis-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*), indicando a possibilidade de transmissão entre os animais (*bioRxiv*, 20 de setembro; *Journal of Medical Virology*, 22 de agosto; *Agência FAPESP*, 21 de setembro).



Células em cultura (verde) infectadas com o vírus da raiva (vermelho)

4

CAPA



NA ROTA DO HIDROGÊNIO SUSTENTÁVEL



H₂

H₂

H₂

H₂

Brasil inicia a produção do combustível, estratégico para a transição rumo a uma economia de baixo carbono

Yuri Vasconcelos | ILUSTRAÇÕES Mauricio Pierro

O Brasil está entre os países mais bem posicionados para a produção em larga escala de hidrogênio de baixa emissão de carbono, combustível com alto poder calorífico apontado como importante vetor para a transição energética. O país tem potencial técnico para gerar 1,8 gigatonelada de hidrogênio por ano, sendo por volta de 90% desse volume com uso de energias renováveis. Os dados integram o Plano Decenal de Expansão de Energia 2031, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME).

O estudo identifica diversas fontes e rotas tecnológicas para a produção de hidrogênio de baixo carbono, considerado por muitos especialistas o combustível do futuro por sua capacidade de auxiliar na descarbonização do planeta. É esperado que ele venha a substituir o uso de combustíveis fósseis em setores da economia como o de transportes e de indústrias intensivas em energia (siderúrgicas, metalúrgicas, cimenteiras). Os combustíveis fósseis são responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE), associados ao aquecimento global e às mudanças climáticas.

Hidrogênio de baixa emissão de carbono é a nova terminologia empregada pela Agência Internacional de Energia (IEA) para designar o hidrogênio (H₂) produzido por diferentes rotas com emissão nula ou reduzida de dióxido de carbono (CO₂). Integram esse grupo o hidrogênio produzido a partir da reforma do etanol e de outros biocombustíveis ou biomassas (resíduos agrícolas ou florestais); o hidrogênio gerado a partir da eletrólise da água com uso de fontes renováveis (eólica, solar, hidráulica) ou de energia nuclear; o hidrogênio resultante do processo de reforma

térmica do gás natural com captura, sequestro e uso de carbono (CCUS); o hidrogênio natural, que pode ser extraído do solo, entre outros.

De acordo com o Programa Nacional de Hidrogênio (PNH₂), do governo federal, os projetos de hidrogênio de baixa emissão de carbono já anunciados somam cerca de US\$ 30 bilhões. Analistas e pesquisadores do setor energético consultados por *Pesquisa FAPESP* mostram-se otimistas quanto ao protagonismo do país nesse novo mercado. “O Brasil reúne as condições necessárias para ser um dos líderes globais do setor”, avalia o especialista em energias renováveis Ricardo Ruther, professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e coordenador de uma recém-inaugurada usina experimental de produção de hidrogênio verde (H₂V) – o produzido por meio da eletrólise da água – da instituição.

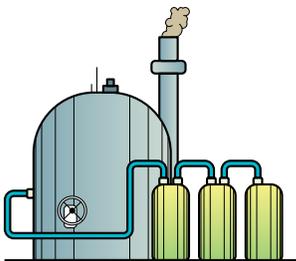
“Temos abundância de fontes renováveis de energia eólica e solar, essenciais para a produção de hidrogênio sustentável; um mercado organizado, competitivo e dinâmico de geração de energia elétrica por fontes renováveis; um parque industrial que pode absorver a produção em larga escala de hidrogênio; e relativa proximidade com o mercado europeu, para onde o combustível será exportado”, afirma.

COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL E LIMPO

A atenção que se dá ao hidrogênio combustível se explica pelo fato de seu poder calorífico ser cerca de três vezes superior ao do gás natural, da gasolina ou do diesel. Embora abundante no Universo, o hidrogênio raramente é achado de forma isolada, mas está presente no etanol (C₂H₆O), no metano (CH₄) e em outros combustíveis fósseis, além da água (H₂O). Para isolar a molécula de hidrogênio e utilizá-la como energia para mo-

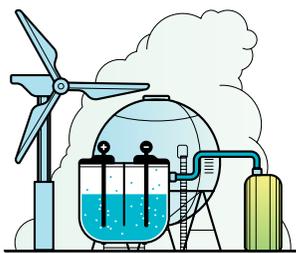
O UNIVERSO DO HIDRÔGÊNIO

A produção desse combustível pode se dar por diferentes rotas. No passado recente, cores eram usadas para classificar os diversos tipos de hidrogênio gerados. Essa nomenclatura está sendo substituída por uma nova terminologia, a de hidrogênio de baixa emissão de carbono



CONVENCIONAL

O hidrogênio extraído do gás natural emite em seu processo produtivo cerca de 11 quilos de CO₂ por quilo de H₂ (kgCO₂/kgH₂). É a principal rota tecnológica da atualidade



DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Produzido a partir de quaisquer fontes ou tecnologias com reduzida emissão de carbono, como o hidrogênio eletrolítico (H₂V), o gerado a partir da reforma do etanol e do biometano, o hidrogênio natural, o produzido a partir de combustíveis fósseis com captura do carbono, entre outros

FONTE IEA

ver veículos automotores ou em procedimentos industriais, esses compostos precisam ser submetidos a processos químicos.

A principal rota para a produção de hidrogênio é a reforma a vapor do gás natural, cujo principal elemento constituinte é o metano. Nesse processo, o metano é submetido a altas temperaturas em um reator e transformado em H₂ e CO₂. O hidrogênio gerado não é classificado como sustentável porque, durante o processo, o CO₂ é lançado na atmosfera contribuindo com o aumento de GEE. Para cada quilo de hidrogênio (kgH₂) produzido, são emitidos cerca de 11 kg de CO₂ (kgCO₂).

As diversas rotas para a produção de hidrogênio são comumente identificadas por uma cor. Por essa classificação, que pode sofrer variações conforme o autor, o hidrogênio produzido a partir do metano com emissão de CO₂ é chamado de cinza, mas, caso o carbono seja capturado, passa a ser designado de azul; o hidrogênio eletrolítico é denominado verde; e que usa energia nuclear na sua produção, roxo ou rosa.

Por entender que a classificação de cores é imprecisa e desprovida de aplicação prática em processos decisórios de contratação de projetos na área, podendo gerar dificuldades regulatórias, a IEA propôs recentemente substituí-la por uma nova nomenclatura baseada na intensidade de emissões da produção de hidrogênio (*ver box ao lado*). O organismo passou a sugerir o uso do termo “hidrogênio de baixa emissão”. No Brasil, o PNH2 segue essa recomendação.

Na Europa, para que o hidrogênio receba o rótulo de baixa emissão é preciso que durante seu processo de geração sejam lançados na atmosfera, no máximo, 3,8 kg de CO₂ por kg de H₂ produzido (kgCO₂/kgH₂). O Brasil ainda não definiu seu limite de emissão, mas projeto de lei em tramitação propõe que esse valor seja de até 4 kgCO₂/kgH₂.

A produção de hidrogênio de baixo carbono no mundo ainda é pequena. O relatório “Global hydrogen review 2023”, da IEA, informa que 95 milhões de toneladas (Mt) de hidrogênio de todos os tipos foram gerados em 2022. Desse total, cerca de 94 Mt foram oriundos da reforma térmica do metano, processo com emissão de GEE, e menos de 1 Mt foi de hidrogênio de baixo carbono, sendo que a maior parte veio da reforma do metano com sequestro e captura de carbono. Mas esse panorama deve mudar rapidamente. As projeções de produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono para 2030 remontam a 38 Mt.

A China lidera o incipiente mercado de hidrogênio de baixo carbono, com 30% da produção, seguida por Estados Unidos, Oriente Médio, Índia e Rússia, de acordo com o anuário da IEA. A participação do Brasil é pequena. “Estima-se que em 2022 foram produzidas 509 mil toneladas [t] de hidrogênio no país a partir do gás natural e somente 29 mil t de origem eletrolítica”, diz o engenheiro Gustavo Pires da Ponte, da EPE.

Esse volume deve crescer nos próximos anos em razão de diversas ações e projetos na área. Em junho, o governo paulista lançou uma iniciativa que busca incentivar projetos com foco na descarbonização das cadeias produtivas no estado. Uma das frentes é a Rota Paulista Verde, no âmbito da qual está estruturado o Programa de Hidrogênio de Baixo Carbono, criado com o objetivo de estimular o potencial do estado para diferentes rotas de produção do gás.

“Pretendemos desenvolver a cadeia de valor para toda a indústria de hidrogênio de baixo carbono, o que inclui equipamentos, componentes, serviços e capacitação, sem pré-selecionar uma

Carro da Toyota preparado para rodar com hidrogênio gerado com álcool combustível





Cana-de-açúcar: etanol produzido a partir da planta pode ser convertido em hidrogênio

rota tecnológica ou outra”, declara Marisa Maia de Barros, subsecretária de Energia e Mineração da Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo. “Queremos estimular a produção de hidrogênio de baixo carbono, privilegiando a vocação energética paulista.”

O estado de São Paulo, segundo Barros, tem potencial para produzir hidrogênio a partir de diversas fontes, entre elas o etanol e o biometano, biocombustível gasoso gerado a partir do processamento de resíduos do setor sucroenergético, entre outros. “Biometano e gás natural são exatamente a mesma molécula [CH₄]. A diferença é que o primeiro é de origem renovável e o segundo de origem fóssil. A mesma tecnologia, já dominada, que utiliza gás natural para produzir hidrogênio, pode usar o biometano”, diz a subsecretária. “O desafio é dar escala à produção do biometano.”

O principal projeto de produção de hidrogênio a partir de produtos ou subprodutos do setor sucroenergético, como etanol e vinhaça, é desenvolvido pelo Centro de Pesquisa e Inovação em Gases de Efeito Estufa (RCGI), um Centro de Pesquisa em Engenharia (CPE) constituído pela FAPESP e Shell, que recebeu R\$ 465 milhões em investimentos desde sua criação, em 2015, sendo R\$ 45 milhões da Fundação. O grupo trabalha em três frentes, sendo que a investigação mais adiantada é a que prevê a reforma a vapor do etanol.

Nesse método, o combustível é submetido a temperaturas e pressões específicas e reage com a água em um reator químico, dando origem ao hidrogênio (ver infográfico abaixo). Carbono biogênico, de origem não fóssil, oriundo da cana-de-açúcar, é emitido no processo. Uma unidade de demonstração está sendo instalada na Universidade de São Paulo (USP) na capital paulista.

O projeto, no valor de R\$ 50 milhões, financiados pela Shell, tem como parceiros a empresa Hytron, a companhia do setor sucroenergético Raizen, a montadora japonesa Toyota, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e a USP, por meio do RCGI. A planta-piloto, prevista para entrar em operação no segundo semestre de 2024, terá 425 metros quadrados e capacidade para gerar 4,5 kg de hidrogênio por hora.

“Será a primeira estação experimental de abastecimento de hidrogênio renovável do mundo a partir de etanol”, diz o engenheiro e físico Julio Meneghini, diretor científico do RCGI e professor da Escola Politécnica (Poli) da USP. O combustível será usado em três ônibus e um automóvel, todos elétricos e dotados de um dispositivo chamado célula a combustível, que gera eletricidade a partir do hidrogênio, sem emitir GEE.

“Se o etanol tiver uma pegada negativa de emissão de CO₂ em seu processo produtivo, ou seja,

DO CAMPO AO CAMPUS DA USP

Saiba como será feita a transformação de etanol em hidrogênio renovável no projeto-piloto paulista

1. A cana-de-açúcar, matéria-prima para a produção de etanol, é colhida na lavoura e levada a uma usina, onde é destilada, dando origem ao álcool combustível

2. Na usina de reforma a vapor, o etanol é misturado à água em um reator. Submetidas a pressão de 113 bar e temperatura de 800 °C, as substâncias reagem formando hidrogênio. O processo gera CO₂, mas, como vem da cana, é considerado biogênico (de origem não fóssil)

3. O gás, comprimido e estocado em tanques, abastecerá quatro veículos elétricos. Em uma segunda fase do projeto, o combustível será usado em aplicações industriais

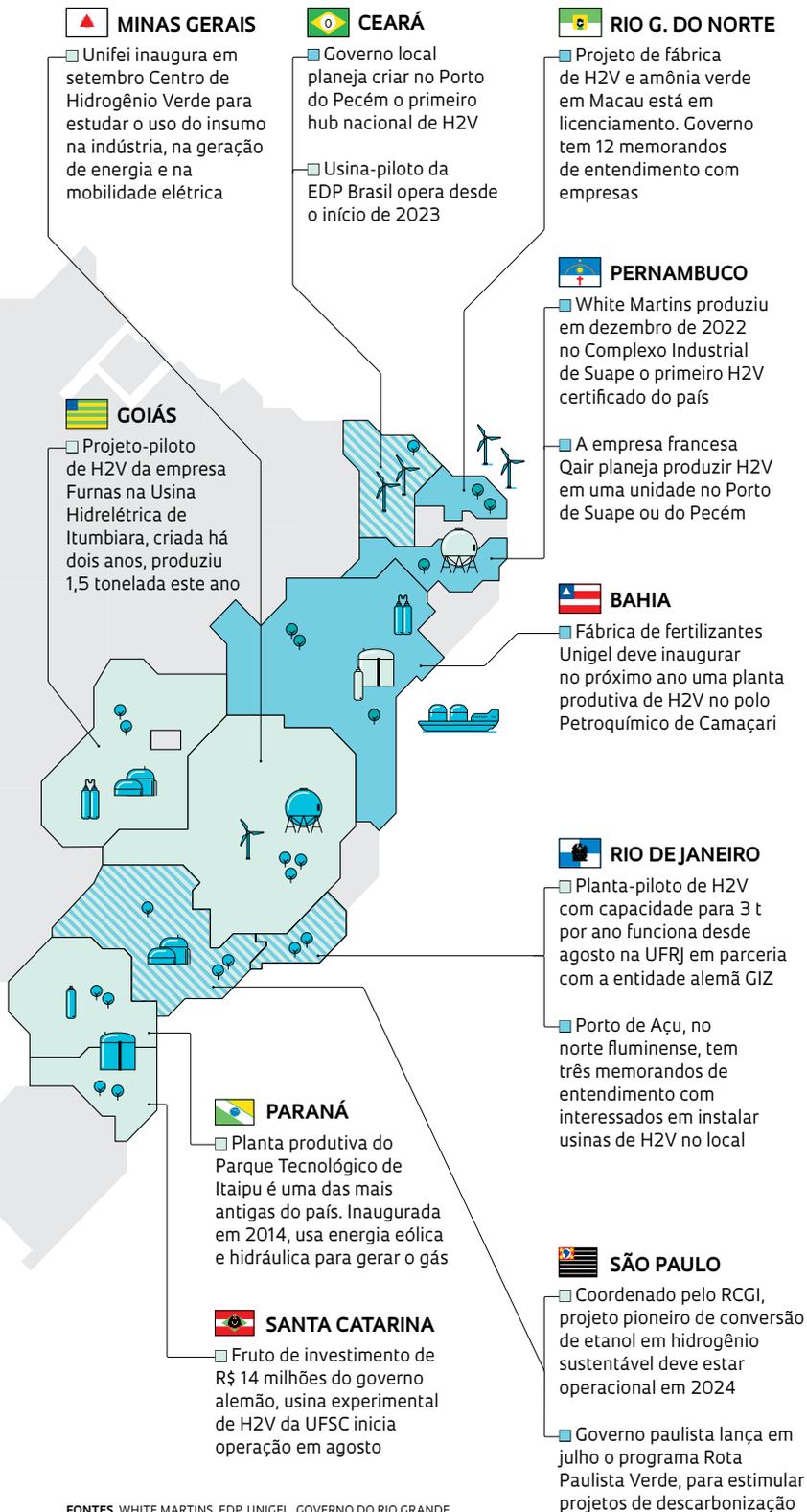


FONTES SHELL E HYTRON

O MAPA DA PRODUÇÃO

Conheça os principais projetos de hidrogênio de baixo carbono no país

□ Experimental ■ Comercial



FONTES WHITE MARTINS, EDP, UNIGEL, GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE, SHELL, USP, UFRJ, PORTO DE AÇU, UFSC, UNIFEI, PARQUE TECNOLÓGICO DE ITAIPU E ELETROBRÁS

eliminando mais carbono do que o lançado na atmosfera, o hidrogênio gerado passará a ter uma pegada negativa”, afirma Meneghini. O etanol pode ser negativo em carbono se não forem usados fertilizantes nitrogenados no plantio da cana nem combustíveis fósseis nas máquinas agrícolas e caminhões de transporte do insumo. O carbono emitido no processo de fermentação da cana teria que ser capturado e armazenado.

Thiago Lopes, coordenador de projetos do RCGI, destaca uma vantagem do hidrogênio gerado a partir da reforma térmica do etanol: a logística de transporte. Ele explica que o transporte do hidrogênio produzido no processo de eletrólise ainda é complexo e caro, pois exige a compressão do gás em cilindros de alta pressão ou sua liquefação em tanques criogênicos (mantidos em baixíssima temperatura), o que encarece o envio do combustível de seu local de produção para o de consumo. “Esse problema não existe na conversão do etanol em hidrogênio. O etanol já tem uma cadeia de transporte estabelecida. É muito mais fácil transportá-lo na forma líquida do que comprimir ou liquefazer o hidrogênio”, destaca Lopes.

O reformador de etanol do projeto foi desenvolvido pela Hytron. “Projetamos essa nova tecnologia com o apoio da FAPESP e chegamos a um estágio pré-comercial. Com o teste do equipamento na USP, vamos elevar o grau de maturidade da tecnologia, chegando ao nível comercial”, ressalta Daniel Lopes, diretor comercial da Hytron.

Otra frente de investigação com etanol no RCGI, em estágio inicial, é sua transformação em hidrogênio por meio de uma reforma eletroquímica. “Nesse caso, utiliza-se eletricidade para quebrar a molécula de etanol e gerar hidrogênio, em um processo parecido ao da eletrólise da água”, explica o coordenador do projeto, o engenheiro químico Hamilton Varela, diretor do Instituto de Química de São Carlos (IQSC) da USP.

De acordo com o químico Edson Antonio Ticianelli, que participa do estudo e do programa de Pesquisa em Bioenergia (Bioen), da FAPESP, uma das propostas do grupo foi substituir a reação anódica do eletrolisador, que no sistema convencional é a reação de oxidação da água, pela oxidação do etanol, o que melhora a eficiência energética do processo. Os pesquisadores investigam materiais adequados à produção de catalisadores que favoreçam a quebra da molécula do etanol. Superado esse desafio, o próximo será desenvolver um reformador eletroquímico para o etanol.

A terceira linha de pesquisa usa como matéria-prima a vinhaça. Para cada litro de etanol produzido, são gerados cerca de 12 litros desse ma-



terial, um subproduto 95% composto por água. A vinhaça tem alto potencial de contaminação do lençol freático e emissão de GEE. Para minimizar esses efeitos, hoje ela é reaproveitada como biofertilizante no plantio da cana. No projeto do RCGI, a vinhaça é concentrada em um reator eletroquímico para reduzir a fração de água e gerar hidrogênio sustentável e oxigênio. O grupo já depositou uma patente do processo.

Além das três rotas investigadas pelo RCGI, também há no Brasil estudos prevendo o uso direto de etanol em células a combustível de óxido sólido (Sofc). Nesse caso, a quebra da molécula do etanol para a geração de hidrogênio ocorrerá no veículo – e não em uma estação independente, como no projeto da USP. Pesquisas com esse foco são feitas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), com apoio da FAPESP (ver Pesquisa FAPESP nº 308).

HIDROGÊNIO ELETROLÍTICO

Além de iniciativas focadas na conversão de biomassa e biocombustíveis em hidrogênio de baixo carbono, avançam no país projetos de geração do chamado hidrogênio verde (H2V), cujo processo produtivo é nulo ou praticamente nulo em emissão de CO₂ (ver infográfico na página 19). São plantas comerciais ou experimentais, boa parte em estágio inicial. Em Pernambuco, a fabricante de gases industriais White Martins iniciou em 2022 a produção no Complexo Industrial de Suape. Foi o primeiro H2V certificado no país e na América do Sul. Usando energia solar, a planta pode pro-

duzir 156 t do gás por ano, que serão destinadas a uma indústria de alimentos da região.

Na Bahia, a fábrica de fertilizantes nitrogenados Unigel pretende começar em 2024 a produzir hidrogênio verde em escala industrial no Polo Petroquímico de Camaçari, com uso de energia eólica. Ao custo de R\$ 120 milhões, a fábrica terá capacidade de 10 mil t anuais do gás. Em dois anos, a produção deve quadruplicar.

Outro projeto em operação no país fica no Complexo Termelétrico do Pecém, no Ceará, onde a companhia energética EDP Brasil produz H2V em uma usina-piloto, um projeto de pesquisa e desenvolvimento com capacidade para produzir 197 t por ano a partir de energia solar. O governo cearense planeja estabelecer no Porto do Pecém o primeiro hub nacional de H2V.

“Trinta e três memorandos de entendimento já foram assinados com empresas nacionais e estrangeiras, sendo que três avançaram para a fase de pré-contrato”, informa Joaquim Rolim, secretário-executivo da Indústria da Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado do Ceará. “Devemos começar a produção comercial em 2026 ou 2027 e projetamos gerar cerca de 1Mt de hidrogênio verde a partir de 2030”, diz.

“O Ceará, assim como todo o Nordeste, tem grande potencial para a geração de energia eólica e solar, principal insumo para a geração de hidrogênio verde. A localização do estado, mais próxima dos portos europeus e norte-americanos, favorece a exportação do combustível renovável”, analisa a engenheira química Diana Azevedo, vice-

Tanques de armazenamento da maior refinaria chinesa de hidrogênio verde, na cidade de Kuqa, no noroeste do país





Bicicletas elétricas híbridas movidas a hidrogênio no campus da UFRJ

-reitora da Universidade Federal do Ceará (UFC) e diretora do Centro de Tecnologia da universidade.

Também professora do Departamento de Engenharia Química da UFC, Azevedo coordena uma pesquisa relacionada à cadeia produtiva do hidrogênio verde, mais especificamente à estocagem e ao transporte do combustível. “Transportar o hidrogênio do ponto onde é gerado ao de consumo é desafiador, pois ele é um gás extremamente leve que requer muita energia para ser armazenado, na forma gasosa ou liquefeita”, esclarece Azevedo. Uma forma de superar essa dificuldade é transformar o hidrogênio em compostos líquidos, como amônia, ou incorporá-lo em sólidos, como no hidreto de magnésio, e depois recuperá-lo. “Nossas pesquisas preveem a criação de compósitos com magnésio, ferro e suportes carbonosos para o armazenamento químico de hidrogênio”, diz a pesquisadora.

Pesquisas para a produção de hidrogênio de baixo carbono também são realizadas na UFSC e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), entre outras universidades e centros de pesquisa brasileiros, que inauguraram recentemente plantas-piloto para a geração de H₂V. As duas iniciativas têm apoio da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ). “Nosso projeto tem capacidade para produzir 3 t de hidrogênio por ano a partir de eletrolisadores, que usam energia fotovoltaica”, informa Andrea Santos, coordenadora do projeto e professora do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da UFRJ.

“Vamos testar o combustível em bicicletas elétricas híbridas movidas a hidrogênio e células a combustível, em processos industriais e em células a combustível de óxido sólido. Também investigaremos novos catalisadores para a produção de biocombustíveis e combustíveis sustentáveis de aviação [SAF], que podem ser fabricados a partir de H₂V”, afirma Santos.

Em setembro, a pesquisadora publicou com colegas da UFRJ um artigo de revisão avaliando a produção de hidrogênio no país a partir de uma perspectiva técnico-econômica. Segundo o estudo, publicado na revista *Energies*, “a eletrólise é o processo mais investigado na literatura, pois contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e apresenta outras vantagens, como maturidade, eficiência energética, flexibilidade e potencial de armazenamento de energia”.

PEDRAS NO CAMINHO

Apesar do potencial brasileiro para a produção de hidrogênio de baixo carbono, muitos desafios ainda precisam ser superados para o país elevar a escala produtiva, a começar pelo seu preço final. De acordo com a IEA, em 2022 a produção de

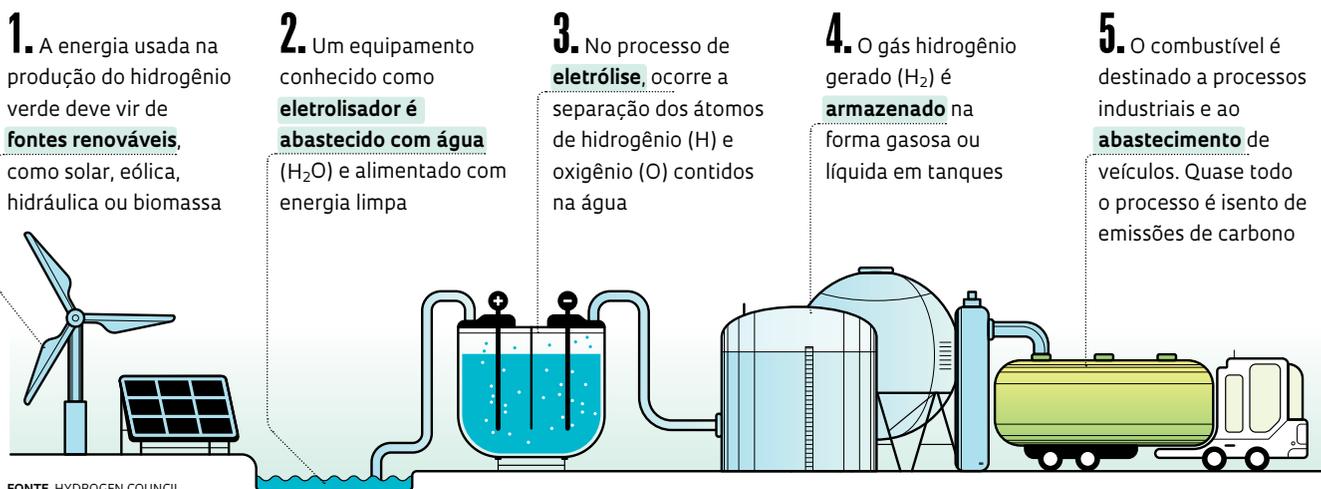


Usina-piloto da EDP no Complexo Termelétrico do Pecém, no Ceará



COMO O HIDROGÊNIO VERDE É PRODUZIDO

Eletrólise da água deverá ser a principal rota tecnológica utilizada nos próximos anos



1 kg de hidrogênio de fontes fósseis custava entre US\$ 1,5 e US\$ 6,1, enquanto o de baixa emissão de carbono também a partir de combustíveis fósseis se situava entre US\$ 1,8 e US\$ 7,6. O valor do chamado hidrogênio verde ia de US\$ 3,8 a US\$ 12.

A redução do custo do H₂V depende de algumas variáveis, entre elas a disponibilidade e o preço da energia elétrica renovável usada para converter a água no gás. “O valor da energia elétrica é um elemento crucial na composição do custo do H₂V”, alerta Caroline Chantre, economista do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (Gesel) da UFRJ. A pesquisadora é coautora de um artigo publicado em 2022 na revista *Sustainable Production and Consumption* que analisou a percepção de agentes econômicos sobre o desenvolvimento do mercado de hidrogênio no país. “Nosso estudo mostrou que, em termos gerais, o médio prazo, entre seis e 10 anos, foi apontado por 43% dos agentes como uma estimativa adequada para a maturidade do H₂V no Brasil”, informa.

Outra dificuldade para elevar a escala produtiva do H₂V, segundo estudo publicado na *Nature Energy*, em 2022, é a capacidade de eletrólise, que se relaciona à fabricação de eletrolisadores e à construção de usinas que adotem essa rota. “Mesmo que a capacidade de eletrólise cresça tão rapidamente como a energia eólica e solar, o fornecimento de H₂V permanecerá escasso no curto prazo e incerto no longo”, apontam os autores.

Tornar os eletrolisadores mais eficientes é parte da solução do problema. Um campo de pesquisa é o desenvolvimento de catalisadores, materiais que elevam a velocidade das reações químicas na eletrólise, de baixo custo, fácil produção e boa

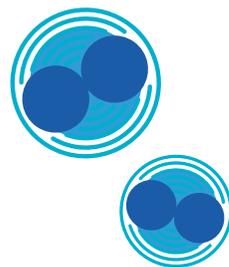
eficiência energética. Esse é o foco do trabalho da química Lucia Helena Mascaro, professora da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e pesquisadora do Centro de Inovação em Novas Energias (Cine), um CPE apoiado pela FAPESP.

O grupo emprega materiais compostos formados por níquel, molibdênio e cobre, níquel e fósforo, níquel, cobalto e fósforo e molibdênio e enxofre. “Essas ligas têm alta estabilidade e baixo potencial para a reação de redução da água, implicando boa eficiência energética”, diz Mascaro. Diante dos resultados das pesquisas, publicadas no *Journal of the Electrochemical Society* e no *ACS Applied Materials & Interfaces*, entre outros periódicos científicos, a equipe partiu para a montagem e o teste de protótipos de eletrolisadores com os novos catalisadores em escala maior e mais próximos do sistema real.

Especialistas também destacam a necessidade de alinhar as perspectivas de produtor e consumidor, criando demanda pelo hidrogênio. “Esse problema começa a ser resolvido quando surge uma procura em grande escala, como a que se desenha na Europa, estimulando investimentos no Brasil”, diz Ruther, da UFSC.

A elaboração de um marco regulatório e o estabelecimento de políticas públicas de incentivo também são fundamentais para impulsionar os diversos projetos ainda em estágio inicial de hidrogênio de baixo carbono no país. “A regulação é elemento-chave para garantir estabilidade e segurança aos investimentos”, afirma Chantre. “Apesar de o Brasil ter vantagens competitivas expressivas, ainda precisamos avançar em termos de políticas públicas alinhadas a uma estratégia de descarbonização de longo prazo.” ■

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



O POETA DE FRONTEIRAS

Fluente em 22 idiomas, presidente da Biblioteca Nacional traduz autores de línguas como persa, russo e turco

Christina Queiroz RETRATO **Ana Carolina Fernandes**

Professor titular de literatura comparada da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o poeta, escritor, memorialista e ensaísta carioca Marco Americo Lucchesi assumiu a presidência da Fundação Biblioteca Nacional (FBN) em 2023 com a missão de tornar a instituição mais transparente e acessível, além de modernizar seu acervo centenário, composto por mais de 10 milhões de itens. Incorporar um olhar sensível a questões identitárias na leitura de material produzido em contextos coloniais, expandir o espaço físico disponível para armazenar coleções e ampliar o acesso a documentos digitalizados faz parte da empreitada.

Fluente em 22 idiomas, que incluem persa, latim, árabe e russo, Lucchesi teve contato com a literatura muito cedo quando, ainda criança, escutava o pai e a avó recitarem versos de poetas italianos como Dante Alighieri (1265-1321). Historiador de formação, viajou o mundo e presidiu a Academia Brasileira de Letras (ABL) de 2018 a 2021. Traduziu autores como os italianos Umberto Eco (1932-2016) e Primo Levi (1919-1987), além do persa Yalāl ad-Dīn Muhammad Rūmī (1207-1273) e o paquistanês Muhammad Iqbal (1877-1938).

Em entrevista concedida a *Pesquisa FAPESP* no último andar da Biblioteca Nacional, no Rio de Janeiro, Lucchesi recusou formalidades e pediu para ser chamado de Marco. Sorridente e expressivo, falou de seus planos à frente da segunda instituição mais antiga do Brasil e propôs reflexões sobre a importância da pesquisa desenvolvida nos campos da literatura e história no processo de tradução de autores para o português.

IDADE 59 anos

ESPECIALIDADE

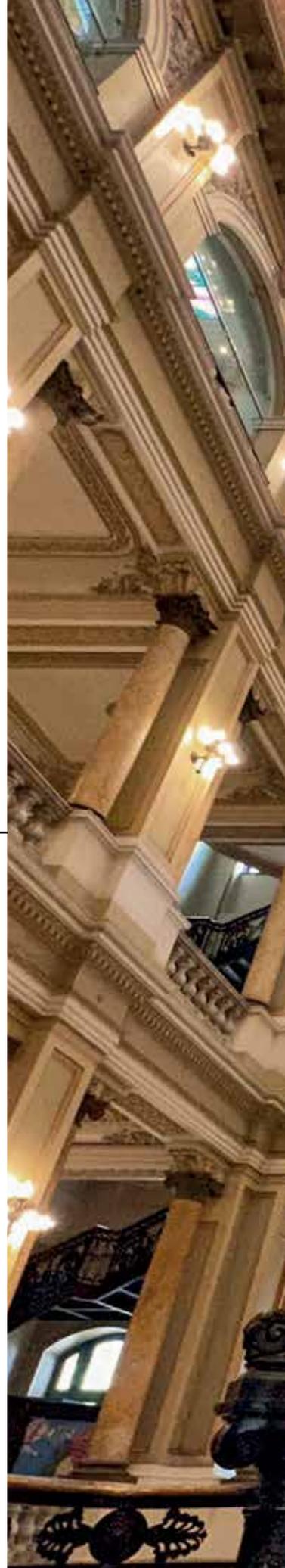
Literatura comparada e tradução

INSTITUIÇÃO

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

FORMAÇÃO

Graduação em história pela UFF (1985), mestrado (1989) e doutorado (1992) em letras pela UFRJ





Sua primeira língua é o italiano ou o português?

Minha infância foi bilíngue. Dentro de casa, era como se vivesse numa pequena Itália e a língua de meus primeiros anos foi o italiano. Na família, não falávamos português porque seria artificial. Cresci nos horizontes do Brasil. Na escola, com os amigos e na rua sempre falava português. A experiência de nascer bilíngue é diferente de aprender outras línguas mais tarde. Ter dois idiomas integrando meu universo de formação foi uma experiência marcante.

Por que seus pais migraram ao Brasil?

Meus pais, Elena Dati e Egidio Lucchesi, vieram ao Brasil motivados por um convite do jornalista e empresário Assis Chateaubriand [1892-1968]. Meu pai trabalhava com engenharia de antenas de rádio e televisão. Era talentosíssimo em seu ofício, inventou diferentes sistemas e ganhou prêmios. Conheceu Chateaubriand quando era radiotelegrafista em um barco da marinha mercante italiana. Nos anos 1950, recebeu o convite para trabalhar no sistema de rádio do empresário. Noivo de minha mãe, casaram-se por procuração. Anos depois, chegou ao Rio de Janeiro minha avó materna. Eles jamais se sentiram estrangeiros por aqui, apesar de ser outro mundo se comparado com Massarosa, cidade de origem, um pequeno povoado no norte da Toscana. Para eles, o Brasil era um horizonte de sonho, de paz e diálogo, mesmo com todas as contradições. Nasci em Copacabana, no Rio de Janeiro, em 1963. Não tenho irmãos nem tive filhos.

Você se lembra da primeira vez que teve contato com a literatura?

Esses primeiros contatos aconteceram por meio da música, de experiências orais e das enciclopédias. Minha mãe cantava, tocava piano – instrumento que mais tarde se tornou meu – e sabia várias canções de ninar. Meu pai amava Dante Alighieri. Recitava trechos do poema narrativo *Divina comédia* de cor. Inclusive, quando ele estava completamente imerso no Alzheimer, a única forma possível de comunicação era recitar um verso de Dante pela metade para ele completar com o final. Dante foi nosso elo. Já minha avó materna narrava as histórias de *Orlando furioso*, poema épi-

co de Ludovico Ariosto [1474-1533]. Eu me lembro, também, da primeira vez que fui sozinho a uma livraria e comprei um livro. Foi em 1972, aos 8 anos de idade. Adquiri a obra *Poemas*, de Gonçalves Dias [1823-1864], em uma livraria de Niterói. Era uma edição de 1968 editada pelo crítico Péricles Eugênio da Silva Ramos [1919-1992]. Guardo esse livro até hoje para reler os registros sentimentais feitos aos 8 anos. Ainda sobre Gonçalves Dias, em 2023, vivi um momento emocionante relacionado com esse poeta fundamental. O Arquivo Judiciário do Tribunal de Justiça do Estado do Maranhão descobriu e doou cópias à Biblioteca Nacional dos processos judiciais de Dias, que eram desconhecidos até então. Além de poeta, ele também advogou. A BN está catalogando o material que, em breve, estará disponível para pesquisa.

Como foi sua proximidade com escritores desde muito jovem?

Conheci Carlos Drummond de Andrade [1902-1987] pessoalmente aos 21 anos, na festa de 80 anos do jurista e escritor Afonso Arinos de Melo Franco [1905-1990]. Foi uma experiência inesquecível e voltei emocionado para casa. Antes disso, eu costumava escrever cartas para Drummond, que as respondia. Outro encontro marcante foi com o escritor egípcio Naguib Mahfouz [1911-2006], quando eu tinha 33 anos, em uma das vezes que estive no Egito, em 1996. Ele já tinha sido ferido pelo grupo islâmico extremista Irmandade Muçulmana e estava recluso em sua casa, mas aceitou me receber. Fiz muitas perguntas e conversamos durante horas. Mas houve muitos outros encontros, antes e depois desses.

É verdade que você fala 22 línguas?

Sim, é verdade, mas eu também custo a acreditar. No fundo, acho que é um problema psiquiátrico. Brincadeiras à parte, até hoje eu me pergunto: por que tantas línguas? É um exagero, é quase uma audácia. Mas a sensibilidade para as línguas já existia em família, sobretudo no meu avô paterno, que não cheguei a conhecer. Ele não era judeu, mas a família conta que ele foi levado para o campo de concentração de Mauthausen-Gusen, na Áustria, durante a Segunda Guerra Mundial [1939-1945]. Consegui aprender alemão rapidamente e fugiu. Meu avô sabia falar umas cinco ou seis línguas, mas não sei como aprendeu. Também penso que fui influenciado pelo contato com o rádio, que tive desde pequeno e despertou em mim um desejo de me comunicar com outras gentes.

Como você aprendeu tantos idiomas?

Aprendi espanhol e inglês quando ainda era criança pequena. Aos 12 anos, aprendi alemão e francês e, aos 14, veio o russo. Os outros idiomas estudei mais tarde, como o árabe, que aprendi aos 30. Língua que me permitiu circular em diferentes países como Líbano, Síria, Egito e Marrocos, com suas variantes específicas do idioma. No começo, sempre tenho aulas com professores e me apoio em métodos de aprendizagem. Para idiomas complexos, como o árabe, as viagens também ajudam muito. E não satisfeito com essa obsessão por aprender idiomas, inventei uma língua, que chamei de laputar, e até publiquei uma gramática com texto bilíngue, prefácio e glossário. Hoje, já não estudo mais tantos idiomas quanto antes e tenho me concentrado em aprender só nheengatu, além de escrever. O nheenga-



Quando meu pai estava imerso no Alzheimer, a única forma possível de comunicação com ele era recitar um verso de Dante



Lucchesi manuseia obra raríssima produzida por frade franciscano entre 1445 e 1517

tu, ou tupi moderno, é uma língua indígena pertencente à família tupi-guarani.

Como você foi da formação em história para o campo literário?

Fiz história na Universidade Federal Fluminense [UFF] na década de 1980, quando a instituição estava construindo seus programas de mestrado e doutorado. Era apaixonado pela disciplina e por autores que propunham reflexões sobre cronotopia, ou seja, sobre a forma como as relações temporais e espaciais são assimiladas em obras artísticas. Eu já considerava a literatura um espaço fundamental para a realização daquilo que desejava, ou seja, escrever poesia, ensaios, romances e memórias. Então, na pós-graduação, optei por estudar literatura comparada, seus contextos históricos, arcabouços teóricos e referenciais metodológicos. Fiz mestrado e doutorado na UFRJ e meu doutorado foi sobre Dante. A tese saiu em livro sob o título *Nove cartas sobre a Divina comédia* [Bazar do Tempo, 2013]. Cada capítulo corresponde a uma carta en-

dereçada ao leitor e propõe reflexões sobre diferentes temas e aspectos da *Divina comédia*, desde o inferno até o paraíso. Já o pós-doutorado realizei em 1994 na Universidade de Colônia, na Alemanha, e estudei a filosofia do Renascimento italiano, especialmente o pensamento do erudito neoplatônico Marsílio Ficino [1433-1499], que foi filólogo, médico e filósofo.

Pode falar sobre seus interesses de pesquisa?

Estudo os sistemas literários de diferentes países, entre eles de nações como Itália, Irã, Turquia, Grécia e Rússia. Sistema literário é um conceito que abarca o conjunto de elementos que fazem parte da realidade literária de cada lugar e incluem a tradição, os movimentos, as editoras, as associações, entre outros. Em meus estudos, procuro compreender as relações entre história e literatura e os processos de tradução de distintos autores. Pesquisei esses diálogos em diferentes projetos, como em estudo sobre as fronteiras entre ficção e ensaio, história

e literatura, partindo da obra do escritor italiano contemporâneo Claudio Magris. Também investigo as dimensões éticas da tradução, por meio de análises sobre deslocamentos semânticos e culturais que ocorrem na passagem do texto de partida para o texto de chegada.

Como a atividade de tradutor e o trabalho de pesquisa se retroalimentam?

Esta é uma das perguntas centrais da pesquisa que eu estava desenvolvendo com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq] antes de assumir a presidência da BN. O trabalho de tradutor possui um aspecto artesanal, de traduzir cada palavra, mas deve ser equilibrado com o conhecimento sobre a história e a literatura de cada país, ajustando os sentidos semânticos conforme os contextos em questão. O processo de tradução não acontece apenas por meio de mecanismos de relação entre línguas e requer um conhecimento prévio de sistemas literários. Ou seja, a tradução é um campo em que aspectos históricos e literários precisam ser conjugados de forma sinfônica. O conhecimento teórico deve estar alinhado com o conhecimento prático do que funciona em termos de rimas e métricas. A teoria e a prática precisam se corrigir e se retroalimentar de forma permanente e esse é um grande desafio, especialmente pensando na tradução de poemas. Essas propostas orientaram trabalhos de tradução que fiz de autores como o poeta e matemático romeno Dan Barbilian [1895-1961], o poeta, teólogo e médico alemão Angelus Silesius [1624-1677] e o poeta russo Velimir Khliébnikov [1885-1922].

Por que traduzir poesia é tão desafiador?

A poesia tem a capacidade de dar saltos, de unir coisas aparentemente disparatadas e congregar o que parece distante, oferecendo uma centelha para o entendimento do sentido. Assim, da impossibilidade de diálogo, o poeta cria a capacidade de furar bloqueios, de atravessar fronteiras, e essa intenção precisa aparecer no trabalho de recriação de cada verso. O tradutor se inquieta, ou se aflige, pois precisa lidar com a ideia de que é possível apenas tangenciar os sentidos do texto literário original, sendo necessário trabalhar sempre no campo do imponderável e do impreciso.

Qual foi o trabalho mais difícil que você traduziu?

Comecei a fazer traduções aos 15 anos e sigo com elas até hoje. Neste ano, por exemplo, saíram duas traduções exigentes: *Babel* [Attar Editorial], do poeta turco contemporâneo Tozan Alkan, e *Caderno azul* [Editora Patuá], de Yunus Emre [1238-1328], que traduzi do turco antigo. Elas me deram muito trabalho, pois demandaram não apenas o conhecimento da língua, suas rimas e métricas, mas também a recriação do sistema literário turco, antigo e moderno, para o sistema literário brasileiro. Isso significa que foi necessário mobilizar o conhecimento que tenho da história de cada país e dos referenciais teóricos de filosofia da tradução.

De onde vem seu interesse e sua relação com autores do Oriente?

Dos meus 30 aos 50 anos, eu sentia uma espécie de grande saudade do Oriente, sentimento que me perturbou durante décadas. Viajei para muitos lugares, quase todos os países árabes, Mauritânia, Marrocos, Arábia Saudita e vários outros. Às vezes, por causa de convites para dar palestras ou lançar livros e, outras, em férias. Em 2022, fui ao Paquistão para dar uma palestra. Queria ter depositado flores no túmulo do poeta e filósofo Muhammad Iqbal, mas não foi possível, pois havia rumores de golpe de Estado. Tive de fugir do hotel às 4 horas da manhã, escoltado por seguranças armados até os dentes e correr para o aeroporto.

Saber falar tantas línguas te abriu portas para além do campo da tradução?

Gosto de usar as línguas que conheço para abrir espaços de diálogo. Para contar um caso, em 1996 eu estava no Líbano e queria visitar um campo de refugiados. Cheguei a Sabra e Chatila e um jornalista árabe me cumprimentou em inglês. Prontamente respondi em árabe. Ele ficou emocionado e surpreso, razão pela qual visitei o campo acompanhado por crianças, idosos e mulheres. Foi uma experiência diferente, que me mostrou quanto dramática é a vida nesses espaços. Além disso, participei de um grupo no Conselho Nacional de Justiça para defender o direito à leitura em espaços de reclusão. Antes da pandemia, eu costumava visitar prisões para dar aulas em escolas que funcionam nesses lugares.

Em uma delas, comecei a conversar com um senhor que falava um português de difícil compreensão. Eu questionei sua origem, mas ele não respondeu. Na verdade, foi uma pergunta indevida, pois ele pareceu ter se sentido ainda mais excluído: estava preso e, ainda por cima, era estrangeiro. Para tentar amenizar a situação, disse-lhe que minha origem era italiana e ele acabou respondendo que era de Brasov, na Romênia. Então, eu disse a ele em romeno: “Brasov, na Romênia? Mas como pode isso, meu amigo?”. Ele ficou surpreso ao ver que eu falava seu idioma materno. No final da conversa, me abraçou e beijou o meu rosto.

Partindo da experiência em diferentes contextos nacionais e sociais, que conselhos você daria para um jovem pesquisador que deseja entrar na vida acadêmica?

Uma das coisas mais importantes é fugir à tentação de seguir a carreira apenas por vaidade ou pela estabilidade que o serviço público proporciona. O jovem não deve se iludir pelo canto da sereia. Grandes questões metafísicas precisam estar sempre em primeiro plano. O se-

gundo ponto fundamental é a capacidade de realizar leituras várias e globais, sem preconceitos, com método e sem ideias apressadas. Adotar um olhar aberto, ecumênico e evitando modismos. Ter cuidados com ideologias mecânicas, anacronismos, ilusões historicistas e saber olhar o passado sem aprisionamentos. Precisamos desconfiar do presente e enfrentar os desafios do futuro. E não permitir, sob qualquer hipótese, que a instituição destrua ou comprometa a nossa subjetividade. Essa é uma luta constante, perene, de autorregulação e refinamento. Os grandes *insights* relacionam-se com a estrutura das revoluções científicas que ocorrem no coletivo, nos embates e nos diálogos, mas o núcleo duro da subjetividade deve reger a pesquisa e os interesses acadêmicos.

Vamos agora falar sobre a Biblioteca Nacional? Você pode definir o que é a instituição?

A Biblioteca Nacional é um grande acontecimento, um sonho de olhos abertos, métrica de tesouros, máquina do tempo e defesa do infinito. Partindo para uma definição objetiva, uma biblioteca nacional é aquela que, por lei, recebe o depósito legal de quanto se publica no país, livros, revistas, jornais, partituras. A BN chega a receber de 80 a 100 mil livros por ano e precisa catalogar e conservar todo esse material. Durante o período de férias, recebemos 7 mil visitantes por dia. O número de acessos digitais deve ultrapassar neste ano a casa de 100 milhões. Trabalhamos, ainda, em parceria com as bibliotecas da América Latina por meio da Federação Internacional de Associações e Instituições Bibliotecárias. A BN do Brasil é mundialmente reconhecida por suas atividades de preservação e conservação e prestamos assistência a instituições na Bolívia, Equador, Uruguai e Paraguai. A BN busca desenvolver colaboração com irmãos desse continente que têm muito a dar para o mundo. Também acabamos de realizar o primeiro encontro da BN com bibliotecas nacionais de países africanos de língua oficial portuguesa.

Que segredos a BN esconde? Há alguma caixa fechada que nunca foi aberta?

Não. O que certamente deve haver são surpresas de classificação, ou seja, objetos que foram catalogados de forma



Por que falar tantas línguas? É um exagero. A sensibilidade para línguas já existia em minha família

equivocada. Em 2011, foi encontrada uma edição desconhecida do livro *Harmonia cósmica* [1596], do astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler [1571-1630]. Quando soube da notícia, até me ajoelhei. Na década de 1950, foram identificados pareceres do século XIX de Machado de Assis [1839-1908] para o Conservatório Dramático, nos quais o escritor avalia se determinada obra deve ou não ser encenada. Ou seja, muitas surpresas podem vir à tona a partir do trabalho de pesquisadores e bibliotecários.

Você se lembra quando foi a primeira vez que entrou na BN?

Deve ter sido aos 14 ou 15 anos. Desde sempre sou capturado por essa instituição. São muitos tesouros. Recentemente, egiptólogos estiveram aqui e ficaram impressionados com as fotos que dom Pedro II trouxe do Egito. Ao sul do Equador, temos a maior coleção de incunábulo – livros impressos no século XV, antes de Gutenberg. Temos a *Bíblia de Mogúncia* impressa em 1462, além de obras de Candido Portinari [1903-1962], gravuras de Francisco de Goya [1746-1828] e uma coleção de música que é considerada a mais importante da América Latina. Uma das grandes joias da BN é *Divina proporção*, obra raríssima produzida pelo frade franciscano e matemático Luca Bartolomeo de Pacioli [1445-1517]. O livro trata da divina proporção a partir de uma perspectiva platônica, sustentando que a matemática e a geometria são as verdadeiras linguagens do Universo. Além disso, as letras foram desenhadas por Leonardo da Vinci [1452-1519], que era seu aluno. Esse livro estava desfeito e comprometido. Algumas partes, inclusive, estavam em migalhas, e a equipe de preservação da BN conseguiu recuperá-lo a partir de um projeto para reconstrução de livros raros. Tenho imenso respeito pelos servidores desta casa.

Quais os desafios de uma instituição centenária para se modernizar e, ao mesmo tempo, preservar o passado?

Cada geração abre a janela de seu tempo e recolhe os melhores frutos. Todas complementam e revisam uma política de desenvolvimento de coleções. O desafio de nosso tempo é ampliar a biodiversidade. Em parceria com li-



O tradutor precisa lidar com a ideia de que é possível apenas tangenciar o sentido do texto original

deranças indígenas vamos repensar uma coleção de fotografias feitas por diferentes profissionais em uma aldeia yanomami, próxima de São Gabriel da Cachoeira [AM]. Neste ano lançamos o Prêmio Akuli, para reconhecer cantos ancestrais e narrativas da oralidade de povos originários, quilombolas e ribeirinhos, como parte do Prêmio Literário que promovemos anualmente. A ideia do prêmio me ocorreu durante as visitas que realizei a aldeias e comunidades quilombolas do país. Percebi que as novas gerações queriam reconstruir o tecido social a partir de suas narrativas orais e canções. O Prêmio Akuli foi o primeiro passo na intenção de ampliar as prateleiras étnicas da BN, sem prejuízo de outras riquezas. Somos ecumênicos. A BN é uma instituição que não censura, é democrática e recebe em seu depósito legal uma grande pluralidade de livros e vozes.

A BN tem enfrentado problemas relacionados à falta de manutenção de sua estrutura, que ocasionaram vazamentos

de água, falhas no sistema de refrigeração e risco de incêndio. Essas questões vêm sendo resolvidas?

Há 10 anos, a instituição colocou em prática um projeto para modernizar seu sistema de refrigeração e, em 2017, reformou sua fachada. Nos últimos cinco anos, foram feitos investimentos para melhorar a segurança contra incêndios, incluindo recursos na arquitetura e o treinamento de servidores. Ainda enfrentamos problemas de falta de espaço e temos uma equipe reduzida de profissionais. A BN não para de crescer e o espaço físico precisa acompanhar esse avanço. Recebemos neste ano um aporte de R\$ 23 milhões do governo federal e recebemos R\$ 18 milhões do Fundo de Direitos Difusos, para iniciar as reformas do anexo da BN no Porto Maravilha, no centro do Rio de Janeiro. A partir desses e de outros investimentos, a ideia é que o anexo funcione como uma biblioteca do século XXI. Os recursos estão sendo ampliados tendo em vista a melhoria desses problemas, mas é necessário dar passos seguros, ter transparência nos gastos e responder aos órgãos de controle. Com isso, os projetos não são colocados em prática com a rapidez que desejamos.

O que é uma biblioteca do século XXI?

É uma instituição sem paredes, transparente e acessível. Caminhamos para um processo de digitalização cada vez mais intenso do acervo. Hoje, registramos 8 milhões de acessos por mês em nossa base de dados e queremos aumentar a quantidade de documentos digitalizados para que pesquisadores do mundo todo possam consultá-la. Não pode haver confusão: o digital não é inimigo do analógico, como se pensava nos anos 1990. Precisamos trabalhar com a dupla preservação e com a manutenção de dois patrimônios, do ponto de vista de sua organização. Por outro lado, devemos expandir o acesso às informações, de tal modo que a BN não seja apenas um repositório, mas sim uma grande encruzilhada de saberes. Por fim, enfrentamos o desafio de ampliar o desenvolvimento de pesquisas que permitam aprofundar a compreensão de certos itens de nosso acervo que ainda foram pouco estudados, entre eles o repositório de quadrinhos, um dos maiores do mundo. ■

A HORA E A VEZ DA POLÍTICA INDUSTRIAL



Propostas apresentadas pelo governo e setor privado estabelecem missões para combater a desindustrialização da economia brasileira

Fabrício Marques



As missões propostas pela Confederação Nacional da Indústria preveem transição para energias limpas, digitalização de empresas de todos os portes e expansão de cadeias de produção nas áreas de saúde e defesa

O debate sobre o desenho e as ambições de uma política industrial adequada para as necessidades do Brasil retomou fôlego em 2023, após ficar adormecido por ao menos cinco anos. A Confederação Nacional da Indústria (CNI) lançou em maio o Plano de Retomada da Indústria, que enumerou 60 propostas para melhorar o ambiente de negócios no país, reduzir tributos e financiar a inovação e, como novidade, apontou quatro missões prioritárias a serem alvos de políticas públicas e de ações estratégicas das empresas: a transição para uma economia de baixo carbono, a incorporação de tecnologias digitais em companhias de todos os tamanhos e a expansão das cadeias de produção nas áreas da saúde e da defesa, com foco na fabricação nacional de vacinas a satélites.

Paralelamente, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI), um colegiado vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) que não se reunia desde 2015, definiu a política industrial a ser executada nos próximos anos com base em seis grandes desafios. Além das mesmas quatro missões propostas pela CNI, o CNDI, que é composto por membros do governo e representantes da sociedade civil, contemplou duas metas adicionais: o fortalecimento de cadeias agroindustriais, com foco na erradicação da fome, e investimentos em infraestrutura para melhorar o bem-estar nas cidades, em articulação com a política de habitação do governo.

As políticas públicas necessárias para cumprir as missões estão agora sendo detalhadas por grupos de trabalho. De modo mais concreto, o governo lançou em outubro um programa para desenvolver o que chamou de Complexo Econômico-Industrial da Saúde, com investimentos de R\$ 42 bilhões, a fim de expandir a fabricação de insumos prioritários para o Sistema Único de Saúde (SUS), como imunizantes e remédios, inclusive por meio de parcerias público-privadas. A meta é produzir nacionalmente ao menos 70% das necessidades do SUS.

O Ministério da Fazenda entrou no debate em um tópico específico: a descarbonização da eco-

nomia. Em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, lançou as bases do Plano de Transformação Ecológica, que propõe direcionar investimentos públicos para atividades econômicas com impacto ambiental positivo, além de criar um mercado regulado de carbono capaz de recompensar empresas com baixas emissões de gases estufa.

As propostas de política industrial incorporam aprendizados e buscam se distanciar do que não funcionou bem no passado no país. Em vez de beneficiar segmentos selecionados ou preconizar isenções de impostos, elas são abrangentes e orientadas por missões de impacto na economia e na sociedade – os quatro eixos do plano da CNI e os seis eixos do CNDI funcionam como grandes metas a serem atingidas. “A intenção é escolher problemas da sociedade contemporânea que precisam ser solucionados e articular em conjunto os esforços dos setores público e privado, da academia, dos centros de pesquisa e dos trabalhadores”, diz a economista Samantha Ferreira e Cunha, gerente de Política Industrial da CNI, uma das coordenadoras do Plano de Retomada da Indústria.

O economista Renato Garcia, do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), explica que políticas orientadas por missões vêm ganhando espaço porque criam o que se convencionou chamar de adicionalidades. “Diferentes atores juntam seus esforços e experiências para trabalhar em algo novo: uma grande missão de interesse da sociedade e que não tem necessariamente um vínculo com o que faziam anteriormente”, diz. Políticas industriais de feitiço tradicional, ele explica, às vezes geravam um efeito indesejado, conhecido como substitutibilidade. “Não era incomum que as empresas aproveitassem incentivos de políticas públicas apenas para substituir investimentos próprios já previstos, obtendo resultados muito semelhantes aos que seriam alcançados se não houvesse estímulo algum.”

O cenário internacional exerceu uma forte influência nas propostas brasileiras. Nos últimos 15 anos, políticas de longo prazo talhadas para recuperar o crescimento econômico após a crise de 2008 emergiram nos principais países industrializados. A pandemia, ao expor grandes vulnerabilidades em cadeias globais de suprimentos, elevou a outro patamar a importância das políticas industriais e a disposição de governos para criá-las. A redução no fornecimento de semicondutores e circuitos integrados durante a emergência sanitária forçou segmentos industriais inteiros a diminuir suas atividades, pro-

longando o impacto da Covid-19 na economia global. Os riscos causados pela concentração de três quartos da produção global desses insumos em cinco países – China, Coreia do Sul, Malásia, Singapura e Taiwan – entraram no radar das nações industrializadas. Uma reação eloquente veio dos Estados Unidos, que aprovaram uma nova legislação, o Chips & Science Act, com investimentos de centenas de bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento e na fabricação doméstica de semicondutores (ver Pesquisa FAPESP nº 320).

“As principais economias mundiais estão empregando, desde 2015, pelo menos US\$ 12 trilhões em políticas industriais”, informa Samantha Cunha, da CNI. Além de investir em estratégias de reindustrialização, também buscam mudar o desenho de cadeias globais de produção, o que pode gerar oportunidades para indústrias brasileiras. “Cadeias de suprimento estão sendo remodeladas a partir de conceitos como o *nearshoring*, que consiste em trazer para mais perto das sedes de empresas norte-americanas ou europeias os elos finais da produção, que haviam sido transferidos para a Ásia para reduzir custos, ou o *friendshoring*, que é levar a produção para países culturalmente mais próximos e com ambientes de negócio favoráveis”, explica.

João Carlos Ferraz, do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), observa que políticas orientadas por grandes missões não são propriamente uma novidade, mas governos costumavam recorrer a elas em ocasiões especiais, como situações de conflito, canalizando, por exemplo, investimentos públicos e capacidade das empresas em es-

Reciclagem de alumínio: a economia circular é um dos eixos da missão que propõe descarbonizar a produção industrial brasileira





Planta de produção de biodiesel: o Brasil leva vantagem em relação a outros países na geração de energia renovável

forços de guerra. “Dessa vez há um ativismo em favor de políticas industriais mesmo sem haver conflito”, compara. Ele explica que as políticas orientadas por missões ganharam adeptos nos últimos tempos com a repercussão dos trabalhos da economista italiana Mariana Mazzucatto, autora do livro *O Estado empreendedor* (2011). Sua obra mais recente, *Mission economy: A moonshot guide to changing capitalism*, publicada em 2021, é uma espécie de manual para formuladores de políticas públicas encarregados de articular soluções para grandes problemas da sociedade. Mazzucatto, coordenadora do Institute for Innovation and Public Purpose no University College London, no Reino Unido, já veio duas vezes ao Brasil neste ano: foi recebida pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva em julho e participou do Congresso Nacional de Inovação da CNI em setembro.

A seleção das missões a serem enfrentadas pelo Brasil levou em conta a agenda dos competidores internacionais. “Basta analisar as políticas industriais em curso no mundo hoje para ver que 90% estão associadas ao digital e ao verde”, afirma Ferraz. Um dos desafios agora é mobilizar empresas de todos os portes. Um levantamento da CNI realizado em 2021 mostrou que, enquanto 86% das grandes empresas brasileiras já utilizavam ao menos uma tecnologia digital, o percentual caía para 64% em médias empresas e 42% entre as pequenas. “Investir em conectividade de pequenas propriedades pode ter um impacto extraordinário em cadeias de produção na agroindústria. Tecnologias de informação também podem ajudar na solução de grandes problemas sociais, como estimular empresas a criarem ferramentas que melhorem o atendimento no SUS”, diz Garcia, da Unicamp, referindo-se, por exemplo, ao uso de inteligência artificial pa-

ra integrar dados de prontuários de saúde. Já no esforço para descarbonizar a economia, há oportunidades potenciais, como a exploração do mercado internacional de carbono e o uso sustentável da biodiversidade. “Temos vantagens em relação aos nossos competidores, pois 47% da nossa matriz energética é limpa, o que está acima dos padrões mundiais”, lembra Cunha, da CNI.

A missão no campo da saúde é um exemplo à parte, pois o recurso de utilizar políticas sanitárias para incrementar a atividade industrial já existe. Em 2012, começaram a funcionar as Parcerias para o Desenvolvimento Produtivo (PDP), um sistema pelo qual o Ministério da Saúde determina uma lista de produtos estratégicos a serem adquiridos, que tenham importância para o SUS e representem um custo elevado para o governo ou um peso relevante na pauta de importações. Empresas se comprometem a transferir a tecnologia para laboratórios públicos do país e, em contrapartida, podem fabricá-la com vendas garantidas por um período de até 10 anos (ver Pesquisa FAPESP nº 302). “Essa agenda teve fases de expansão e retração, mas nunca deixou de existir”, diz Elize Massard da Fonseca, especialista em administração pública e professora da Fundação Getúlio Vargas (FGV) em São Paulo. “Alguns contratos foram cancelados em anos recentes, mas outros continuaram.”

A experiência da pandemia, em que ficou evidente a dependência do país no abastecimento de insumos de vacinas, ajuda a explicar a escolha dessa missão. “O Ministério da Saúde parece ter ambições maiores agora do que tinha no passado”, considera a pesquisadora. O grande desafio, segundo ela, será lidar com a evolução tecnológica. “O desenvolvimento e a transferência de tecnologia não são processos imediatos e há sempre o risco de investir em algo que, quando puder ser incorporado pelo SUS, já não seja mais a terapia de escolha”, explica.





Ampliação da conectividade em pequenas propriedades pode multiplicar a produtividade da agroindústria

No caso da indústria da defesa, a ideia é apostar em tecnologias que possam ter aplicações tanto militares quanto civis, tendo como inspiração o esforço que resultou no desenvolvimento da indústria aeroespacial no país após a criação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), sete décadas atrás. Em uma reunião virtual promovida em julho pela Associação Brasileira de Economistas pela Democracia, a secretária-executiva do CNDI, Verena Hitner Barros, disse que a meta é expandir as cadeias de produção das indústrias de defesa, aeroespacial e de segurança, com foco na pesquisa em micro e nanoeletrônica. “Um dos nossos desafios é identificar dentro da cadeia dos produtos da área de defesa as debilidades que, hoje, inviabilizam as nossas exportações”, esclareceu.

Para que as missões da política industrial brasileira saiam do papel, será necessário vencer obstáculos e incertezas de natureza variada. Segundo o economista Eduardo Strachman, pesquisador da Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara da Universidade Estadual Paulista (Unesp), as condições que levaram o país a um processo de desindustrialização nas últimas décadas continuam vigentes. “Desde o governo Collor [1990-1992], nossa política econômica tornou-se anti-industrial”, afirma. “A taxa de câmbio flutua muito – entre economias mais ou menos desenvolvidas, a do Brasil é a que teve mais flutuações. Com isso, as empresas têm dificuldade de exportar seus produtos porque nunca sabem se estarão competitivas – na maioria das vezes, o câmbio as desfavorece. A taxa de juros é elevada e o sistema fiscal brasileiro é horrível”, afirma. Para ele, as discussões recentes sobre a reforma tributária com estados e municípios mostraram as dificuldades de alterar políticas fiscais. “No quadro atual, é possível que políticas industriais alcancem ganhos pontuais, mas acho difícil o

governo conseguir reunir condições políticas para reverter o processo de desindustrialização.”

O economista Eduardo da Motta e Albuquerque, do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar-UFMG), chama a atenção para a importância de uma coordenação bem articulada a fim de levar adiante uma política industrial que envolva múltiplos atores, como instituições científicas, universidades, empresas, laboratórios, incubadoras, agências financiadoras e reguladoras e sistemas de compras governamentais. “É muito positivo que um ministério de prestígio como o MDIC, comandado por um político que é vice-presidente da República, Geraldo Alckmin, esteja coordenando as propostas de política industrial, pois em iniciativas anteriores claramente houve uma falta de coordenação que comprometeu seus resultados”, afirma.

Albuquerque menciona um estudo publicado em 2017 pelo economista Wilson Suzigan, da Unicamp, que compara as políticas industriais levadas a cabo no Brasil e no Japão. “Suzigan mostrou que a coordenação é a essência de uma política industrial e que a coordenação política é complexa em regimes democráticos pluripartidários. Em países como Japão e Coreia do Sul, políticas industriais foram articuladas por lideranças e órgãos de governo politicamente fortes”, afirma.

Ainda que essas dificuldades sejam vencidas, é difícil fazer previsões sobre o impacto que as novas políticas industriais poderão ter na economia brasileira, uma vez que países industrializados estão buscando os mesmos propósitos e investindo volumes de recursos bem maiores do que os que dispomos. “Cada real que conseguirmos colocar nessas políticas, por meio de órgãos públicos de financiamento e pelo setor privado, precisa ser aplicado da forma mais eficiente possível para tentar multiplicar os resultados, pois nosso esforço é só uma parte ínfima do volume de dólares, euros e yuans que estão sendo investidos com o mesmo objetivo”, diz Ferraz, da UFRJ. ■

PLATAFORMA DE INOVAÇÃO ABERTA

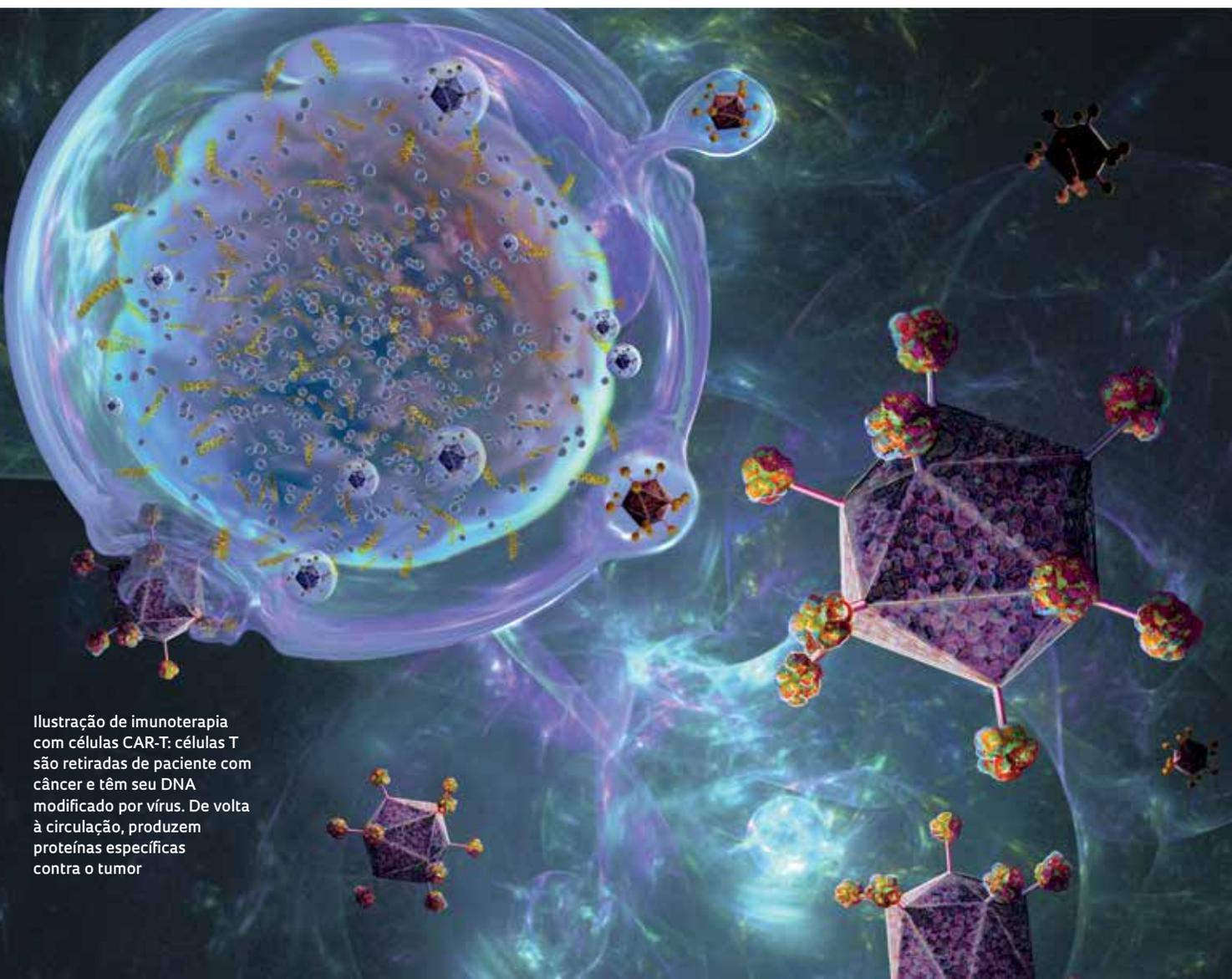
Centro de terapias avançadas sediado no Einstein mira novos tratamentos para doenças genéticas, crônicas e malignas

Maurício Oliveira

O Hospital Albert Einstein, em São Paulo, vai sediar um centro dedicado ao desenvolvimento de terapias celulares e gênicas e de produtos derivados da engenharia de tecidos biológicos. A intenção é de que o recém-criado Centro de Competência Embrapii em Terapias Avançadas funcione como uma plataforma de pesquisa básica e aplicada, produza conhecimento sobre doenças ainda sem terapias satisfatórias, a exemplo de vários tipos de câncer, trabalhe em parceria com pesquisadores de outras instituições e de empresas, e ajude a fornecer tratamentos e métodos de diagnóstico que não estão disponíveis hoje.

“Queremos criar um ecossistema, baseado no conceito de inovação aberta, do qual os usuários possam tanto extrair como adicionar valor, em que pesquisadores trabalhando em rede gerem conhecimentos relevantes para problemas complexos que não seriam alcançados sem cooperação”, afirmou Chico Saboya, presidente da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), organização que coordena

Ilustração de imunoterapia com células CAR-T: células T são retiradas de paciente com câncer e têm seu DNA modificado por vírus. De volta à circulação, produzem proteínas específicas contra o tumor



a iniciativa, em entrevista ao *Pesquisa Brasil*, o podcast da revista *Pesquisa FAPESP*. “Também será um ambiente capaz de formar pesquisadores, nuclear grupos de pesquisa e criar startups.” O centro deverá estabelecer cooperação com instituições similares no exterior, o que envolve intercâmbio de pesquisadores.

De acordo com a definição da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), o conceito de terapia avançada envolve a criação de produtos biológicos terapêuticos a partir de células e tecidos humanos que são fabricados ou reformulados artificialmente ou baseados em DNA recombinante com a finalidade de reparar, substituir, adicionar ou remover uma sequência genética ou então modificar a expressão de um gene. O Einstein trabalha há oito anos com pesquisa em terapias avançadas em diferentes projetos – em alguns casos, em parceria com o Ministério da Saúde, no âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Institucional do Sistema Único de Saúde (Proadi-SUS).

O centro deverá buscar inovações, com destaque para o tratamento de câncer e doenças raras monogênicas, que são linhas de pesquisas em que o Einstein já vem investindo. No ano passado, a instituição recebeu aprovação da Anvisa para dar início à aplicação em seres humanos de células CAR-T (linfócitos T com receptores quiméricos de antígeno) produzidas em laboratório próprio para o tratamento de linfoma, leucemia e mielomas múltiplos. “Sempre digo em aulas que a primeira terapia celular avançada foi a transfusão de sangue e a segunda o transplante de medula. Boa parte dos esforços atuais em terapias avançadas está voltada a doenças malignas em geral, doenças do sangue e doenças crônicas”, diz o hematologista José Mauro Kutner, gerente médico do Departamento de Terapias Avançadas do Einstein e coordenador-geral do novo centro.

Na terapia com células CAR-T, o próprio sistema de defesa do paciente é acionado para combater o câncer. Linfócitos T, células de defesa contra infecções, são extraídos do sangue do próprio paciente e modificados geneticamente em laboratório para que, devolvidos ao organismo, reconheçam o tumor como estranho e, ao se reproduzir,

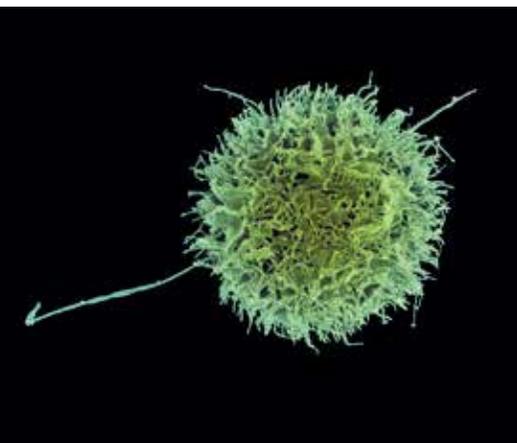
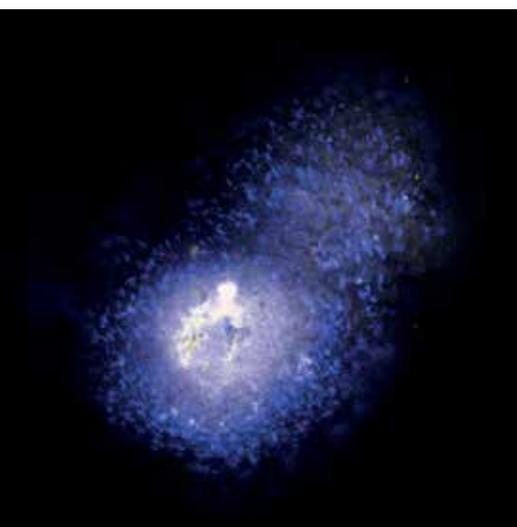
tornam-se um exército de combate à anomalia (ver *Pesquisa FAPESP* nº 286). O Einstein também conduz pesquisas com células do tipo natural killer (NK), glóbulos brancos que destroem células infectadas e doentes, como as cancerígenas, para o tratamento de leucemia mieloide aguda (LMA); terapia gênica para anemia falciforme, doença hereditária que altera glóbulos vermelhos do sangue, tornando-os semelhantes a uma foice; e o uso de células-tronco mesenquimais para tratar malformações congênitas e diabetes.

O outro projeto desenvolvido pelos pesquisadores da organização é o de engenharia de tecidos para lesões crônicas no joelho. O objetivo é aplicar no paciente um tecido com uma quantidade ampliada de células, o que tem melhorado as chances de recuperação. Esse tipo de pesquisa é feito em uma sala limpa, laboratório com ar ultrafiltrado que o hospital inaugurou há cinco anos. A estrutura permite a produção de células sem risco de contaminação. Saboya, da Embrapii, diz que o objetivo de longo prazo é também desenvolver no país novas terapias baseadas em edição genética. “O Brasil precisa criar competência em técnicas de fronteira como essa e torná-la disponível para a população.”

A escolha do Einstein foi feita por meio de uma chamada lançada no ano passado pela Embrapii, organização social criada há 10 anos, que utiliza recursos do governo federal – em especial dos ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação, da Educação, da Saúde e do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços – para cofinanciar projetos de inovação de empresas, além de conectá-las com os pesquisadores de suas 96 unidades de pesquisa credenciadas. A instituição já investiu R\$ 3,2 bilhões em mais de 2,5 mil projetos executados por suas unidades instaladas em universidades e instituições públicas e privadas de pesquisa.

A Embrapii não revelou, devido a normas contratuais, quantos concorrentes participaram da chamada do centro em terapias avançadas e informa ter levado em conta uma série de fatores na escolha do Einstein, a exemplo do trabalho que já vinha sendo feito pela organização e da infraestrutura disponível. A origem dos recursos, nesse caso, foi a Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos do Ministério da Saúde, que viu a chance de articular o modelo do centro de competência com uma iniciativa lançada em 2020 e que ainda está em estágio incipiente. Trata-se do Genomas Brasil, ou Programa Nacional de Genômica e Saúde de Precisão, que pretende criar um banco de dados nacional com 100 mil genomas completos de brasileiros. Serão

Agregado de células-tronco mesenquimais (acima) e célula do tipo natural killer (NK) em imagem de microscopia eletrônica: alvos de pesquisa





3

Pesquisadoras manipulam reagentes e células em sala limpa do Laboratório de Terapia Celular do Einstein

sequenciados genes de portadores de doenças raras, infectocontagiosas, cardíacas e de câncer. A seleção das enfermidades levou em conta a sua prevalência e o custo que elas têm para o SUS.

Um dos pontos que se destacaram na proposta do Einstein foi a projeção de que os R\$ 15 milhões a serem investidos no centro pela Embrapii podem se multiplicar com contrapartidas financeiras de possíveis parceiros privados e o uso de infraestrutura já existente na organização. A expectativa é de que o centro de terapias avançadas atraia investimentos de empresas do setor farmacêutico e de biotecnologia interessadas na expertise de seus pesquisadores e em prestação de serviços especializados e multiplique suas

receitas. Os recursos oferecidos pelo Ministério da Saúde deverão ser aplicados em finalidades específicas, como ampliar a infraestrutura física, formar pessoal, buscar parceiros e criar startups.

“Investimentos em tecnologias avançadas são sempre bem-vindos, mas R\$ 15 milhões estão aquém do necessário para obter resultados robustos nesse tipo de pesquisa, que tem custos muito elevados”, avalia Elize Massard da Fonseca, professora de administração pública na Fundação Getúlio Vargas (FGV) e pesquisadora de inovação e saúde. Ela menciona um estudo publicado em junho passado na revista científica *Pharmaceutical Medicine* segundo o qual o desenvolvimento de uma nova terapia celular e genética requer investimentos de US\$ 1,9 bilhão – o cálculo foi feito com base em 11 ativos aprovados ou em vias de aprovação pela FDA, agência que regula o comércio de remédios e alimentos nos Estados Unidos.

O investimento no centro de terapias avançadas é inferior ao financiamento obtido por outros centros de competência criados recentemente pela Embrapii, em áreas de tecnologia da informação, como conectividade 5G e 6G, tecnologias imersivas aplicadas a mundos virtuais e plataformas de hardware inteligentes. Um total de R\$ 480 milhões foi destinado a oito iniciativas, com uma média de R\$ 60 milhões em cada uma.

Embora o objetivo principal seja a criação de tratamentos inovadores, o centro do Einstein tem potencial para estimular a criação de empregos de alta qualificação e de startups de base tecnológica. “Desenvolvemos uma lógica que facilita a transferência dos conhecimentos obtidos nas pesquisas para as aplicações na indústria, com redução dos custos e dos riscos”, afirma Edelvício Souza Júnior, diretor de Inovação e Transformação Digital da Embrapii. ■

NOVA PLATAFORMA DIVULGA CIÊNCIA

Uma iniciativa de divulgação científica do Einstein foi lançada em julho. É a plataforma *Science Arena* (sciencearena.org), criada com o objetivo de disseminar informações sobre a produção científica brasileira e global. Já foram publicados mais de 60 textos, entre reportagens – produzidas por jornalistas especializados em ciência –, ensaios, colunas e entrevistas, com a proposta de trazer contexto às notícias e abrir novas possibilidades de diálogo. “Os ensaios e as colunas são assinados por pesquisadores que contribuem com o *Science Arena*, publicando textos inéditos. Nada do que publicamos tem veiculação prévia em outros veículos”, conta o jornalista Bruno de Pierro, integrante do time de Comunicação Institucional do Einstein e editor-chefe do *Science Arena*. Ele ressalta que não se trata de uma plataforma apenas sobre as pesquisas do Einstein: também são abordados estudos realizados por outras instituições de pesquisa, tanto no Brasil quanto no exterior, com todo o conteúdo sendo publicado em português e em inglês.

women, with 55 and 54 articles, respectively. “A big mark of sexism in science is that women’s health became a field of study considered scientific when it began being researched by men. Female culture and wisdom about their own health ~~was~~ **were** ignored,” affirms Hoppen. According to her, gender inequalities are evident in scientometrics, the field that analyzes quantitative aspects of science. “In most fields of knowledge, men ~~are able to~~ **can** publish more than women and appear to **BLOQUEIO** their research results and do more collaborations. This **NA** **COMUNICAÇÃO** which corroborates the need for affirmative actions for women in science,” she affirms.

Estudo mapeia desvantagens impostas a autores de artigos científicos que não têm o inglês como língua nativa e sugere meios de amenizá-las

Fabício Marques

Um time de pesquisadores de 10 países analisou as políticas de publicação de 736 revistas científicas de ciências biológicas e identificou barreiras impostas a autores que não têm o inglês como idioma nativo. Alguns desses obstáculos são bastante conhecidos. Como o inglês é a língua franca da ciência, não é incomum que editores de revistas sugiram aos autores a contratação de serviços de empresas especializadas em edição ou tradução de textos científicos para assegurar que o conteúdo de um manuscrito esteja expresso de forma clara e seguindo a norma culta inglesa – e isso amplia os custos de publicação, prejudicando principalmente autores de países pobres.

Também há barreiras menos tangíveis. Das 736 revistas analisadas, só duas delas, *Nature* e *Nature Plants*, declararam categoricamente em suas diretrizes que um *paper* não será rejeitado apenas porque o autor não se expressa de modo satisfatório em inglês – o essencial é avaliar a pertinência e a qualidade de seu conteúdo. Além de analisar regras de publicação, o grupo entrevistou editores-chefes de 262 desses periódicos – e só 6% deles instruíam revisores a não rechaçar preliminarmente artigos em inglês com problemas de gramática, clareza e fluidez. Cerca da metade dos editores sugeria a autores o uso de serviços on-line e gratuitos de edição em inglês para correção gramatical ou os encaminhava a tutoriais na internet. Só 1% das revistas ofereceram assistência por meio de programas de mentoria gratuitos. Uma novidade do estudo, publicado no repositório EcoEvoRxiv e ainda não revisado por pares, foi apontar exem-

plos de revistas que fornecem suporte a pesquisadores cujos manuscritos precisam de ajustes no idioma. Periódicos mantidos por sociedades científicas tendem a ser mais inclusivos. A Sociedade para o Estudo da Evolução, sediada nos Estados Unidos, dispõe de um programa de mentoria em inglês para apoiar quem submete trabalhos à revista *Evolution*. De forma gratuita, editores com experiência em escrita científica podem sugerir mudanças leves e discutir diretamente com os autores maneiras de tornar o manuscrito mais claro. Os autores podem solicitar o suporte antes de apresentar o artigo ou durante o processo de revisão.

Outro exemplo é o do *Journal of Field Ornithology*, vinculado à Associação dos Ornitólogos de Campo, uma organização científica norte-americana que conecta autores que não têm o inglês como língua primária com voluntários que podem ajudá-los a aperfeiçoar seus textos. A Sociedade Americana dos Mamelogistas criou um esquema de parceria gratuito, o ASM Buddy System, no qual zoólogos especializados em mamíferos ajudam a melhorar o nível de inglês de manuscritos, enquanto o *Journal of Ecology*, da Sociedade Ecológica Britânica, disponibiliza um serviço gratuito de revisão por inteligência artificial, o Writefull. O apoio aos autores é bem recebido. Germana Barata, pesquisadora do Laboratório de Estudos Avançados de Jornalismo da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), disse à revista *Nature* que teve uma boa experiência ao publicar em inglês no periódico *Cultures of Science*. “As correções e edições não mudaram em nada minhas ideias, a essência do

que eu estava escrevendo ou o estilo”, diz ela. “Isso não acontece em muitas outras publicações.” O estudo propõe um conjunto de ações para enfrentar as barreiras linguísticas, como um compromisso público dos periódicos com a avaliação justa do conteúdo de *papers*, mesmo os que têm problemas de escrita, ou a oferta de serviços gratuitos para tornar mais legíveis em inglês artigos com conteúdo relevante.

“Nosso trabalho concluiu que os periódicos podem cumprir um papel dual. Ao mesmo tempo que são uma fonte de barreiras linguísticas, também podem ajudar os autores a enfrentá-las”, disse o biólogo brasileiro Pedro Albuquerque Sena, coordenador técnico do Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (Cepan), instituição privada de pesquisa sediada em Recife, um dos coautores do estudo. Sena faz parte de uma comunidade de ecólogos conectada pelo X, o antigo Twitter, que costuma expor e discutir embaraços sofridos por pesquisadores de países em desenvolvimento ao submeter seus *papers* a revistas de alto impacto. As queixas incluem eventuais percalços linguísticos, mas também a sensação de que há injustiça e discriminação no rigor com que revisores desqualificam estudos como mal escritos em inglês ou pouco originais. Na rede social, Sena encontrou um convite para pesquisadores interessados em levantar e analisar as políticas de publicação de revistas em ecologia e se juntou a esse projeto, juntamente com colegas de países como Austrália, Reino Unido, Estados Unidos, Indonésia e República Checa.

A equipe foi montada pelo autor principal do estudo, o biólogo japonês Tatsuya Amano, pesqui-

sador do Centro de Ciências de Biodiversidade e Conservação da Universidade de Queensland em Brisbane, Austrália. Amano é um interessado no tema do viés linguístico porque se sente afetado por ele. Deixou o Japão, em 2011, para trabalhar no Reino Unido e depois na Austrália, onde foi desafiado a produzir ciência exclusivamente em língua inglesa. Ainda hoje ele diz ter dificuldades em escrever artigos, preparar palestras e, em especial, fazer apresentações em conferências em inglês. “Levo muito tempo e preciso dedicar muito esforço para fazer tudo em inglês”, contou em entrevista à Australian Broadcasting Corporation, empresa pública de radiodifusão australiana. “As barreiras linguísticas criam ansiedade, desconforto, constrangimento. É preciso ser corajoso para enfrentá-las.”

Em um outro trabalho publicado em julho na revista *PLOS Biology*, Amano e colaboradores entrevistaram 908 pesquisadores da área de ciências ambientais. Os que não tinham o inglês como primeira língua demoravam até o dobro do tempo gasto por falantes nativos para preparar artigos ou apresentações em inglês. Eles também apontaram uma probabilidade 2,5 vezes de ter trabalhos rejeitados por periódicos e 12,5 vezes mais chance de serem solicitados a fazer revisões antes da publicação. Por falta de confiança na comunicação em inglês, um terço deles afirmou já ter desistido de ir a conferências internacionais – entre os que participaram, metade informou ter evitado fazer apresentações orais.

O prejuízo não se limita à saúde mental dos pesquisadores. A principal linha de pesquisa desenvolvida por Amano busca encontrar dados para preencher lacunas sobre o conhecimento em biodiversidade a fim de melhorar as estratégias de conservação. Ele ressalta que esse conhecimento é produzido em vários idiomas e que as práticas de publicação vigentes acabam bloqueando sua disseminação. “O planeta precisa da contribuição de todos os cientistas, independentemente da sua fluência em inglês”, afirma.

Sigmar de Mello Rode, pesquisador da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e presidente da Associação Brasileira de Editores Científicos (Abec-Brasil), afirma que os pesquisadores brasileiros e os periódicos do país vêm sendo desafiados, em anos recentes, a publicar cada vez mais em inglês e tiveram de criar estratégias para lidar com dificuldades linguísticas. “Queiramos ou não, o inglês se tornou a língua da ciência e difundir resultados científicos nesse idioma é mandatório. Se o público-alvo de uma pesquisa está no Brasil e na América Latina, a solução tem sido publicar versões também em português e espanhol”, explica.

Pesquisadores de ciências ambientais que não tinham o inglês como primeira língua levavam o dobro do tempo dos falantes nativos para preparar trabalhos no idioma

Revistas do Brasil que publicam em inglês pedem para os autores enviarem seus artigos a serviços especializados de revisão, que fornecem certificados sobre a conformidade do texto

Ele conta que as revistas científicas do Brasil adotaram estratégias semelhantes às de periódicos internacionais para garantir a qualidade linguística do conteúdo. “Muitos títulos pedem para os autores enviarem seus artigos a serviços especializados em revisão do inglês e eles dão certificados de que o texto está em conformidade com o idioma”, explica. As revistas chegam a recomendar empresas específicas, como a Enago, que cobra a partir de US\$ 90, o equivalente a R\$ 456, para corrigir a gramática e o estilo de um texto com 1.500 palavras. Editoras como a Springer Nature têm serviços próprios. Um artigo com 1.500 palavras custa US\$ 243 (R\$ 1.230) pelo serviço prata, com revisão por um editor especializado no tema do manuscrito e a emissão de um certificado, e US\$ 484 (R\$ 2.450) pelo serviço ouro, que prevê adaptações para dar ao texto um estilo mais profissional e natural.

Rode diz que, em sua experiência como pesquisador, enxergou sinais de preconceito com a ciência produzida em países em desenvolvimento nas críticas à qualidade do inglês dos manuscritos. Anos atrás, ele fez um teste: submeteu a uma revista internacional um artigo de sua autoria em inglês que havia sido revisado por um serviço profissional. Propositamente, não anexou o certificado de revisão. “O artigo foi devolvido imediatamente com um aviso de que havia problemas de clareza e de gramática e necessitava de revisão. Interpeleii o editor: disse que o manuscrito tinha sido revisado, sim, enviei o certificado e pedi que apontasse

onde havia encontrado problemas, para que eu pudesse falar com a empresa e pedir de volta os US\$ 120 que havia gasto. O editor pediu desculpas, disse que foi um engano e que a revisão não era mesmo necessária”, narra.

A bióloga Marcia Triunfol, que já trabalhou como editora da revista *Science* e é uma especialista em escrita científica, vê certos exageros na forma com que a proficiência em inglês é cobrada de autores brasileiros. “Uma vez, em um workshop que organizei em São Paulo, um pesquisador de origem norte-americana disse que, enquanto os brasileiros não aprendessem a diferença entre *show* e *demonstrate*, não conseguiriam escrever bons artigos em inglês. Fiquei chocada, porque não vejo importância nisso para avaliar se um artigo tem qualidade”, diz a bióloga, que é fundadora da Publicase, empresa que desde 2007 oferece serviços de tradução e de revisão de artigos e organiza oficinas e cursos de treinamento para orientar pesquisadores e estudantes em técnicas de escrita científica. Atualmente vivendo em Portugal, a pesquisadora não vê esse tipo de cobrança nem de preocupação com o problema entre autores europeus que têm o inglês como segunda língua.

Para ela, o desafio mais complexo não é tanto promover a proficiência em inglês, que vem melhorando nos últimos anos, mas treinar estudantes e jovens pesquisadores em escrita científica. “Durante a pandemia, fizemos um treinamento virtual por Zoom para pós-doutorandos da Universidade Harvard. As dúvidas em relação a como escrever um artigo científico eram as mesmas dos workshops com pesquisadores brasileiros”. Segundo ela, a capacitação oferecida pelas universidades em geral é improvisada: “O ideal seria que houvesse professores especializados em técnicas de comunicação científica e não apenas pesquisadores que compartilham sua experiência com os alunos”.

Triunfol considera que em breve o problema deixará de ter as feições atuais. Para ela, as ferramentas de tradução e edição baseadas em inteligência artificial poderão cumprir um papel central para ajustar a escrita de pesquisadores não falantes em inglês. “Nos últimos anos, com a introdução de softwares de auxílio à tradução, observo que a qualidade da escrita científica melhorou. Mais recentemente, por conta do ChatGPT, percebi uma queda na procura por serviços de tradução e revisão em minha empresa, o que considero positivo.” A editora diz que é possível usar a inteligência artificial na correção da escrita científica de forma ética. “Como o objetivo é corrigir e aperfeiçoar um texto já escrito pelo próprio pesquisador, praticamente não há o perigo de que essas ferramentas criem situações de plágio”, afirma. ■



BOAS PRÁTICAS

Comportamentos de risco

Pesquisadores propõem parâmetros para julgar casos em que a imprudência é a causa da má conduta científica

Um artigo publicado na revista *Accountability in Research* analisou as dificuldades para punir um tipo de má conduta em pesquisa previsto na regulação do sistema público de saúde norte-americano, mas que costuma gerar controvérsia na discussão de casos concretos: a imprudência. Ela ocorre quando um pesquisador, mesmo sem conhecimento ou participação em transgressões cometidas em um laboratório ou em um projeto sob sua responsabilidade, deixa de tomar cuidados para prevenir os desvios – e, ao descumprir essa obrigação, contribui para que a violação ética aconteça.

A principal dificuldade é determinar de modo inequívoco se o acusado fez tudo o que pôde para evitar o problema ou se agiu de forma descuidada, em situações que vão desde manipulações fraudulentas de dados praticadas por subordinados, mas que não foram devidamente verificadas pelo chefe antes de publicar os resultados, até episódios de plágio envolvendo estudantes que não receberam treinamento adequado em integridade científica de seus orientadores.

Há também outros entraves. Os autores do artigo – a pediatra Barbara Bierer, do Centro de Bioética da Escola de Medicina Harvard, e três advogados do escritório norte-americano Ropes & Gray, especializado em temas regulatórios em áreas como ciência e saúde – observaram que o conceito de imprudência é interpretado de forma heterogênea por órgãos de financiamento. A National Science Foundation, principal agência de apoio à ciência básica dos Estados Unidos, classifica como imprudente um pesquisador que “utilizou dados e materiais sem o devido cuidado e/ou demonstrou indiferença frente ao risco de serem falsos, fabricados ou plagiados”. Já a Nasa, a agência espacial norte-americana, considera má conduta o “desrespeito imprudente a práticas aceitas”. De acordo com os autores do artigo, o padrão da Nasa dá um caráter subjetivo à avaliação de cada caso, pois “obrigaria um tomador de decisão a identificar o que é uma prática aceita e então determinar, por preponderância das evidências, que houve falsificação, fabricação ou plágio”.

O Escritório de Integridade Científica dos Estados Unidos (ORI), responsável por supervisionar estudos financiados com recursos federais, não tem uma definição oficial para imprudência, mas se debruçou várias vezes sobre o problema em processos de má conduta que julgou. Um caso rico em detalhes foi o do neurocientista norte-americano Christian Kreipke, que chegou a ser demitido em 2012 por má conduta da Wayne State University e do Veteran Affairs Medical Center, ambos na cidade de Detroit, Estados Unidos (ver Pesquisa FAPESP nº 271). Kreipke publicou dados forjados em três pedidos de financiamento e em quatro artigos e pôsteres em que era listado como autor. Ele foi proibido pelo ORI de receber financiamento federal por 10 anos, recorreu a uma corte de apelações do governo dos Estados Unidos e teve o caso reavaliado por um juiz administrativo. Em sua defesa, disse que usou de boa-fé imagens produzidas por pesquisadores em quem confiava e que parte das acusações foi fabricada pela Wayne State University, de quem se diz vítima de perseguição política.

O juiz Keith Sickendick considerou que Kreipke foi imprudente com base em dois parâmetros. O primeiro é que ele tinha a obrigação de averiguar a validade dos dados que utilizou, mas agiu sem cautela. O segundo levou em conta o fato de Kreipke saber que sua equipe tinha problemas de organização. “Com base em seu conhecimento sobre o estado de seu laboratório e a situação do pessoal, foi imprudente presumir que os dados informados em pedidos de financiamento, artigos e pôsteres eram confiáveis”, informou o juiz.

Os autores do artigo analisaram esse e outros casos julgados pelo ORI e os adotaram como parâmetro para propor uma classificação de casos de imprudência. Eles sugerem fazer duas perguntas. A primeira é se o acusado verificou a veracidade das informações coletadas ou fornecidas por subordinados, como é sua obrigação. A segunda é se tomou medidas adequadas para garantir a integridade dos dados apresentados e

para mitigar o risco de que fossem falsificados, fabricados ou plagiados. Se a primeira pergunta tem uma resposta objetiva, a segunda é sujeita a interpretações, e o artigo sugere que os julgadores analisem seis diferentes parâmetros para determinar se houve descuido.

A primeira condição é se, em um caso sob avaliação, já existia a percepção de um risco aumentado de má conduta por conta das práticas culturais do laboratório em que o episódio aconteceu ou das características do seu campo de pesquisa. A segunda é se, repetidamente, haviam sido permitidos, tolerados ou ignorados anteriormente comportamentos que poderiam levar a transgressões naquele ambiente. A terceira é se houve falha na utilização de ferramentas para confirmar a veracidade de dados, ou em sistemas para gerenciar, manter e armazenar registros de pesquisa, ou ainda no treinamento em integridade de estudantes e pesquisadores supervisionados. A quarta é se houve atenção adequada a práticas como revisão de dados brutos em reuniões ou a sua validação por vários membros do laboratório antes da submissão de resultados para a publicação. A quinta é se faltaram medidas corretivas em resposta a alegações anteriores relacionadas à falsificação, à fabricação ou ao plágio. E a sexta é se o ambiente organizacional era adequado, com reuniões frequentes, práticas de supervisão bem estabelecidas e procedimentos rigorosos para coleta, gestão e compartilhamento de dados.

Outro estudo publicado também na *Accountability in Research* por pesquisadores dos Institutos Nacionais de Saúde e da Universidade Estadual da Carolina do Norte chegou a conclusões convergentes ao analisar o julgamento do caso de Frank Sauer, professor de bioquímica da Universidade da Califórnia em Riverside, acusado de falsificar ou fabricar imagens em sete pedidos de financiamento e em três artigos científicos. Sauer primeiro se defendeu dizendo que os erros foram cometidos de boa-fé. Depois, deu outras explicações. Disse que os dados foram falsificados por um indivíduo que o culpava por ter perdido o emprego e também que foi hackeado por um grupo ativista alemão interessado em sabotar os resultados.

A investigação ocorreu em 2012. O ORI considerou Sauer responsável por manipular, reutilizar e rotular falsamente imagens de sua pesquisa em epigenética e o proibiu de obter financiamento federal até 2020. O pesquisador tentou reverter a decisão e levou o caso à corte de apelações. Em 2017, a juíza administrativa Leslie Rogall concluiu que, mesmo dando a Sauer o benefício da dúvida e considerando que ele pode ter sido vítima de sabotagem, o pesquisador agiu com imprudência ao não verificar a precisão dos dados que apresentou em diversos pedidos de financiamento. “A repetida publicação e a apresentação de documentos contendo informações totalmente falsas demonstram, no mínimo, uma indiferença à verdade”, afirmou Rogall. ■

Fabrcio Marques

Acesso a bebidas fica mais restrito em base científica da Antártida

Avenda de bebidas alcoólicas tornou-se mais restrita desde o início de outubro na estação norte-americana McMurdo, a maior base científica na Antártida, com capacidade para abrigar mais de mil pesquisadores, técnicos e visitantes durante o verão. A National Science Foundation (NSF), principal agência de apoio à ciência básica dos Estados Unidos, que supervisiona a pesquisa na estação, determinou que os bares de McMurdo passem a vender exclusivamente bebidas sem álcool. A medida não tem o alcance de uma lei seca, porque cada funcionário continuará a poder comprar em lojas da estação uma quota semanal de até 18 garrafas de cerveja, ou três garrafas de vinho ou uma garrafa de 750 mL de destilado. Em dois dos bares, o Southern Exposure e o Gallagher's, os frequentadores ainda poderão consumir bebida comprada fora – já no terceiro, o Coffee House, que

passará a ficar aberto dia e noite, o consumo de álcool não será permitido em nenhuma hipótese.

A mudança altera as regras de convívio social dos habitantes da estação, 70% dos quais são homens, e foi interpretada como uma nova estratégia de coibir o assédio sexual no ambiente isolado da Antártida. A NSF publicou no ano passado os resultados de um levantamento feito com cientistas e pessoal de apoio que atuaram em bases de pesquisa do país no continente gelado de 2018 a 2020. Segundo os dados, 72% das mulheres mencionaram o assédio sexual como um problema em sua comunidade. Para agressões sexuais, o índice foi de 47% (ver Pesquisa FAPESP nº 321). A maioria das queixas se concentrou justamente na base de McMurdo, que funciona desde 1955 e é o principal centro logístico do programa antártico dos Estados Unidos, com porto, pistas de pouso e mais de 80 edificações.

A NSF criou no ano passado um escritório para lidar com o problema, que disponibiliza 24 horas por dia uma linha telefônica para receber queixas. A agência informou que as mudanças nas regras de consumo de álcool buscam garantir o bem-estar dos habitantes da base e negou que a medida se destine especificamente a coibir o assédio. Mas anunciou outras medidas para prevenir agressões e importunações sexuais na temporada de atividades do próximo verão, como reforço no treinamento de pessoal, visitas à estação de especialistas em assédio e uma nova pesquisa interna para monitorar a incidência do problema. “Não descansaremos até estarmos confiantes de que todos os membros da comunidade antártica estejam seguros e se sintam apoiados”, disse a professora de matemática Karen Marrongelle, diretora de operações da NSF, de acordo com a agência *Associated Press*.

Banco de dados de retratações é vendido por US\$ 775 mil

ACrossref, organização sem fins lucrativos criada por editoras acadêmicas para gerar os identificadores digitais permanentes (DOI) de artigos e documentos científicos, comprou o banco de dados do site Retraction Watch, que reúne mais de 43 mil registros de retratações de *papers* e se tornou fonte de informações para estudos sobre comunicação acadêmica. O valor da transação é de US\$ 775 mil, o equivalente a R\$ 3,9 milhões, com pagamentos escalonados nos próximos cinco anos.

A aquisição ampliará a capacidade da Crossref de rastrear artigos que foram atualizados, corrigidos ou cancelados e declarar esse tipo de ocorrência em seus metadados. Editoras afiliadas à organização utilizam um botão próximo ao título de seus *papers*, o Crossmark, que fornece o histórico de atualizações de cada documento. A ferramenta permite que os leitores sejam informados de mudanças no *status* de um estudo mesmo depois de ter sido baixado e saibam se estão lendo ou citando trabalhos que foram retificados ou considerados inválidos. Conectado ao banco de retratações, o botão fornecerá agora informações mais abrangentes.

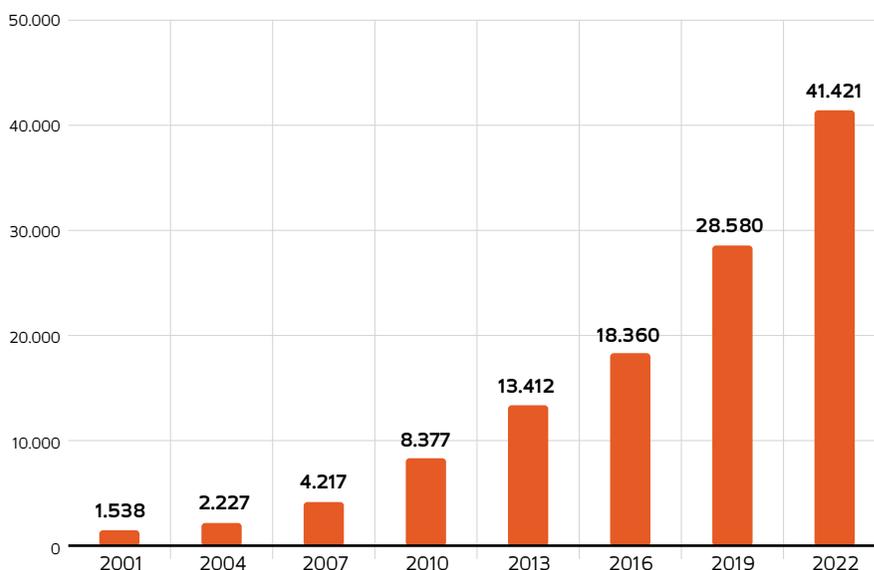
“A colaboração com o Retraction Watch amplia os esforços dos editores, preenchendo lacunas críticas em nossa cobertura, e beneficia diretamente a comunidade de pesquisa”, disse Rachael Lammey, diretora de produto da Crossref. Ivan Oransky, cofundador da Retraction Watch, afirmou que o acordo permitirá ao banco de dados receber financiamento sustentável e ser aprimorado e atualizado. A aquisição não atinge o blog de notícias do Retraction Watch, que seguirá independente e continuará a abastecer o repositório com novos registros.

Publicações científicas sobre mudanças climáticas

▶ Os estudos sobre mudanças climáticas têm sido cada vez mais frequentes nos últimos anos. Ao mesmo tempo, eventos climáticos extremos se sucedem em diferentes partes do mundo, ampliando ainda mais o interesse sobre o assunto

▶ Uma medida do crescimento da importância e do interesse no tema pode ser buscada na evolução do número de publicações científicas sobre mudanças climáticas em todo o mundo. O gráfico ao lado, a partir das informações da Web of Science/ InCites, mostra que esse número passou de 1.538 publicações em 2001 para nada menos que 41.421 publicações, em 2022. Um crescimento de quase 27 vezes, no período, contra a variação de 2,6 vezes para o total das publicações

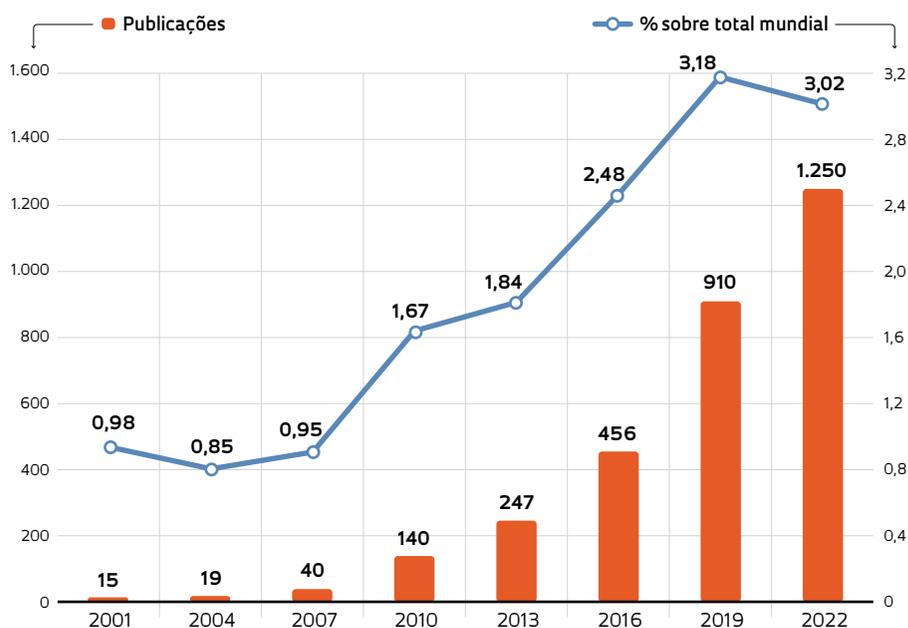
TOTAL MUNDIAL: 2001-2022 (ANOS SELECIONADOS)

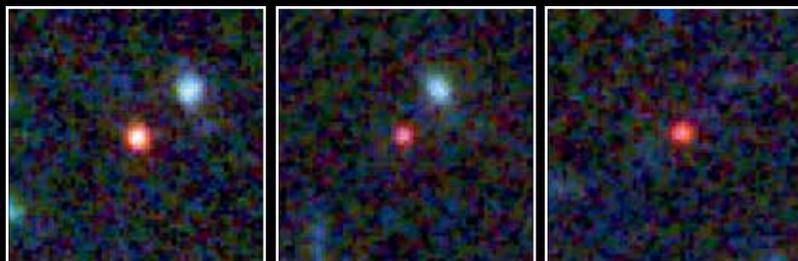


▶ No Brasil também se nota comportamento semelhante e com intensidade ainda maior que o conjunto dos países. Em 2001, foram contabilizadas 15 publicações sobre o tema com pelo menos um autor vinculado à instituição sediada no Brasil, número que passou para 1.250, em 2022, o que corresponde a um crescimento superior a 80 vezes. Em termos relativos, o peso do Brasil no conjunto dos países tem crescido em saltos: manteve-se abaixo de 1% nos anos iniciais da série, passou para pouco mais de 1,6% entre 2010 e 2013, ultrapassou os 2% em 2016 e situa-se, nos últimos anos, em patamar pouco maior que 3,0%

▶ A despeito da retração na produção científica brasileira em 2022, como reflexo dos efeitos da pandemia de Covid-19, o crescimento foi intenso até aquele ano, mas nunca chegou à participação de 3% no total mundial. Já a parcela das publicações associadas às mudanças climáticas, sua participação no total mundial tem se mantido acima de 3% nos últimos anos, o que demonstra que a ciência brasileira vem ampliando seu protagonismo nesse tema

TOTAL NO BRASIL E PARTICIPAÇÃO NO MUNDO: 2001-2022 (ANOS SELECIONADOS)





Seis galáxias totalmente formadas (*pontos avermelhados*) observadas pelo telescópio James Webb quando o Universo tinha entre 500 e 700 milhões de anos de vida

REVISÃO CÓSMICA

Dados do telescópio James Webb acirram debate sobre a formação de galáxias e a velocidade de expansão do Universo

Marcos Pivetta

Avanços técnicos na capacidade de observação da natureza costumam fornecer pistas iniciais de cenários até então insuspeitos e gerar dados mais detalhados sobre fenômenos conhecidos. Dois trabalhos recentes feitos a partir de informações e imagens produzidas pelo Telescópio Espacial James Webb (JWST), o mais caro e potente aparato humano lançado aos céus para estudar o Universo, destacam achados que vão nessa direção e não se encaixam perfeitamente na teoria mais aceita sobre a formação e evolução do Cosmo.

Um diz respeito à inesperada descoberta no Universo nascente e longínquo de galáxias maduras, um tipo de estrutura que, em princípio, deveria aparecer apenas mais tarde. Outro reforça uma divergência de algumas décadas sobre a velocidade de expansão do Universo, parâmetro-chave para entender a dinâmica celeste de estrelas, galáxias, buracos negros, sistemas planetários e tudo mais que existe no espaço. Essa taxa também é, ao lado da descoberta de estrelas velhas, um ingrediente importante para inferir a própria idade do Cosmo, hoje estimada em 13,8 bilhões de anos.

Os dados que causam certo desconforto e excitação começaram a surgir no início deste ano. Em fevereiro, um artigo publicado na revista científica *Nature* deu conta da provável descoberta de seis galáxias totalmente formadas quando o Universo ainda estava em sua infância e tinha apenas 5% de seu tempo de vida atual. Entre 500 e 700 milhões de anos depois do Big Bang, a explosão primordial que teria originado o Cos-

mo, essas galáxias já exibiam um tamanho quase igual ao da Via Láctea.

“Esses objetos são muito mais massivos do que qualquer um esperava”, disse, em comunicado de imprensa, o astrofísico Joel Leja, da Universidade Estadual da Pensilvânia, nos Estados Unidos, autor principal do estudo. “Tínhamos expectativa de encontrar apenas galáxias bebês, pequenas e jovens, nesse período, mas descobrimos galáxias tão maduras como a nossa no que anteriormente se entendia ser o alvorecer do Universo.”

Diferentemente das belas imagens de outros corpos celestes flagrados pelo James Webb, que exibiam impressionante riqueza de detalhes estéticos, os registros dessas galáxias primordiais não passam de pontos desfocados colorizados em tom avermelhado para terem algum destaque. São uma decepção para os olhos, mas não para os pesquisadores. Nunca galáxias tão desenvolvidas, que parecem se encontrar fora de seu tempo e espaço habituais, tinham sido observadas na infância do Universo.

“Essa não foi uma discrepância menor. A descoberta é como encontrar pais e seus filhos no mesmo momento de uma história em que os avós ainda são crianças”, escreveram, em um artigo de opinião em setembro no jornal norte-americano *The New York Times*, o físico teórico brasileiro Marcelo Gleiser, do Dartmouth College, e o astrofísico Adam Frank, da Universidade de Rochester. No comentário, ambos, que não participam dos estudos iniciais com dados do James Webb, dizem que as novas informações fornecidas pelo supertelescópio, ao lado de outras questões pendentes, podem levar a uma revisão da cosmologia.

“O James Webb está no início de seu período de observações e ainda vem sendo calibrado. Temos de esperar alguns meses para conseguir dados mais consolidados”, diz o astrofísico Thiago Signorini Gonçalves, do Observatório do Valongo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (OV-UFRJ), que estuda formação e evolução de galáxias. “Mas a existência dessas galáxias formadas pouco tempo depois do Big Bang foi uma surpresa.”

Onovo telescópio foi lançado ao espaço em dezembro de 2021 e começou a divulgar suas primeiras imagens em julho do ano passado (ver Pesquisa FAPESP nº 318). É considerado uma espécie de sucessor do telescópio Hubble, que ainda está operacional. Seu espelho principal tem um diâmetro de 6,5 metros e uma área coletora de luz seis vezes maior do que a do Hubble.

Foi pensado para observar preferencialmente a chamada idade das trevas do Universo, a partir de 300 milhões de anos depois do Big Bang. Nessa época, o Cosmo era pouco mais do que uma nuvem espessa formada pelo gás hidrogênio. Aos poucos, a matéria começa a se concentrar e surgem as primeiras estrelas e galáxias. Essa fase do Universo pode ser observada em detalhes no infravermelho. Como o Cosmo está em expansão, quanto mais veloz for uma galáxia, mais distante ela estará da Terra. Nessas condições, o efeito Doppler reduz a frequência da luz que ela emite do visível para o infravermelho. Por isso, o James Webb opera essencialmente no infravermelho.

Se não é fácil explicar a existência do sexto de galáxias precocemente desenvolvidas nos primórdios do Universo, mais difícil ainda é conciliar uma divergência de quase 9% entre os dois valores atuais, obtidos por dois métodos distintos, para a taxa de expansão do Universo. Esse parâmetro é denominado constante de Hubble, uma referência a seu formulador, o astrônomo norte-americano

Edwin Powell Hubble (1889- 1953), cujo nome foi usado para batizar o telescópio homônimo.

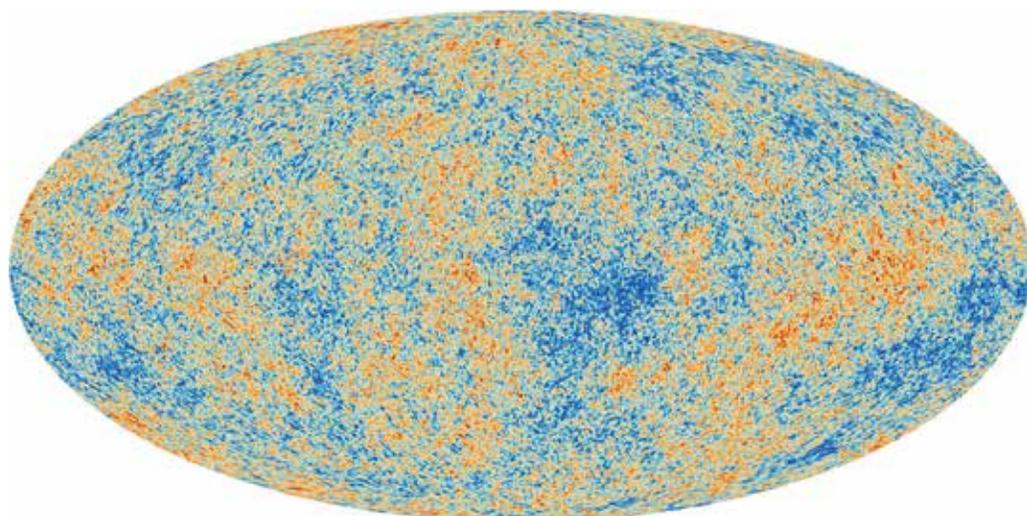
Havia expectativa de que o James Webb, com sua enorme capacidade observacional, pusesse fim a essa discrepância, apelidada de tensão de Hubble. Isso não ocorreu até agora. “Essa é uma questão realmente importante”, opina o físico teórico Gustavo Burdman, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP). “Se ela não for resolvida, talvez seja preciso pensar em uma nova física, em alterar o modelo cosmológico.”

Uma forma de calcular a velocidade de expansão do Universo é a partir da análise da radiação cósmica de fundo. Esse parâmetro é um resquício das ondas eletromagnéticas emanadas pelas primeiras estrelas formadas por volta de 380 mil anos após o Big Bang, assim que o Cosmo começou a esfriar. Ao medir propriedades dessa radiação, uma espécie de fóssil do nascente Universo, é possível calcular a constante de Hubble.

O satélite Planck, da Agência Espacial Europeia (ESA), mediu com grande precisão a radiação cósmica de fundo em 2013 e chegou a um valor para a constante de Hubble de 67/68 quilômetros por segundo a cada milhão de parsec (km/s/megaparsec). Um parsec corresponde a 3,26 anos-luz.

A outra forma usada para calcular a velocidade de expansão do Universo se baseia no registro da variação da distância de estrelas ao longo do tempo. Geralmente, são observadas para esse fim estrelas denominadas cefeidas, um tipo de supernova gigante cujo brilho varia com certa periodicidade, característica que as tornam úteis para determinar distâncias. Por essa técnica, a velocidade atual de expansão do Universo foi calculada como sendo de 73/74 km/s/megaparsec. Dados do telescópio Hubble foram importantes para se obter esse número.

Em outubro deste ano, um grupo liderado pelo astrofísico Adam Riess, da Universidade Johns Hopkins, publicou artigo na revista *Astrophysical Journal Letters* com um novo cálculo da constan-



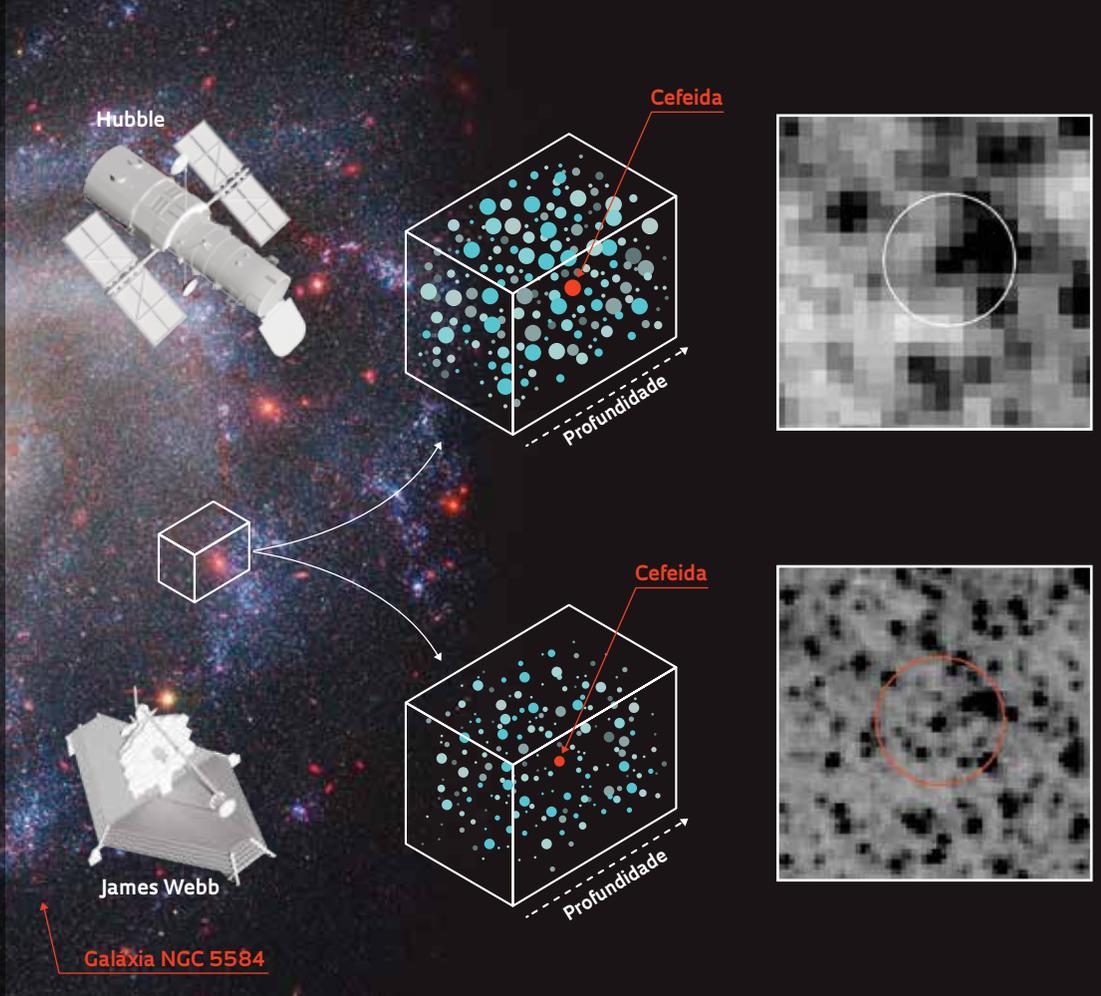
Mapa das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo emitida 380 mil anos após o Big Bang

A VELOCIDADE DO UNIVERSO

Uma forma de determinar a taxa de expansão do Cosmo é registrar a distância de estrelas supernovas do tipo cefeidas

O telescópio James Webb faz esse tipo de medida, também realizada anteriormente pelo Hubble. Ao lado, a comparação das imagens de uma mesma cefeida, situada na galáxia NGC5584, produzidas pelos dois telescópios. A resolução do registro do James Webb é melhor e permite calcular com maior precisão a velocidade de expansão do Universo

FONTES JAMES WEBB / HUBBLE



te de Hubble – agora a partir da análise de 320 cefeidas de duas galáxias, NGC4258 e NGC5584, observadas pelo James Webb. O resultado ratificou, com um nível de precisão ainda maior, que a constante de Hubble, quando calculada por essa abordagem, é de 73/74 km/s/megaparsec.

Segundo Riess, as medidas anteriores do telescópio Hubble estavam certas, apesar de conterem mais sujeira nos dados. O pesquisador foi um dos ganhadores do Prêmio Nobel de Física de 2011 por estudos com cefeidas que forneceram evidências de que o Cosmo se expande de forma acelerada. “O que esses novos dados não explicam ainda é por que o Universo está se expandindo tão rapidamente”, disse ele, em material de divulgação do estudo.

Eles também não querem dizer que a velocidade de expansão do Universo calculada pelo método que usa a radiação cósmica de fundo esteja errada. “A medida da constante de Hubble atingiu um grande nível de precisão, com uma margem de erro de cerca de 1%. No entanto, as duas formas independentes de calculá-la apresentam um desacordo significativo, de aproximadamente 5 desvios-padrão”, explica o físico Rogério Rosenfeld, do Instituto de Física Teórica

da Universidade Estadual Paulista (IFT-Unesp). “Isso pode indicar uma necessidade de mudar o modelo cosmológico padrão.” Atualmente, o modelo sugere que o Cosmos é constituído de 5% de matéria normal (visível), 26% de matéria escura e 69% de energia escura. A natureza desses dois últimos componentes é desconhecida.

É possível que a persistência da Tensão de Hubble seja um indicador de que algum ingrediente fundamental esteja faltando na composição do Universo. Em um artigo publicado em outubro deste ano na revista científica *Physical Review D*, Rosenfeld e um colaborador exploram a ideia de introduzir no modelo-padrão da cosmologia um novo tipo de componente. Seria a energia escura inicial, que estaria apenas presente no Universo nascente.

Sua inclusão poderia levar à correção do valor da taxa de expansão do Universo calculada a partir da radiação cósmica de fundo para um número compatível com o obtido pela análise do movimento das cefeidas. É uma possibilidade. Outras devem surgir à medida que o James Webb e outros instrumentos de observação modernos fornecerem dados cada vez mais precisos sobre diferentes objetos, épocas e fenômenos do Cosmo. ■

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

Força gravitacional atrai as antipartículas da mesma forma que as partículas

Marcos Pivetta

ANTIMATÉRIA EM QUEDA LIVRE

Ilustração de armadilha magnética que aprisiona átomos de anti-hidrogênio

Dois corpos com massa se atraem. É o que diz a gravidade, a mais fraca das quatro forças fundamentais da natureza. E se um dos objetos for feito de antimatéria em vez de matéria? Nada muda. A força gravitacional exerce igualmente sua influência. Os resultados de um experimento internacional, com participação de brasileiros, feito na Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (Cern), localizada nos arredores de Genebra (Suíça), confirmaram esse princípio.

Quando liberados do esquema magnético que os confinava no interior de uma armadilha vertical com meio metro de altura, átomos de anti-hidrogênio entraram em queda livre em direção à Terra da mesma forma que ocorre com átomos de hidrogênio. A antimatéria não “caiu para cima” devido ao efeito de uma suposta antigravidade, como se chegou a especular no passado.

“Na física, só se conhece realmente algo por meio de sua observação”, disse, em comunicado de imprensa, o físico norte-americano Jeffrey Hangst, da Universidade Aarhus, da Dinamarca, porta-voz da

colaboração internacional Antihydrogen Laser Physics Apparatus (Alpha), um dos grandes experimentos do Cern, que conduziu o trabalho com átomos de anti-hidrogênio. “Esse é o primeiro experimento direto a observar um efeito gravitacional no movimento da antimatéria.”

Os resultados do trabalho foram publicados em um artigo na revista científica *Nature* em 27 de setembro. “É muito difícil isolar e medir a ação da gravidade sobre essas partículas”, comenta o físico Cláudio Lenz, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), um dos autores do trabalho e coordenador da parti-

cipação brasileira no Alpha. “Qualquer campo magnético não controlado tem efeito maior sobre elas do que a gravidade e pode interferir na medição.” Outros três brasileiros estão na lista dos 70 pesquisadores que assinam a *paper*. A participação do país na colaboração é financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj).

Proposta por Lenz em 1997, a concepção original do experimento é relativamente simples de entender. Sua realização, porém, é complexa. Os pesquisadores da colaboração Alpha criaram e armazenaram átomos de anti-hidrogênio dentro de um ambiente rigidamente controlado com o intuito de determinar a influência isolada da gravidade sobre a antimatéria.

No interior de uma armadilha magnética, uma estrutura cilíndrica posicionada na vertical, cerca de mil átomos de anti-hidrogênio foram mantidos em condições de vácuo extremo a temperaturas baixíssimas, da ordem de 4 Kelvin (- 269 graus Celsius). Praticamente congelados, os antiátomos apresentavam energia cinética, do movimento, pequena, mas não desprezível. Para garantir que as partículas de antimatéria não fugissem antes do momento desejado, dois campos magnéticos idênticos, um na parte superior da armadilha e outro na inferior, foram aplicados sobre os antiátomos e funcionavam como barreiras.

“Em seguida, reduzimos lentamente esses campos magnéticos e deixamos os átomos de hidrogênio escapar”, explica Lenz. Os que subiram foram registrados por um detector no topo da armadilha. Os que desceram foram captados por

outro detector na parte inferior do recipiente cilíndrico. Esse procedimento foi repetido muitas vezes, com amostras de aproximadamente mil antiátomos.

No final de todas as rodadas, o experimento concluiu que cerca de 80% dos átomos de anti-hidrogênio desceram, ou seja, entraram em queda livre. Se submetidos à mesma situação, átomos de hidrogênio apresentariam comportamento idêntico, em uma proporção similar, em razão da ação da gravidade.

É esperado que uma parcela dos átomos e antiátomos suba ao invés de descer, devido à presença de energia cinética. A margem de erro dos dados finais do estudo é relativamente alta, de até 29%. No entanto, segundo os pesquisadores, os resultados indicam que a ação da gravidade sobre a antimatéria é compatível com a exercida sobre a matéria e eliminam a possibilidade de haver antigravidade.

A influência da gravidade sobre qualquer tipo de matéria foi prevista por Albert Einstein (1879-1955). “O resultado desse novo experimento é importante porque confirma o princípio de equivalência, um dos pilares da teoria da relatividade geral, segundo o qual todas as formas de energia, seja matéria ou antimatéria, sofrem o efeito da gravitação do mesmo jeito”, explica George Matsas, do Instituto de Física Teórica da Universidade Estadual Paulista (IFT-Unesp), que não participou do trabalho feito no LHC.

Embora o conceito em si do que viria a ser considerado antimatéria tenha começado a surgir depois da formulação da relatividade geral, com os trabalhos do fí-

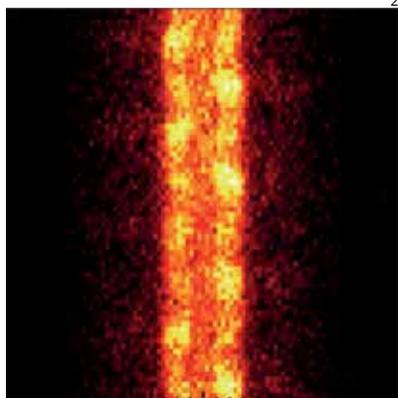
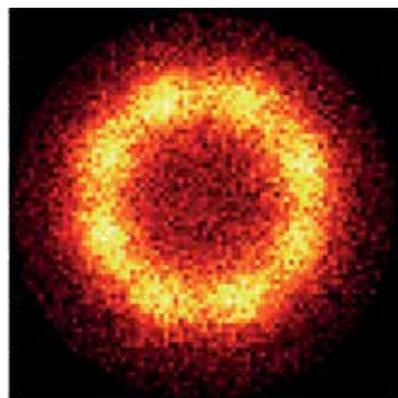
sico teórico inglês Paul Dirac (1902-1984) a partir de 1928, a visão predominante sempre considerou que o princípio da equivalência, uma das leis fundamentais da física, aplicava-se às antipartículas. Havia indícios disso, mas faltava um dado mais preciso como o fornecido agora pela colaboração internacional.

O experimento no Cern trabalhou com o anti-hidrogênio porque esse é o tipo de átomo de antimatéria mais simples que existe e o mais fácil de ser produzido, armazenado e manipulado em laboratório. Segundo o modelo-padrão da física, cada partícula tem uma antipartícula correspondente de igual massa e energia, mas com carga elétrica invertida. O mesmo ocorre com átomos e antiátomos de um elemento.

A exemplo do átomo de hidrogênio, formado por um elétron (de carga negativa) e um próton (positivo), o de anti-hidrogênio é composto por um pósitron (a contraparte do elétron, mas com carga positiva) e um antipróton (o equivalente negativo do próton). O Big Bang, a explosão primordial que teria originado o Universo há 13,8 bilhões de anos, deve ter produzido a mesma quantidade de matéria e antimatéria, que são geradas simultaneamente. Quando um átomo encontra seu antiátomo, eles se aniquilam. Deixam de existir.

No entanto, isso não ocorreu de forma perfeita ao longo da evolução do Universo. Por motivos desconhecidos, talvez tenham sido criadas mais partículas do que antipartículas e essa parcela em excesso de matéria acabou não sendo aniquilada. Essa questão é denominada assimetria matéria/antimatéria pelos cosmologistas.

“Evitar o aniquilamento do anti-hidrogênio dentro da armadilha magnética foi um dos maiores desafios que enfrentamos no experimento”, conta o físico Rodrigo Sacramento, da UFRJ, outro autor do estudo produzido pela colaboração Alpha. “Não podíamos deixar que os antiátomos entrassem em contato com átomos de hidrogênio senão eles seriam extintos. Por isso, precisamos de um ambiente com um vácuo muito controlado.” A colaboração Alpha espera aprimorar seus resultados em novas versões do experimento que permitam reduzir sua margem de erro. ■



Registro do processo de aniquilação de átomos soltos de anti-hidrogênio na superfície interna de armadilha magnética

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

OS ESCOLHIDOS DE 2023

Onze pessoas receberam a láurea este ano, entre elas quatro mulheres

Nas últimas décadas, aumentou bastante o tempo decorrido entre a publicação de um trabalho capaz de influenciar toda uma área da ciência e o seu reconhecimento com um Prêmio Nobel, especialmente em Química, Física e Fisiologia ou Medicina. A espera cresceu mais acentuadamente a partir dos anos 1960 e, entre 2011 e 2019, já era preciso aguardar, em média, mais de 25 anos para a premiação chegar, segundo reportagem publicada em 29 de setembro na revista *Nature* – o tempo médio era menor, de 26 anos, em Fisiologia ou Medicina, e maior em Química, de 30 anos.

Este ano não foi muito diferente, com exceção do prêmio de Fisiologia ou Medicina, que prestigiou resultados que começaram a ser publicados há menos de 20 anos. Em 2023, o valor do prêmio nas seis áreas – Física, Química, Paz, Literatura, Economia e Fisiologia ou Medicina – foi de 11 milhões de coroas suecas (cerca de R\$ 5 milhões). Houve 11 ganhadores, dos quais quatro eram mulheres – o mesmo número de 2018 e 2020, inferior apenas ao de 2009, quando houve cinco premiadas.



Os textos com mais informações sobre os ganhadores do Nobel estão disponíveis no site da revista

FISIOLOGIA OU MEDICINA

Em 4 de outubro, a equipe da bioquímica Santuza Teixeira, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), apresentou no congresso da Sociedade Brasileira de Imunologia os resultados de uma potencial vacina contra a leishmaniose cutânea, infecção causada por protozoários que geram lesões na pele e nas cartilagens. Testada em camundongos, a formulação usa uma molécula de RNA mensageiro (mRNA) para estimular o organismo dos roedores a produzir um fragmento de proteína que impele o sistema de defesa a combater o protozoário. Os animais que receberam a formulação apresentaram de 10 a 100 vezes menos parasitas nas lesões do que os tratados com placebo. “É um resultado importante, mas que precisa ser melhorado”, afirmou a bioquímica Gabriela Burle Caldas, que reportou os dados no encontro.

Dois dias antes, o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina havia sido anunciado justamente para os pesquisadores que abriram o caminho para o desenvolvimento das vacinas à base de mRNA. A bioquímica húngara Katalin Karikó, de 68 anos, e o imunologista norte-americano Drew Weissman, de 64, ambos da Universidade da Pensilvânia, nos Estados Unidos, compartilharam igualmente o prêmio.

Karikó iniciou sua carreira científica na Hungria e migrou para os Estados Unidos no fim dos anos 1980. Na Universidade da Pensilvânia, ela trabalhou inicialmente no desenvolvimento de terapias à base de mRNA para tratar acidente vascular cerebral, mas enfrentou dificuldades para obter financiamento. Em 1997, começou uma parceria com Weissman, que então buscava novas estratégias para desenvolver uma vacina contra o vírus da Aids.

Na época, os imunizantes disponíveis para proteger de diversas doenças eram quase sempre produzidos a partir de pa-



Karikó e Weissman iniciaram nos anos 1990 a parceria que os levou ao Nobel de Medicina

tógenos inteiros ou de proteínas deles para estimular a resposta do sistema de defesa, mas exigiam o cultivo de grandes quantidades de células. Por essa razão, buscavam-se alternativas. Uma delas era a molécula de mRNA. A ideia era criar em laboratório uma dessas moléculas com a informação de uma proteína capaz de despertar a resposta imune contra determinado patógeno e administrá-la ao organismo. A expectativa era que, no corpo, esse mRNA chegasse às células e iniciasse a produção da proteína ativadora do sistema de defesa.

Mas a versão sintética dessas moléculas era instável e, assim que entrava no organismo, era reconhecida como invasora e destruída. Ela também despertava uma inflamação intensa que aniquilava as próprias células. Karikó e Weissman notaram que essa resposta inflamatória ocorria porque o mRNA naturalmente produzido pelas células dos mamíferos tinha uma pequena alteração química que faltava na versão de laboratório. Ao modificar a molécula sintética, eles resolveram o problema.

“A descoberta feita por eles permitiu chegar a uma forma segura de usar o mRNA em vacinas e com maior capacidade de gerar imunidade”, explica o microbio-

SEM A SOLUÇÃO PROPOSTA POR KARIKÓ E WEISSMAN NÃO SE TERIA CHEGADO ÀS VACINAS DE mRNA

logista Luís Carlos de Souza Ferreira, da Universidade de São Paulo (USP).

Na pandemia de Covid-19, a tecnologia foi licenciada para os laboratórios farmacêuticos Moderna e Pfizer/BioNTech – Karikó é vice-presidente sênior da BioNTech desde 2019 –, que produziram dois dos imunizantes mais eficientes contra o novo coronavírus. “Sem a solução proposta por Karikó e Weissman não se teria conseguido chegar às vacinas de mRNA”, afirma Teixeira, da UFMG. Atualmente, a equipe de Ferreira, da USP, avalia o desempenho de uma potencial vacina de mRNA, desenvolvida com o grupo de Karikó, para tratar o câncer provocado pelo vírus do papiloma humano, o HPV (ver Pesquisa FAPESP nº 326).

FÍSICA E QUÍMICA

Trabalhos que estão ajudando a conhecer melhor o comportamento da matéria no nível subatômico foram homenageados neste ano com o Nobel de Física e Química.

Os físicos franceses Anne L’Huillier, da Universidade de Lund, na Suécia, e Pierre Agostini, da Universidade Estadual de Ohio, nos Estados Unidos, e o húngaro-austriaco Ferenc Krausz, do Instituto Max Planck de Óptica Quântica, na



Krausz, L’Huillier e Agostini, que controlaram a produção de pulsos de luz de attossegundos



Ekimov, Brus e Bawendi, homenageados em Química pela produção de pontos quânticos

Alemanha, compartilharam o Nobel de Física por terem desenvolvido métodos que permitem gerar pulsos de luz com duração de attossegundos.

Um attossegundo equivale a 1 bilionésimo de 1 bilionésimo de segundo. É nessa escala de tempo que se registram mudanças de movimento e energia dos elétrons no interior de átomos e moléculas, processos percebidos pelos sentidos humanos como instantâneos. Antes dos trabalhos do trio de físicos, o limite temporal das medições que envolviam pulsos de luz era da ordem dos femtossegundos (1 femtossegundo equivale a mil attossegundos).

“A ciência dos attossegundos lida com a matéria em condições extremas, com lasers muito intensos e tempos extremamente curtos”, comenta a física brasileira Carla Figueira De Morisson Faria, do University College London, do Reino Unido, que faz pesquisa na área. “Esse campo tem muitas ramificações e controlar os elétrons em tempo real está se tornando uma realidade pouco a pouco.”

A partir de 1987, os trabalhos de L’Huillier, hoje com 65 anos, começaram a lançar as bases da física dos attossegundos. Em experimentos nas décadas seguintes, ela e os colegas que ganharam o Nobel caracterizaram e aprenderam a manipular os fenômenos que permitem gerar pulsos de luz da ordem dos attossegundos. Na Áustria, o grupo de Krausz, de 61 anos, desenvolveu uma técnica que possibilitou medir pulsos de luz de 650 attossegundos. Nos Estados Unidos, a equipe de Agostini, de 82 anos, trabalhou em abordagens semelhantes e registrou pulsos de 250 attossegundos.

Na eletroeletrônica, esse tipo de conhecimento pode ser útil para entender

TAMANHO DOS PONTOS QUÂNTICOS INFLUENCIA SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

e controlar o comportamento de elétrons em um material. Na área médica, pode ser empregado para gerar diagnósticos por imagem de doenças.

O Nobel de Química deste ano foi compartilhado pelo físico russo Alexei Ekimov, de 78 anos, da empresa Nanocrystals Technology, com o químico norte-americano Louis Brus, de 89 anos, da Universidade Columbia, e o químico franco-tunisiano Moungi Bawendi, de 62, do Instituto de Tecnologia de Mas-

sachusetts (MIT). Eles descobriram os pontos quânticos e identificaram maneiras de sintetizá-los com precisão.

Pontos quânticos são partículas extremamente diminutas, com diâmetro da ordem de poucos nanômetros (1 nanômetro é a milionésima parte do milímetro). Tamanho tão reduzido confere a essas nanopartículas uma característica peculiar: sua dimensão ajuda a determinar suas propriedades físicas e químicas. É diferente do que ocorre com partículas maiores, cujas propriedades são definidas apenas pela composição química. Por essa razão, pontos quânticos de mesma composição, mas tamanhos diferentes, podem emitir luz em cores distintas.

Nos anos 1980, Ekimov identificou que variações na coloração de vidros se deviam a pontos quânticos semicondutores de diferentes tamanhos. Brus percebeu algo semelhante em partículas suspensas em líquidos, cujas propriedades catalíticas ele estudava. Nos anos 1990, Bawendi, que havia feito um estágio de pós-doutorado com Brus, descobriu como sintetizar pontos quânticos com alta precisão.

“A luz azul é mais difícil de obter”, lembra o físico Éder Guidelli, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP), da USP. Em 2017, ele passou um ano no MIT no laboratório de um colaborador de Bawendi e produziu nanopartículas de seleneto de zinco que emitem luz azul. Atualmente Guidelli usa outro tipo de nanopartícula para desenvolver terapias contra o câncer.

A química peruana Maria del Pilar Sotomayor, do *campus* de Araraquara da Universidade Estadual Paulista (Unesp), tem interesse em empregar pontos quânticos para diagnóstico oncológico.



Mohammadi, Nobel da Paz, e Goldin, de Economia

ECONOMIA E PAZ

Dois dos prêmios concedidos neste ano valorizam a atuação de mulheres em defesa dos direitos femininos.

A economista norte-americana Claudia Goldin, de 77 anos, da Universidade Harvard, nos Estados Unidos, foi agraciada com o Nobel de Economia em reconhecimento a seus estudos sobre a evolução da participação feminina no mercado de trabalho dos Estados Unidos e por ajudar a compreender as causas das desigualdades salariais entre homens e mulheres.

“As mulheres estão sub-representadas no mercado de trabalho global e, quando trabalham, ganham menos que os homens. Claudia Goldin coletou mais de 200 anos de dados dos Estados Unidos. Isso lhe permitiu mostrar como e por que as diferenças de gênero nos ganhos e taxas de emprego mudaram ao longo do tempo”, informou a Real Academia de Ciências da Suécia.

“Goldin contribuiu em duas áreas: a da desigualdade de salários e de direitos entre homens e mulheres nos Estados Unidos e a do papel da educação para explicar as desigualdades salariais no país”,

explica o economista Naercio Menezes Filho, coordenador do Centro de Pesquisa Aplicada à Primeira Infância, sediado no Insper e financiado pela FAPESP.

O Nobel da Paz foi para a iraniana Narges Mohammadi, de 51 anos. Física e ativista, ela está presa no Irã pelos posicionamentos que adota desde os tempos de faculdade em favor dos princípios democráticos e dos direitos humanos básicos, em especial para as mulheres.

“Mesmo na prisão Mohammadi é a figura de referência, o símbolo do que significa ser uma lutadora pela liberdade”, afirmou a advogada norueguesa Berit Reiss-Andersen ao anunciar a premiação.



Fosse, mais de 50 obras em neonorueguês

LITERATURA

Aos 64 anos, o norueguês Jon Fosse, escritor, dramaturgo, poeta e tradutor, foi reconhecido com a láurea. A Academia Sueca lhe atribuiu o prêmio por sua literatura “dar voz ao que não pode ser dito” e pela “ação dramática que expõe a ansiedade e as ambivalências do ser humano”. Nascido em 1959 em Hauge-sund, o autor escreve em nynorsk, ou neonorueguês, um dos dois idiomas ofi-

ciais da Noruega, usado por 10% a 15% da população.

Fosse escreveu mais de 50 obras e tem três livros publicados no Brasil: *Melancolia* (Tordesilhas, 2015), *É a Ales* (Companhia das Letras, 2023) e *Brancura* (Fósforo, 2023). O escritor é famoso na Noruega por sua obra teatral. “Ele é o autor que conta com mais montagens teatrais depois de Ibsen”, afirma Lucas Lazzaretti, que faz pós-doutorado em literatura e dramaturgia sueca na Universidade Federal do Paraná (UFPR). ■

UM PRÊMIO PARA RIR E PENSAR

Estudos sobre o ato dos geólogos de lambear pedras e a vida sexual das anchovas são homenageados com o IgNobel

Em 14 de setembro, ocorreu a cerimônia de entrega do IgNobel, o prêmio que homenageia pesquisas científicas sérias que “primeiro fazem rir e depois pensar”. Neste ano, houve ganhadores em 10 categorias. A seguir, alguns dos mais curiosos.

O geólogo britânico de origem polonesa Jan Zalasiewicz recebeu o prêmio na categoria Química e Geologia por mostrar que, há 200 anos, geólogos desprovidos de recursos tecnológicos lambiam rochas para identificá-las. Em artigo publicado em 2017 no *Boletim da Associação Paleontológica do Reino Unido*, ele resgata os relatos do mineralogista italiano Giovanni Arduino (1714-1795), que era capaz de reconhecer o sabor de diferentes contextos fossilíferos e associá-los a aspectos geológicos e estratigráficos. “Eles faziam geologia por gos-



Os organizadores da cerimônia do prêmio, em cenário virtual

to, e funcionava para eles”, explicou Zalasiewicz, que afirma já ter lambido muitas pedras em expedições de campo para enxergar seus atributos à lupa.

O prêmio de Literatura foi para pesquisadores da França, do Reino Unido, da Malásia e da Finlândia “por estudar o que as pessoas sentem quando repetem uma única palavra muitas, muitas, muitas, muitas, muitas, muitas, muitas, muitas vezes”. O artigo, que trata do fenômeno “jamais vu”, foi publicado em 2021 na revista *Memory*.

Em Medicina, o prêmio foi concedido a pesquisadoras dos Estados Unidos, Canadá, Irã,

Vietnã e Macedônia que examinaram a assimetria no número de pelos nas narinas de cadáveres, como descrito em artigo de 2022 na revista *International Journal of Dermatology*. Elas se preocuparam com o assunto porque os pacientes de alopecia – perda extrema de cabelo – não têm pelos nasais, uma das linhas de defesa do organismo contra doenças.

Pesquisadores da Espanha, Gália, Suíça, França e Reino Unido receberam o prêmio de Física “por medir até que ponto a água do mar é misturada pela atividade sexual de anchovas”, como relatado em artigo publicado na *Nature Geoscience* em 2022.

SECA AVANÇA NO CERRADO

No centro-norte do bioma, houve redução de até 50% da quantidade de chuvas nos meses de estiagem nas três últimas décadas

Marcos Pivetta*

Segundo maior bioma nacional, com uma área de 2 milhões de quilômetros quadrados que abrange quase 24% do território nacional, o Cerrado tornou-se significativamente mais seco nas últimas três décadas. A redução de pluviosidade é mais evidente e acentuada em sua porção centro-norte e nos seis meses que, historicamente, são os de maior estiagem e respondem por apenas um terço da chuva anual do bioma: entre junho e setembro, na estação seca, e entre outubro e novembro, no início da temporada úmida.

Nesses seis meses do ano, em certas localidades do Cerrado, o volume da precipitação média acumulada e o número de dias com chuva foram cerca de 50% menores entre 1991 e 2021 do que haviam sido nos 30 anos anteriores, entre 1960 e 1990. Os dados constam de um artigo publicado por pesquisadores brasileiros em julho na revista *Scientific Reports*. “O período que já era seco está se tornando ainda mais seco e com dias de chuva cada vez mais raros”, comenta o ecólogo Ga-



Entre junho e setembro, durante a estação seca, chove, em média, cerca de 120 mm no Cerrado

briel Hofmann, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), principal autor do estudo. “A época típica de estiagem começa a se prolongar até os meses de outubro e novembro.”

Os índices de chuva no Cerrado foram calculados a partir de informações coletadas em 70 estações meteorológicas situadas em municípios de todas as sub-regiões do bioma e por números fornecidos pelo modelo de reanálise climática ERA5 do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (ECMWF). O trabalho apresenta também dados preliminares que sugerem reduções significativas no processo de evapotranspiração (liberação de água das plantas, do solo e dos rios para a atmosfera) entre junho e novembro. “A redução da evapotranspiração tem o potencial de causar mudanças importantes nos parâmetros ambientais, como aumento de temperatura, diminuição da umidade do ar, redução de precipitação e de umidade do solo”, diz o meteorologista Manoel Ferreira Cardoso, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), outro autor do artigo.

Em algumas localidades do Cerrado, o cenário desenhado pelos dados do estudo são dramáticos. Em Barreiras, por exemplo, município do oeste da Bahia dentro de uma grande área de expansão agrícola conhecida como Matopiba, choveu em média 13 milímetros (mm) nos quatro meses da estação seca ao longo das últimas três décadas. Entre 1960 e 1990, a precipitação média na estação seca chegava a 41 mm. Entre junho e setembro, os dias de chuva em Barreiras caíram pela metade, de seis para três em média, quando se comparam os dados dos dois períodos sucessivos de três décadas.

Dois outros casos extremos dessa tendência são os municípios de Arinos, no norte de Minas Gerais, e Alto Parnaíba, no sul do Maranhão. No primeiro, a diminuição no índice de precipitação na estação seca foi de 62% (de 47 para 18 mm) e a quantidade de dias de chuva caiu 25% (de quatro para três) quando são confrontados os valores dos dois períodos. No segundo município, os números são semelhantes.

METADE DA VEGETAÇÃO SUPRIMIDA

Cerca de metade da área verde natural do Cerrado – uma formação diversificada,

Plantação de soja nos arredores de Campo Grande, em Mato Grosso: agronegócio se expande pelo bioma



com florestas, campos e gramíneas – foi suprimida nas últimas décadas. A agropecuária, atividade intensiva em uso de terras, cresce no bioma. Segundo os autores do trabalho, é provável que o avanço das pastagens e das lavouras em detrimento da vegetação original tenha alguma influência direta na redução das chuvas.

No entanto, o estudo encontrou evidências de que a expansão e a intensificação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (um centro de alta pressão) sobre áreas do Cerrado parecem ser o mecanismo principal que tem levado à diminuição de chuvas. Esse anticiclone desloca o ar do alto para altitudes mais baixas e torna a atmosfera mais quente e seca. “Esse processo dificulta a formação de nuvens e da chuva”, explica Cardoso. Fatores globais, como o aqueci-

mento crescente do planeta e a redução na concentração do ozônio no hemisfério Sul, podem estar ligados à intensificação e expansão da área dos anticiclones.

Para o Cerrado como um todo, a tendência dominante verificada no trabalho para o período de 1991 a 2021 indicou uma pequena redução, da ordem de 5%, tanto na média anual do índice de pluviosidade como no número de dias com chuva, em relação às três décadas precedentes. Foram 64,8 mm a menos de pluviosidade e 5,2 dias a menos de chuva em média por ano. Os valores adotados como base de comparação do bioma foram os medidos entre 1960 e 1990, que indicavam uma pluviosidade média anual de 1.421 mm e 103 dias com chuvas.

Cerca de metade da vegetação original do Cerrado foi suprimida

Em muitas localidades, a diminuição não chega a ser significativa do ponto de vista estatístico quando se leva em conta apenas os dados acumulados ao longo de todo o ano. “Mas o regime de chuvas no Cerrado pode variar muito em cada uma de suas sub-regiões e ao longo dos diferentes meses de um ano”, comenta Hofmann. “Por isso, é importante fazer essas análises mais refinadas.” Nas zonas de transição do Cerrado com a Amazônia, bioma mais úmido, chega a chover 1.800 mm por ano, enquanto nas áreas perto da divisa com a Caatinga, formação de clima árido, esse índice pode cair a 1.000 mm.

Para a meteorologista Renata Libonati, coordenadora do Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais do Departamento de Meteorologia da

Universidade Federal

do Rio de Janeiro (Lasa-UFRJ), as mudanças no regime de chuvas e na disponibilidade de umidade levam a modificações no padrão de fogo no bioma. “No Cerrado, os fatores climáticos são responsáveis por dois terços da variabilidade anual da área queimada e as mudanças no uso do solo por um terço”, comenta a pesquisadora, que não participa da equipe que publicou o estudo na *Scientific Reports*. “Portanto, qualquer alteração nos padrões do clima na região tem impacto direto em como, onde e quando o fogo ocorre ali.” ■

*Colaborou Guilherme Eler

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



Mistura de minerais, restos de animais e polímeros sintéticos emerge como mais uma forma de poluição e ameaça ao ambiente marinho

Sarah Schmidt

ROCHAS DE PLÁSTICO

Em junho de 2019, ao caminhar pelas praias da ilha vulcânica da Trindade, a 1.140 quilômetros (km) do litoral do Espírito Santo, a geóloga Fernanda Avelar Santos deixou-se atrair pelo brilho esverdeado de detritos parecidos com rochas espalhados pela areia. Ela estranhou: a cor destoava das rochas magmáticas de tons negro e do avermelhado da areia típicos da ilha.

De volta ao continente, ao analisar as amostras coletadas em um laboratório da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba, ela, com sua equipe, e colegas das universidades de São Paulo (USP) e Federal do Rio Grande do Sul (FURG) chegaram à conclusão de que eram rochas híbridas, formadas por sedimentos da praia, carapaças de animais mortos e plástico derretido, com diâmetros que variavam de 3 centímetros (cm) a 40 cm. As análises indicaram que são compostas por polietileno e polipropileno, dois polímeros

sintéticos utilizados em embalagens e linhas de pesca.

“O lixo plástico se tornou um novo componente geológico da Terra com potencial para afetar a vida marinha, até mesmo de lugares distantes como a ilha da Trindade”, concluiu Santos. Administrada pela Marinha do Brasil e sem população fixa residente, a ilha e as águas que a circundam abrigam várias espécies de aves, peixes, baleias, tubarões e corais. As praias em que ela encontrou o que batizou de rochas de plástico, no Parcel das Tartarugas, são um dos principais locais no Brasil de desova da tartaruga-verde (*Chelonia mydas*).

Estima-se que os materiais plásticos podem ter chegado até lá nos últimos anos com as correntes marinhas. Não se sabe como poderiam ter derretido. “Eles não são nada mais do que lixo plástico que se funde com outros materiais. Em estudos feitos em outros países, esse tipo de material é formado pela queima do plástico em fogueiras”, observa ela. “Mas não parece ser o caso de Trindade.”

Santos e os colegas descreveram as rochas encontradas em um artigo publicado em setembro de 2022 na revista científica *Marine Pollution Bulletin*. Esse material foi descrito pela primeira vez em 2014 na praia de Kamilo, no Havaí, conhecida pelo acúmulo de redes, boias e embalagens plásticas, trazidas pelas correntes oceânicas. Em 2023, seis estudos relataram formações semelhantes nas ilhas Helgoland, no mar do Norte, na Europa, e das Aves, no Caribe, em praias na costa da Colômbia, da Indonésia e de Bangladesh e em um riacho na China.

OS TRÊS TIPOS

Os detritos plásticos podem ser de três tipos: plastitone, plastiglomerados e pirolásticos.

Por enquanto descrito apenas pelo grupo brasileiro, com poucos elementos naturais, o plastitone é quase inteiramente formado por plástico. “Eles têm textura e estruturas semelhantes às de rochas vulcânicas”, compara Santos.

Os plastiglomerados são análogos a rochas sedimentares, formados com materiais minerais ou orgânicos, como pedaços de rochas e conchas, aglomerados e cimentados pelo plástico derretido, mas em menor quantidade. Geralmente são ásperos e densos – algumas amostras chegaram a 2 quilogramas (kg).

Por fim, os piroplásticos podem ser originalmente uma das duas formações anteriores, mas já entrando em estado de erosão, com formas mais arredondadas. “As rochas desse tipo que estavam na praia foram erodidas principalmente pelas ondas”, observa Santos.

Na ilha da Trindade, pela primeira vez, combinações dos três tipos desses detritos plásticos foram achados em um mesmo afloramento. Por ali, é comum encontrar pedaços de rochas com mais de um desses tipos, misturados. “Na minha última visita à ilha, encontrei mais piroplásticos, o que indica que essas rochas já estavam mais erodidas e possivelmente liberando microplásticos [partículas de polímeros com menos de 5 milímetros]”, diz a geóloga (ver Pesquisa FAPESP nº 332).

No artigo, Santos defende que o termo rocha deva ser aplicado nesses achados e que esse tipo de formação seria mais um dos marcos do Antropoceno, uma nova era geológica caracterizada pelos impactos da humanidade sobre a Terra (ver Pesquisa FAPESP nºs 243 e 307).

IMPACTOS NA VIDA MARINHA

“Da mesma forma que os detritos plásticos flutuantes, essas formações rochosas podem ser reservatórios de vírus, fungos e bactérias, incluindo os causadores de doenças”, comenta o biólogo marinho italiano Tommaso Giarrizzo, professor visitante da Universidade Federal do

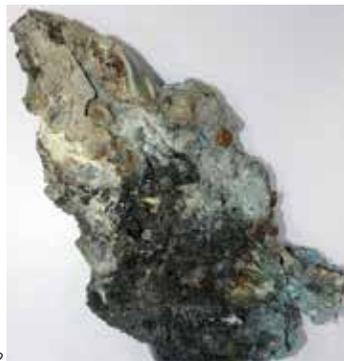
Ceará (UFC), que não participou do estudo. “Por causa da exposição ao sol, vento, marés e chuva, os materiais plásticos podem liberar compostos químicos eventualmente tóxicos para os organismos marinhos.”

Em Trindade, os organismos que vivem e se reproduzem nas poças da maré com fundo rochoso poderiam sofrer os maiores impactos, na avaliação do pesquisador. “As formações plásticas têm a capacidade de alterar drasticamente os

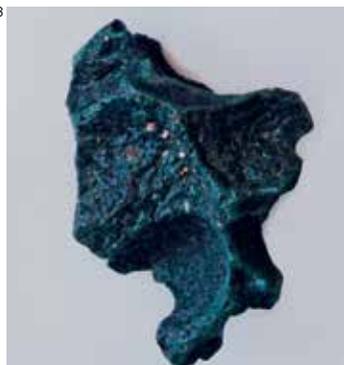
hábitats desses organismos, comprometendo sua sobrevivência e afetando toda a cadeia alimentar marinha”, alerta.

Outro estudo reforça essa possibilidade. Publicado em junho na revista *Scientific Reports*, o trabalho relata cordas, fibras, tecidos, embalagens e tampas de plástico derretidas em plastiglomerados e piroplásticos encontrados em uma praia da ilha de Panjang, no mar de Java, na Indonésia. Os polímeros sintéticos tinham altas concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), contaminantes tóxicos resultantes provavelmente da queima do lixo plástico a céu aberto.

“Esses novos tipos de poluição plástica podem ser um vetor importante para a contaminação química de hábitats costeiros próximos, como recifes de coral, pradarias de ervas marinhas e manguezais”, escreveram no estudo pesquisadores da Indonésia e da Alemanha. ■



2



3

Piroplásticos do Caribe (no alto) e do Brasil (acima). Ao lado, rochas de plástico (verde) na ilha da Trindade

Na página ao lado, pedaços de rochas e conchas cimentados por plástico derretido



4



Parcel das Tartarugas, na ilha da Trindade: local onde foram achadas as primeiras rochas plásticas

5



Gibellula pulchra, o primeiro fungo descrito no gênero, existe no mundo todo

fungos liberam esporos que caem como uma chuva de pó microscópico e se espalham sobre as futuras vítimas, nas folhas mais baixas.

O grupo mineiro publicou em abril, na revista científica *Journal of Fungi*, um levantamento sobre o gênero parasita *Gibellula* – foi o trabalho de doutorado da bióloga Thairine Mendes Pereira, contribuindo para desbravar essa associação. “É um dos únicos gêneros de fungo que só parasitam aranhas”, explica Góes Neto. Além de levantamento bibliográfico, o trabalho de campo consistiu em busca na vegetação no Parque Estadual do Rio Doce, em Minas Gerais, na Estação Biológica de Santa Lúcia e na Reserva Biológica Augusto Ruschi, as duas últimas no Espírito Santo.

A bióloga também procurou aranhas parasitadas no Ceará, em parceria com o ecólogo Jober Sobczak, da Universidade Federal da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unila). No município cearense de Pacoti eles encontraram um fungo que, ao invadir a aranha, a reveste de hifas (os filamentos dos fungos) douradas – por isso ganhou o nome de *G. aurea*, conforme descrito em artigo de 2022 na *Phytotaxa*. “É

ARANHAS, ZUMBIS DA VIDA REAL

Infectados por fungos, invertebrados sobem mais alto para morrer

Maria Guimarães

No meio da floresta, nas folhas das árvores a cerca de 1 metro (m) do chão, manchas esbranquiçadas podem a distância passar por dejetos de passarinhos. Mais de perto, são montículos aveludados que ora mantêm características da aranha que uma vez existiu, ora exibem apenas minúsculas formas com algo de alienígena. São estruturas reprodutivas de fungos especialistas em parasitar aranhas. Um parasitismo semelhante, em formigas, inspirou o jogo eletrônico *The last of us*, que inclui criaturas devoradoras infectadas por um fungo mutante e neste ano virou série televisiva.

“O parasita manipula o comportamento dos hospedeiros de modo a proporcionar uma grande vantagem ao fungo”, explica o biólogo Aristóteles Góes Neto, coordenador do Laboratório de Biologia Molecular e Computacional de Fungos na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A manipulação em geral envolve que as aranhas subam pelas árvores e se instalem em folhas mais altas do que aquelas onde normalmente ficariam para, ali, morrerem. “São como os zumbis da vida real”, brinca o pesquisador. Dessa posição, as estruturas reprodutivas dos



Com a genitália destruída, pode ser impossível identificar aranha parasitada

difícil identificar a aranha depois da formação dos esporos porque o fungo destrói o corpo do hospedeiro”, explica Sobczak. Quando é possível contar as pernas, os pesquisadores distinguem aracnídeos de insetos, mas a identificação mais detalhada de aranhas costuma depender do exame da genitália.

A relação já é bastante estudada em insetos, mas no mundo todo ainda é largamente desconhecida para aranhas. “Essa área na micologia [estudo de fungos] ainda é muito pouco explorada, mas parte considerável dos estudos está vindo do Brasil pelo trabalho dos professores Ari, da UFMG, e Jober Sobczak, do Ceará”, afirma o micólogo brasileiro João Araújo, curador de fungos no Jardim Botânico de Nova York, nos Estados Unidos. Ele

tem colaborado com os grupos radicados no Brasil para descrever as espécies, definir as relações de parentesco entre elas e elucidar sua biologia e evolução. “Ainda estamos engatinhando em relação a entender a real biodiversidade relacionada a esses fungos.”

Ele completa que o Brasil é um dos países com maior diversidade mundial de fungos com hábito parasita. “A Amazônia e a Mata Atlântica são ‘minas de ouro’ para quem estuda esses fungos”, diz. “Às vezes, a maioria das coletas do dia é composta por espécies que ainda não conhecemos.”

Sobczak ressalta que os achados na região Nordeste deixam claro que havia uma conexão florestal do sul ao norte do país. “Encontramos a mesma espécie de

fungo, associada à mesma hospedeira, no Ceará, no Amazonas e no Vale do Ribeira, entre São Paulo e Paraná”, explica. O local principal de sua pesquisa é a serra do Baturité, uma área de Mata Atlântica no nordeste do estado em meio ao semiárido, onde predomina a Caatinga. “Encontramos uma alta incidência de parasitismo embaixo das folhas e sobre as bromélias”, conta o ecólogo. “Vimos vespas, formigas, besouros, grilos – há indícios de ser uma das áreas mais ricas em fungos entomopatogênicos e araneopatogênicos.” Ele se refere a parasitas de insetos e de aranhas, respectivamente.

Depois dos inventários, vem a parte de entender os mecanismos de ação, ainda indefinidos. A constância no modo de morte, no entanto, deixa claro que deve haver uma vantagem adaptativa para o fungo. “Independentemente da espécie, todas as

aranhas morrem em lugar semelhante, presas à face inferior das folhas.” O pesquisador afirma que um estudo coordenado por ele e conduzido pelo ecólogo Ítalo Arruda, da Universidade Federal do Ceará, é indício convincente de que o fungo induz as aranhas a subir nas plantas mais altas. Em média, as parasitadas morrem esticadas nas folhas a cerca de 1 m do chão, enquanto as saudáveis fazem abrigos de seda a 75 centímetros de altura, conforme descrito em artigo de 2021 no *Canadian Journal of Zoology*.

Os pesquisadores ainda não sabem exatamente como o fungo avança pelo organismo das aranhas depois da infecção, mas Góes Neto infere que seja semelhante ao que já foi observado em insetos, nos quais o fungo produz compostos que atuam sobre os neurônios do invertebrado e causam a alteração de comportamento. “Já sequenciamos o genoma completo de *G. pulchra*, a espécie de fungo com distribuição mais ampla, e encontramos vários genes possivelmente envolvidos com interferência no sistema nervoso”, adianta, sobre trabalho ainda em andamento. ■



3

É difícil vislumbrar a hospedeira debaixo das estruturas reprodutivas de *G. leiopus*

Aranha *Macrophyes pacoti* revestida pelas hifas douradas de *G. aurea*



4

O VÍRUS QUE ESTÁ DOBRANDO O PAÍS

Causador da febre chikungunya já provocou ao menos sete surtos em uma década no Brasil e matou quase mil pessoas

Felipe Floresti

Aparentemente, o vírus da febre chikungunya chegou ao Brasil para ficar e transformou o país no recordista das Américas em número total de casos. Com o primeiro caso de origem nacional identificado em 2014, ele se espalhou rapidamente por todos os estados e não parou de causar problemas. Nesses 10 anos, houve ao menos sete grandes surtos – um por ano de 2016 para cá –, com quase 254 mil infecções confirmadas em laboratório e 1,2 milhão de casos suspeitos, além de cerca de mil mortes. Dois estudos recentes estão ajudando a compreender melhor o padrão de ocorrência da enfermidade e de circulação do vírus, que vem acumulando alterações genéticas capazes de aumentar seu poder de replicação no organismo humano.

No primeiro trabalho, publicado em abril na revista *The Lancet Microbe*, o virologista brasileiro William Marciel de Souza, da Universidade do Texas, nos Estados Unidos, e colaboradores no Brasil e no exterior analisaram as informações dos 253.545 casos de chikungunya registrados em 3.316 municípios brasileiros de março de 2013 a

junho de 2022. Todos haviam sido confirmados por testes laboratoriais para eliminar a possibilidade de infecção por dengue, que produz alguns sintomas semelhantes aos da chikungunya. Ao avaliar a distribuição dos casos ao longo do tempo, os pesquisadores identificaram sete grandes ondas (surtos). Em cada uma delas, os picos ocorreram entre fevereiro e junho, os meses mais quentes e chuvosos do ano em parte do país, que favorecem a multiplicação dos vetores. O vírus é transmitido para os seres humanos pela picada de fêmeas dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, encontrados em praticamente todo o território nacional.

Em seguida, Souza e seus colaboradores confrontaram a informação temporal dos casos com sua distribuição geográfica e identificaram um novo padrão. Os locais atingidos por um surto em determinado ano eram poupados nos anos seguintes. Esse padrão de ocorrência fortalece a ideia de que o vírus da chikungunya leva ao desenvolvimento de uma imunidade duradoura, algo já sugerido anteriormente por estudos com animais de laboratório e testes com sangue de pessoas de outros países em que o vírus circu-

Aedes aegypti, mosquito transmissor dos vírus da chikungunya, dengue e zika, que prolifera mais nos meses quentes e chuvosos



la. Se essa forma de imunidade de fato ocorrer, um indivíduo que se cura da infecção ficaria por anos, ou até por toda a vida, protegido da infecção pelo vírus ou, ao menos, da possibilidade de desenvolver a doença.

O padrão encontrado pelo grupo também indica que o vírus se dissemina em pequenos bolsões, geralmente restritos a alguns municípios, o que torna possível uma nova ocorrência de surtos em estados afetados anteriormente. Isso ficou claro quando foram analisados os dados de Tocantins, Pernambuco e Ceará, onde houve surtos repetidos no intervalo de alguns anos. Nesses estados, os lugares com elevado número de casos em uma onda apresentavam um número pequeno na seguinte, indicando a dispersão em bolsões e, nas áreas em que já haviam ocorrido surtos, a existência de algum nível de proteção imunológica contra a doença ou a transmissão. Isso se mostrou verdadeiro até mesmo no Ceará, onde ocorreram 30% de todos os casos brasileiros.

“Nas duas primeiras ondas epidemiológicas, o vírus circulou muito no norte do Ceará; na última, atingiu os municípios no sul do estado”, conta o virologista José Luiz Proença Módena, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), um dos coordenadores do estudo ao lado da médica Ester Sabino, da Universidade de São Paulo (USP), do biomédico português Nuno Faria, do Imperial College, em Londres, e do imunologista norte-americano Scott Weaver, da Universidade

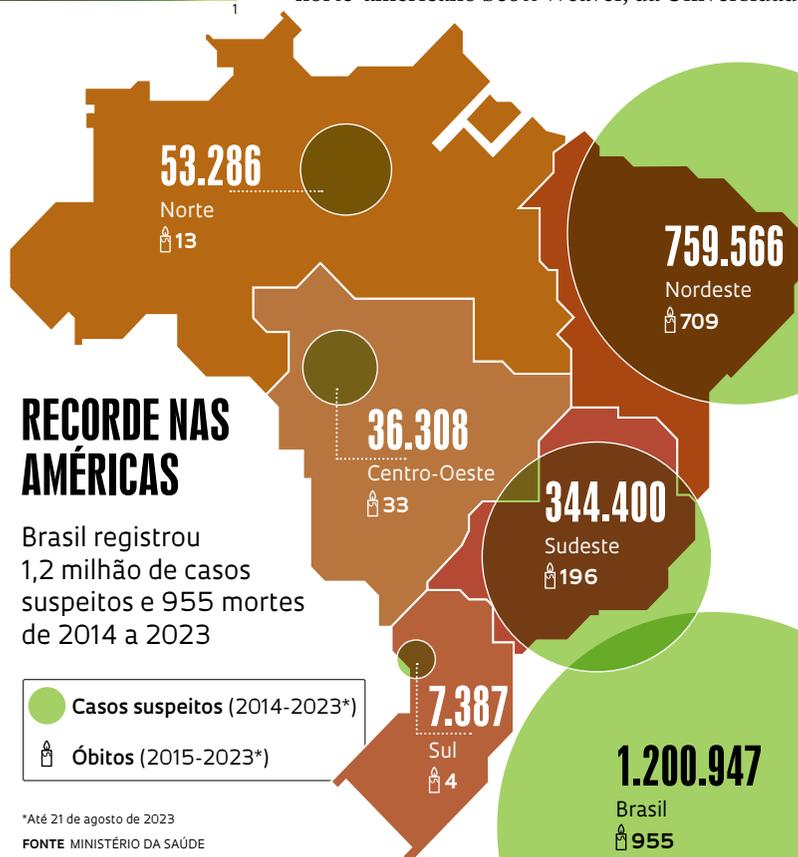
do Texas. O trabalho contou com financiamento da FAPESP, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e de fontes internacionais.

Se por um lado as populações dos municípios com grande circulação aparentemente se tornam protegidas; por outro, as menos expostas continuam suscetíveis à infecção. Isso torna boa parte do país um terreno fértil para a disseminação do vírus, uma vez que em 40% dos municípios brasileiros ainda não houve surtos de chikungunya, inclusive em áreas densamente povoadas da região Sudeste. “Apesar de termos identificado um certo padrão de ocorrência dos casos, ainda não conseguimos prever onde ocorrerá o próximo surto”, diz o virologista da Unicamp.

Investigando em detalhes os dados do Ceará, onde houve 77.418 casos desde 2013, os pesquisadores notaram também que o vírus infectou com mais frequência as mulheres adultas, além de crianças e idosos de ambos os sexos. Essas características sugerem que a transmissão ocorra em ambiente domiciliar, uma vez que essas pessoas, em geral, passam mais tempo em casa. Outro dado que emergiu dessa avaliação foi a taxa de mortalidade. Lá, o vírus causou a morte de 1,3 indivíduo em cada mil casos, taxa semelhante à da dengue (1,1 morte por mil). “Apesar de não haver reinfeção como na dengue, a chikungunya também mata”, lembra Souza, um dos autores principais do estudo.

O segundo artigo, publicado em julho na revista *Nature Communications* e financiado pelos Institutos Nacionais de Saúde dos Estados Unidos, completa o cenário da febre chikungunya no Brasil ao revelar algumas características genéticas do vírus atualmente em circulação. No trabalho, equipes de mais de 30 instituições brasileiras sequenciaram o genoma de 422 amostras do vírus obtidas de pessoas infectadas em 2021 e 2022, quando houve 312 mil casos suspeitos no país, e confrontaram as informações com as de outros 1.565 genomas de surtos anteriores ocorridos no Brasil e no exterior.

Todos os casos nacionais recentes foram provocados pelo vírus da linhagem Leste-Central-Sul-Africana (Ecsa), associada a mortes tanto em pessoas com a saúde debilitada por outras doenças quanto em indivíduos saudáveis. Ela chegou ao Brasil, mais especificamente à Bahia, por volta de 2014, no mesmo período em que uma segunda variedade, de origem asiática, foi identificada no Amapá, como indicou estudo de pesquisadores do Instituto Evandro Chagas (IEC), no Pará, publicado em 2015 na revista *BMC Medicine*. À medida que se replicava e infectava insetos e seres humanos, o vírus da li-



RECORDE NAS AMÉRICAS

Brasil registrou 1,2 milhão de casos suspeitos e 955 mortes de 2014 a 2023

*Até 21 de agosto de 2023

FONTE: MINISTÉRIO DA SAÚDE

nhagem Ecsa lentamente acumulou alterações em seu genoma (mutações) que hoje permitem separá-lo em dois subgrupos: o clado I, disseminado pelas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul; e o clado II, encontrado majoritariamente no Nordeste.

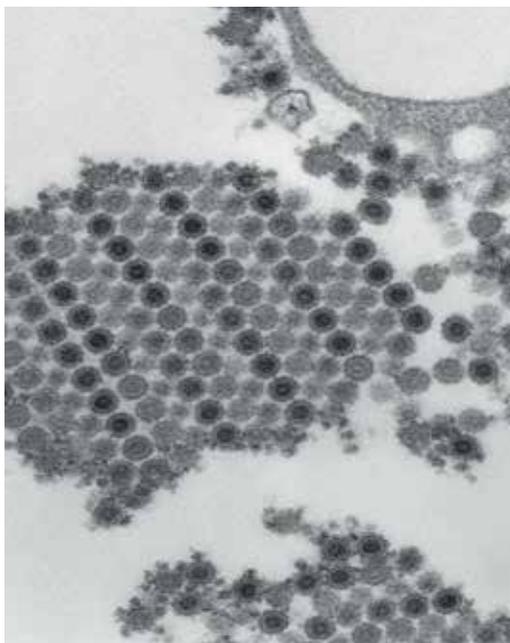
Embora a entrada da Ecsa no país tenha ocorrido no Nordeste, as variedades hoje em circulação são derivadas de vírus que emergiram na região Sudeste – provavelmente no Rio de Janeiro – no início de 2018 e que, por meio do trânsito de pessoas entre as duas regiões, foram depois reintroduzidos no Nordeste. De lá, a linhagem Ecsa se disseminou para outras regiões do país e alcançou o Paraguai.

Algumas mutações chamam a atenção dos pesquisadores por sugerirem que o vírus pode estar se tornando mais adaptado ao organismo dos vetores, além de ser capaz de escapar da primeira linha de defesa do sistema imunológico – algo que ainda precisa ser confirmado por experimentos em laboratório. “Vimos alterações genéticas que, em outros vírus, já foram associadas ao aumento da capacidade de replicação e de adaptação ao hospedeiro”, conta o virologista Luiz Alcântara, pesquisador do Instituto René Rachou, unidade da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) em Minas Gerais, e um dos autores principais do estudo da *Nature Communications*, ao lado da virologista Marta Giovanetti e do biólogo Joilson Xavier.

“Os dois trabalhos sugerem que o vírus está cada vez mais adaptado às condições encontradas no país, o que pode levar a surtos maiores”, comenta o virologista Maurício Nogueira, da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto (Famerp), que não participou dos trabalhos. “Isso pode se tornar um problema grave na região Sudeste, a mais populosa do país, onde o número de casos até agora foi pequeno e a população continua suscetível ao vírus.”

Dados de 2023 do Ministério da Saúde indicam que uma oitava onda de chikungunya parece estar em curso. Até o final de agosto haviam sido registrados 142,5 mil potenciais casos da infecção no país, sendo 60% deles em Minas Gerais, que ainda não havia experimentado um grande surto. Em São Paulo, o número de casos ainda é baixo (cerca de 3 mil), mas o total de mortes chegou a 12, quase o dobro do registrado em 2021, quando houve 18,6 mil casos prováveis.

O que já é preocupante pode se agravar em consequência das mudanças climáticas. Estudos sugerem que o aumento da temperatura média do planeta pode gerar as condições ideais para os mosquitos transmitirem o vírus da chikungunya



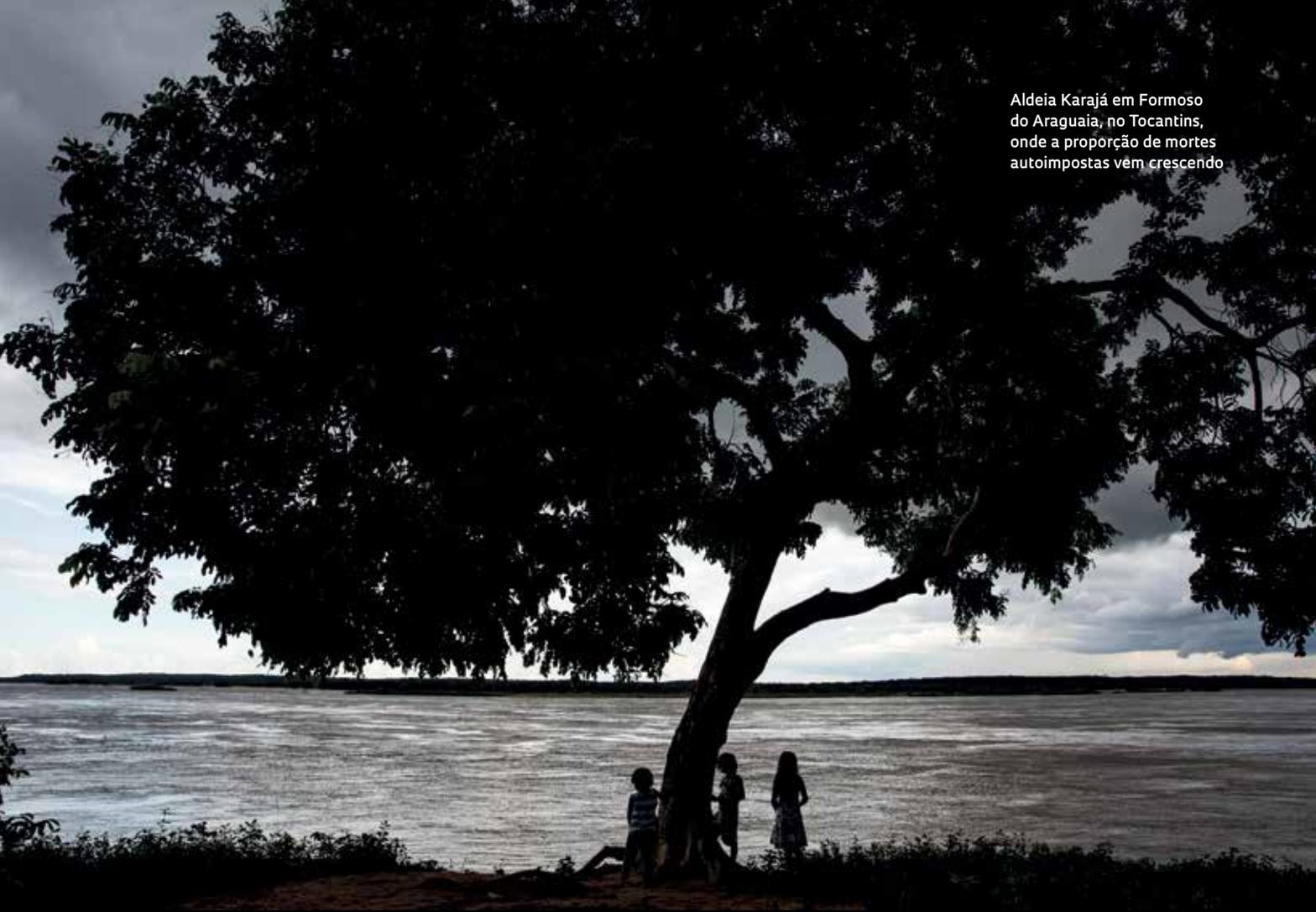
Cópias do vírus da chikungunya, vistas ao microscópio eletrônico, que causa inflamação e dores intensas nas articulações

por mais meses no ano e em áreas onde antes o clima não era favorável. “Como faltam medidas que controlem o mosquito, o que freia a transmissão é o inverno, que no Norte e no Nordeste é muito ameno”, comenta o virologista Pedro Vasconcelos, do IEC.

Identificada pela primeira vez em 1952 na Tanzânia, a infecção pelo vírus da chikungunya, expressão da língua kimakonde que significa “aquele que se dobra”, provoca febre alta e dores intensas e inchaço nas articulações, além de sintomas semelhantes aos da dengue e da zika, como febre e manchas vermelhas pelo corpo. Até o momento, não há medicamento específico para combater o vírus e o tratamento consiste em administrar compostos para reduzir a febre e aliviar as dores.

Uma promessa para os próximos anos é uma formulação candidata a vacina, que se encontra em fase final de teste em seres humanos. Desenvolvido pela empresa de biotecnologia francesa Valneva, o potencial imunizante, conhecido apenas pela sigla VLA 1533, usa vírus vivo atenuado para estimular a resposta do sistema imunológico. Resultados iniciais de um ensaio clínico de fase 3, publicados em junho deste ano na revista *The Lancet*, indicam que o composto é seguro e imunogênico. A administração de uma única dose foi suficiente para gerar anticorpos neutralizantes em 98% das pessoas. No Brasil, o Instituto Butantan atualmente avalia a eficácia dessa formulação em 750 adolescentes de 9 estados. Por ora, no entanto, a forma mais eficiente de evitar surtos é combater o mosquito. ■

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



Aldeia Karajá em Formoso do Araguaia, no Tocantins, onde a proporção de mortes autoimpostas vêm crescendo

EPIDEMIOLOGIA

MORTES PREMATURAS

Taxa de suicídio entre indígenas supera em quase três vezes a da população geral

Renata Fontanetto

FOTO: DANILO VERPA / FOLHAPRESS

No Brasil, a taxa de suicídios entre indígenas, que já era alta, subiu neste início de século e se manteve bem superior à da população geral. De acordo com o mais amplo levantamento sobre o tema, publicado em setembro na revista *The Lancet Regional Health – Americas*, a proporção de mortes autoimpostas entre os integrantes dos povos originários era de 9,3 casos em cada grupo de 100 mil indivíduos em 2000 e quase dobrou em 21 anos, chegando a 17,6 por 100 mil em 2020. No mesmo período, a taxa média de suicídio na população brasileira também cresceu, mas menos. Passou de cerca de 4,6 para 6,4 mortes por 100 mil pessoas – um aumento de aproximadamente 39%. Como efeito da elevação em ritmos desiguais, a proporção de suicídios entre indígenas é hoje 2,7 vezes maior do que na população geral.

Resultado de uma cooperação entre pesquisadores de diferentes unidades da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e da Universidade Harvard, nos Estados Unidos, o estudo publicado em setembro é o primeiro a dimensionar

o problema entre os indígenas em âmbito nacional. Levantamentos anteriores já indicavam que a taxa geral de suicídio na população brasileira, considerada baixa em comparação com a de outros países, encontrava-se em ascensão. Havia, no entanto, lacunas nos dados referentes aos povos originários brasileiros. Os trabalhos que existiam mensuravam o problema em estados específicos e em períodos mais curtos, escreveram os autores do artigo.

No levantamento atual, a psiquiatra Jacyra de Araújo e colaboradores mapearam a evolução recente do suicídio no Brasil a partir dos números registrados no Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), do Ministério da Saúde. Eles, primeiro, identificaram o total de indivíduos que tiraram a própria vida de 2000 a 2020 tanto entre os indígenas quanto na população geral brasileira. Depois, dividiram o número obtido pelo total de indivíduos de cada grupo (indígenas e população geral), calculado com base no Censo de 2010 – o mais recente então disponível, que registrava 196,4 milhões de brasileiros, dos quais 897 mil eram indígenas. O número absoluto de indivíduos foi corrigido para cada ano seguindo as projeções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Desse trabalho, emerge outra conclusão inquietante. Ao menos nesse início de século, o ato de tirar a própria vida, indicativo de desamparo profundo e muitas vezes associado a problemas de saúde mental como a depressão, tem se mostrado um problema mais marcante entre os jovens. Dos 2.021 casos de suicídio entre indígenas registrados

no período, 64% ocorreram entre indivíduos com menos de 24 anos e 68% entre solteiros – quase sempre (90%) por enforcamento, sufocação ou estrangulamento. Na população geral, o risco de suicídio é maior acima dos 60 anos de idade.

Outro ponto importante é que as taxas encontradas nessas populações, apesar de alarmantemente altas, podem estar subdimensionadas. “A qualidade do SIM melhorou nos últimos 20 anos, mas há indícios de que existe subnotificação de suicídios, o que é comum no mundo todo devido ao estigma e à dificuldade de estabelecer se havia intenção de morte”, explica Araújo, que é pesquisadora associada ao Centro de Integração de Dados e Conhecimentos para Saúde (Cidacs) da Fiocruz, na Bahia, e primeira autora do estudo. “As taxas reais podem ser ainda maiores do que as obtidas nesse trabalho”, afirma.

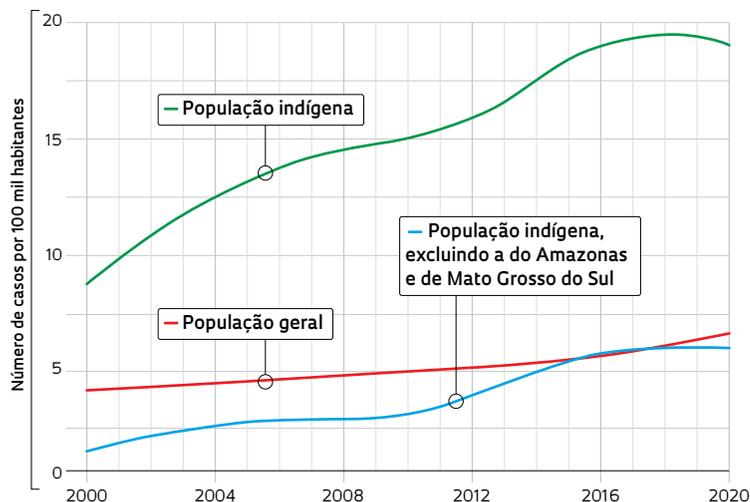
Um padrão peculiar chamou a atenção dos pesquisadores. As taxas de suicídio variaram muito entre as regiões brasileiras, mesmo entre aquelas com grandes populações indígenas. Por exemplo, elas eram várias vezes mais elevadas no Centro-Oeste e no Norte do país – respectivamente, a terceira e a primeira região com maior número de descendentes dos povos originários – do que no Nordeste, que concentra a segunda maior população indígena do Brasil. “O suicídio indígena ocorre em todas as regiões e em diversas etnias, mas ele se apresenta desproporcionalmente maior em determinados estados”, detalha o epidemiologista Jesem Orellana, pesquisador do Instituto Leônidas e Maria Deane, unidade da Fiocruz no Amazonas, e coautor do estudo, que contou com a participação de colaboradores da Escola Médica da Universidade Harvard e financiamento dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH), ambos nos Estados Unidos.

Seguindo uma tendência oposta à geral, a taxa de suicídios entre indígenas baixou de 46 por 100 mil em 2000 para 34 por 100 mil em 2020 nos estados do Centro-Oeste, onde, segundo o Censo de 2010, viviam 143,4 mil descendentes dos povos originários (16% da população indígena). Apesar da queda importante, no entanto, essa taxa permanece muito superior à média nacional. Já na região Norte, habitada por 342,9 mil indígenas (38,2% do total), a proporção de mortes autoinfligidas cresceu mais de 10 vezes no período: saltou de 2,7 para 29 casos por 100 mil. O Nordeste, lar de 232,7 mil indígenas, também viu a taxa crescer, mas muito menos. Ela passou de 1,4 para 4,8 mortes por 100 mil, um número bem inferior à média nacional.

Os estados com taxas mais elevadas são Mato Grosso do Sul e Amazonas. No primeiro, onde

O AVANÇO DO SUICÍDIO NO BRASIL

Em duas décadas, a taxa de mortes autoimpostas pela população indígena se manteve bem superior à da população geral



FONTE: DE ARAÚJO, J. A. P. THE LANCET REGIONAL HEALTH – AMERICAS, 2023



Homem da etnia Karajá observa as sepulturas de três filhos que tiraram a própria vida

viviam 77 mil indígenas, elas alcançaram o pico assustador de 105 por 100 mil em 2005 e nunca foram inferiores a 43 por 100 mil. Com 184 mil descendentes dos povos originários, o Amazonas testemunhou essa taxa sair de 0,99 em 2000 para o pico de 45 em 2014 – em 2020 era de 38,6 por 100 mil. “Quando se excluem os dados de suicídio indígena desses dois estados, a taxa entre indígenas se torna praticamente idêntica à da população brasileira geral”, afirma Orellana.

A realidade brasileira delineada no artigo da *The Lancet Regional Health – Americas* não é muito distinta da observada em outros países. Em um trabalho de revisão publicado em 2018 na revista *BMC Medicine*, pesquisadores canadenses compilaram dados de 99 artigos científicos sobre suicídio indígena em mais de 30 nações e territórios. Concluíram que, de modo geral, as taxas de morte autoimposta são frequentemente mais elevadas entre as populações de povos originários do que entre as não indígenas, em especial em países como Brasil, Canadá e Austrália.

Embora o grupo da Fiocruz não tenha se debruçado sobre as razões que levam os indígenas ao suicídio, outros trabalhos já deram algumas pistas. Em um artigo de revisão publicado em 2020 na *Revista Panamericana de Salud Pública*, o grupo coordenado pelo psicólogo Maycoln Teodoro, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), elencou como causas frequentes: a pobreza, os baixos indicadores de bem-estar, os fatores históricos e culturais, a desintegração das famílias e a falta de sentido na vida.

Invasões de suas terras e a expulsão do território em que originalmente viviam, além da degradação do ambiente e de mudanças forçadas nos hábitos de vida, são fatores que acarretam a chamada “morte cultural”, outro potencial indutor do comportamento suicida. Alguns especialistas entrevistados para esta reportagem enumeram ainda outras razões que podem contribuir para manter as taxas de morte autoimposta mais elevadas entre os indígenas do que no restante da população. Eles têm menos acesso ao sistema educacional e aos serviços de saúde. Também enfrentam níveis mais altos de desemprego e números crescentes de consumo e dependência de álcool. Estudos prévios já haviam identificado que a perda da identidade indígena e o aumento da violência sexual vivenciado pelos mais jovens contribuem de modo importante para o problema.

A cientista social Juliana Kabad, do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), afirma que as causas que levam ao suicídio podem variar para cada etnia. “Inúmeros são os fatores que potencializam esse agravo. Para conhecê-los, é necessário ouvir os diferentes povos indígenas brasileiros e levar em consideração o processo de luta de cada um deles diante da espoliação de suas terras e persistente discriminação”, afirma a pesquisadora, que não participou do estudo atual.

“São necessárias ações urgentes para compreender o sofrimento causado a esses jovens pela violência e pela desestruturação dos laços com a própria comunidade a fim de que se possa acolhê-los em sua integralidade”, avalia a antropóloga Sandra Garcia, do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap), sem vínculo com o estudo da *The Lancet Regional Health – Americas*. “Combinar estratégias nacionais e específicas para esses grupos, considerando as diversidades étnicas, é de extrema importância para abrir caminhos para a prevenção do suicídio”, ressalta.

Orellana, da Fiocruz no Amazonas, lembra que, do ponto de vista epidemiológico, algumas etnias vivem em situação de maior vulnerabilidade do que outras. É o caso dos Guarani-Kaiowá, de Mato Grosso do Sul, entre os quais já foram registrados surtos de suicídio, especialmente entre os mais jovens, como documentou um artigo publicado em 1991 nos *Cadernos de Saúde Pública*. “A identificação dessas etnias é importante para definir estratégias adequadas de prevenção, uma das prioridades da gestão atual”, afirma Matheus Cruz, técnico de atenção psicossocial e promoção do bem viver da Secretaria de Saúde Indígena (Sesai) do Ministério da Saúde. ■

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

ARQUEOLOGIA

Muitas estruturas
geométricas ficam
ocultas debaixo
das copas e aparecem
com o desmatamento
da floresta

MARCAS HUMANAS NA AMAZÔNIA



Tecnologia de ponta identifica geoglifos debaixo da floresta e trabalho com indígenas atuais sugere produção intencional de terra preta desde tempos pré-colombianos

Letícia Naísa

E difícil pensar na floresta amazônica e não imaginar uma imensidão verde. Ela abriga, no entanto, muito mais do que aquilo que se vê do céu. Grandes figuras geométricas escondidas pelas copas estão sendo identificadas pela tecnologia óptica Lidar (detecção de luz e medida de distância), como mostrou artigo publicado em outubro na revista *Science*. Também considerada, em geral, obra de povos pré-colombianos, a terra preta de índio ganhou em setembro mais indícios de ser intencional, e não fruto do acaso, de acordo com artigo na *Science Advances*.

Pesquisas realizadas nas últimas três décadas indicam que o Brasil já era vastamente habitado, inclusive na região amazônica, antes da chegada dos colonizadores portugueses, em 1500. A escala dessa ocupação amazônica agora cresce, a partir do mapeamento feito com o equipamento acoplado a um drone ou a bordo de um veículo aéreo, que emite milhares de pulsos laser por segundo e, a cada pulso, calcula uma medida de distância. “É quase como uma radiografia”, explica o geógrafo Vinicius Peripato, estudante de doutorado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e primeiro autor do estudo assinado por 230 pesquisadores.

Em áreas já desmatadas na parte oeste da Amazônia, é possível observar do céu enormes figuras geométricas formadas por valas escavadas no solo, os geoglifos. A partir dos anos 2000, com a ferramenta Google Earth, eles passaram a ser vistos por meio de imagens de satélite. “Foi possível identificar centenas dessas estruturas, principalmente no oeste da Amazônia”, conta o biólogo Luiz Aragão, chefe da Divisão de Observação da Terra e Geoinformática do Inpe,

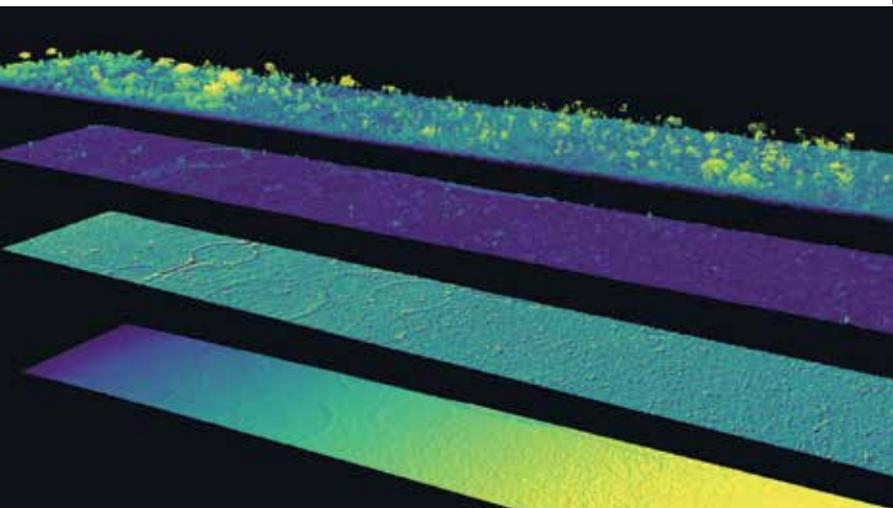
orientador de Peripato e coordenador do artigo da *Science*.

Nos últimos 20 anos, escavações feitas por arqueólogos mostraram que as formas geométricas foram locais de importância religiosa (ver Pesquisa FAPESP nº 186). Peripato e seus colegas sabiam da existência desses vestígios de ocupação humana e supuseram que mais deles poderiam existir por baixo do dossel da floresta. “Testes anteriores indicavam a possibilidade de ocorrência dessas estruturas, mas nada preciso”, explica.

Eles então desenvolveram um método para retirar virtualmente a floresta e melhorar a detecção de aspectos do relevo – os dados de sensoriamento Lidar ainda não tinham resolução adequada para observações arqueológicas. O equipamento cobriu 5.315 quilômetros quadrados (km²) da Amazônia, o equivalente a 0,08% da floresta. “Deu certo, felizmente encontramos 24 estruturas até então desconhecidas”, celebra Peripato.

Animado com a descoberta, o pesquisador desenvolveu um modelo matemático para estimar quantos seriam e onde estariam outros geoglifos similares no território, levando em conta uma série de variáveis ainda desconhecidas. Ele cruzou os dados fornecidos pelo sensor Lidar com informações de outras 937 estruturas arqueológicas já conhecidas e, com esse modelo, calculou que existam pelo menos 10.272 estruturas pré-colombianas ainda não descobertas, podendo chegar até 23.648 na floresta inteira – um território de 6.700 km². A distribuição de 53 espécies de plantas domesticadas, utilizadas na alimentação, foi mapeada em inventários florestais prévios e poderá servir como indicação

A tecnologia óptica Lidar permite enxergar camadas abaixo da floresta como se fosse uma radiografia que revela variações sutis de relevo, como os geoglifos



da existência das estruturas arqueológicas na imensidão da Amazônia.

“Foi um trabalho que, para ser realizado, exigiu uma equipe multidisciplinar e o uso de uma tecnologia de ponta”, avalia Aragão. A datação dos geoglifos ainda não descobertos foi estimada com base na literatura arqueológica já existente, mas só poderá ser confirmada quando houver um trabalho de escavação e coleta de material para análise.

“É um artigo importante que confirma algo que os arqueólogos dizem há anos: tinha muita gente vivendo na Amazônia no passado”, comenta o

arqueólogo Eduardo Góes Neves, do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP). “Esses povos viviam ali e também modificavam a floresta”, afirma. Os indícios de presença humana na região datam de cerca de 12 mil anos. Para uma parte dos especialistas, a Amazônia é um patrimônio biocultural que sofre influências tanto da própria natureza quanto da população que viveu e ainda vive por ali.

Neves diz que boa parte dos geoglifos ainda preservados está em terras de proteção ambiental, de ocupação indígena. “São os indígenas que preservam as estruturas em meio ao avanço do agronegócio e da destruição que está acontecendo na Amazônia”, opina. Para ele, a presença indígena é muito antiga e contribuiu para criar os biomas do país. “Não dá pra separar a história deles da história do Brasil.”

A terra preta, encontrada em vários pontos da Amazônia, é outro indício da atividade agrícola registrada em torno dos geoglifos e que ajudou a dar forma aos biomas. Constituída por sobras de comida, como mandioca e peixe, cinzas e outros restos orgânicos da floresta, ela é rica em nutrientes como fósforo, cálcio, magnésio e nitrogênio, essenciais para o cultivo de alimentos.

“Quando a terra preta começou a ser estudada, foi uma revolução na arqueologia amazônica: trouxe evidências da existência de grandes populações naquele território porque, para formar esse material, é preciso que haja muita gente por bastante tempo no mesmo lugar”, afirma a ar-



Com Lidar e modelo matemático, os pesquisadores calculam que existam entre 10 mil e 24 mil dessas estruturas na Amazônia

queóloga britânica Jennifer Watling, do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP), coautora do artigo. Antes dessas pesquisas, o entendimento geral era de que a floresta amazônica não poderia abrigar uma população muito densa por falta de solo fértil, conta ela. “A terra preta mostra que é possível sustentar muitas pessoas sem destruir a floresta.”

A equipe coletou mais de 3.600 amostras de solo de quatro sítios arqueológicos, duas aldeias históricas, uma aldeia moderna no Alto do Xingu chamada Kuikuro II e algumas amostras do Alto Tapajós e da Serra dos Carajás. As análises revelaram que as amostras mais antigas têm mais de 5 mil anos.

A datação das terras pretas é uma das principais controvérsias dos últimos estudos feitos com esse tipo de solo. Em 2021, um artigo na revista *Nature Communications* questionou a origem antrópica das terras pretas. “Pela análise elemental, a data não casa com a presença do ser humano na Amazônia”, afirma o engenheiro-agrônomo e ambiental Rodrigo Studart Corrêa, especialista na recuperação de solos e pesquisador da Universidade de Brasília (UnB). De acordo com o estudo de Corrêa, o cultivo de terras na Amazônia data de menos de 4.500 anos, embora indícios arqueológicos apontem práticas de cultivo na região há 9 mil anos.

Para o grupo do engenheiro-agrônomo, a terra preta estudada por eles tem origem a partir de sedimentos da Cordilheira dos Andes. “Esse material é meandro de rio”, afirma Corrêa. Segundo ele, com base na análise de isótopos de estrôncio e outros elementos químicos, parte da composição das amostras não vem de matéria orgânica. “O grande mistério são fragmentos de cerâmica nessas terras, mas isso pode indicar que elas eram usadas para enterrar os mortos, talvez por serem mais fáceis de escavar”, especula.

Schmidt e Watling, porém, consideram que seus resultados refutam essa interpretação de uma formação acidental da terra preta pelas comunidades locais. Os pesquisadores realizaram entrevistas com moradores, observaram o cotidiano das aldeias e viram os moradores depositarem resíduos de peixe e mandioca em lixeiras que chegavam a 60 centímetros de altura. “A maior parte da terra preta se forma em áreas de descarte, como se fosse uma compostagem”, conta Watling. “Eles misturam a matéria orgânica com cinza e carvão para formar uma terra fértil e espalhar nas áreas de cultivo.”

A terra preta é rica em carbono pirogênico, também chamado de carvão vegetal ou biochar, originado da queima de material orgânico e nutri-



Mulher Kuikuro deposita cinzas de fogueira em área onde desenvolve terra preta

tivo para as plantas. O estudo publicado na *Science Advances* revelou concentrações de carbono duas vezes maiores nas áreas residenciais do que nas menos ocupadas. Isso acontece porque os indígenas utilizam cinzas de fogueiras domésticas para a produção de terra preta, segundo o geógrafo e arqueólogo Morgan Schmidt, do Laboratório de Estudos Interdisciplinares em Arqueologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que há mais de 20 anos estuda as práticas agrícolas de povos amazônicos.

Mais uma vantagem desse tipo de solo: a de sequestrar carbono da atmosfera e estocá-lo. As medições apontaram cerca de 4.500 toneladas desse elemento em um dos sítios arqueológicos, enquanto nas aldeias modernas há 110 toneladas. Isso mostra como, ao longo do tempo, o carbono persistiu e se acumulou. Mas as mudanças climáticas preocupam. “O carbono pode se decompor mais rápido devido ao aquecimento do solo”, explica Schmidt. “Vimos também que quando há desmatamento em uma área de terra preta e cultivo, perde-se o material orgânico do solo e o carbono volta para a atmosfera”, aponta.

A crise climática pode, igualmente, afetar os hábitos de consumo das populações indígenas que ainda hoje preparam terra preta em seus territórios. “Essa terra é criada por meio de uma forma muito particular de uso e manejo do espaço doméstico, que inclui o descarte de restos de alimentos tradicionais como a mandioca”, diz Watling. “Se elas pararem de plantar e de consumir tais alimentos, não sabemos se a terra preta ainda se formará do mesmo jeito.” ■

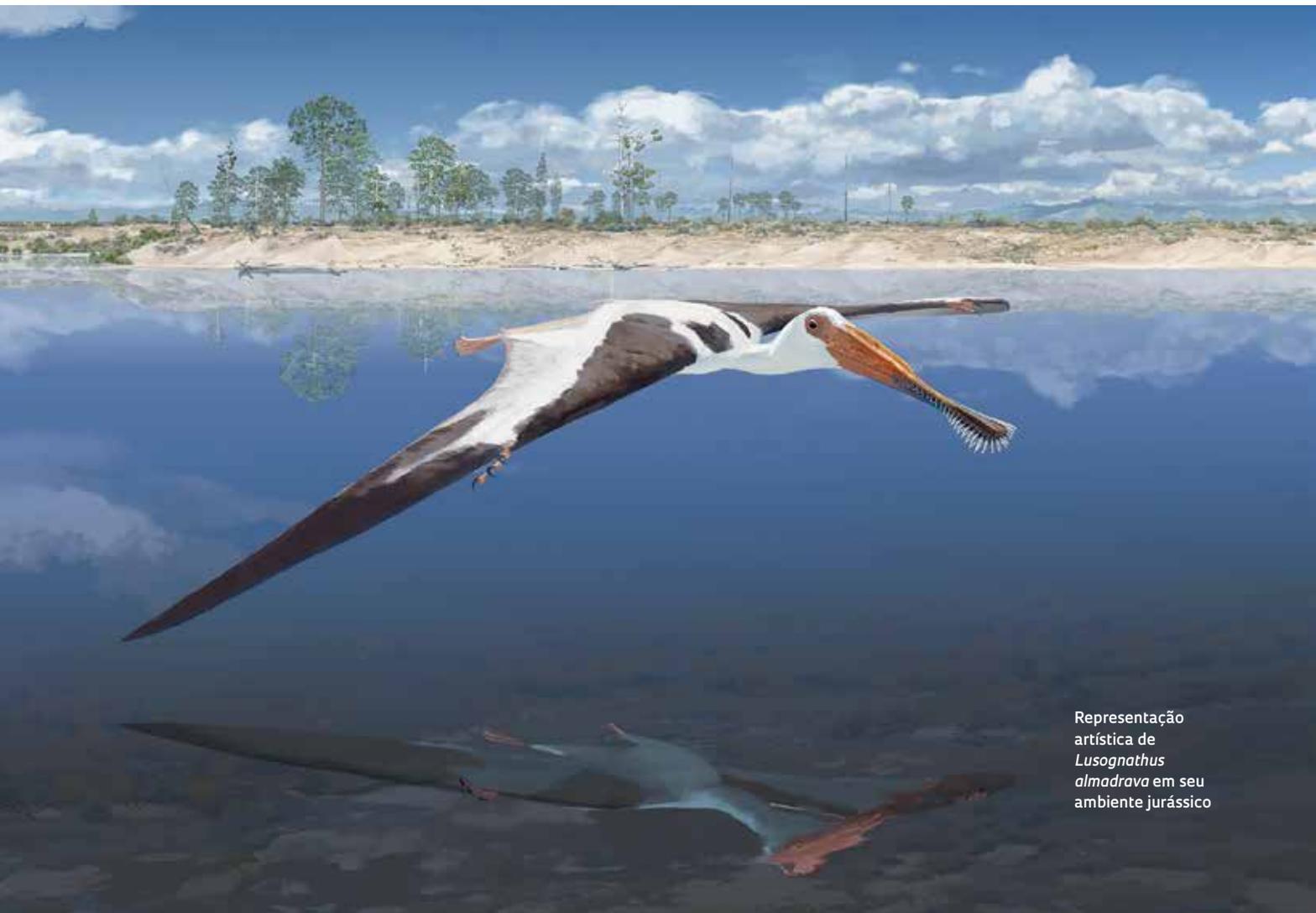
Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

PALEONTOLOGIA

UM PTEROSSAURO IBÉRICO

Lusognathus almadrava é a primeira espécie de réptil alado descrita em Portugal, com participação brasileira

Sarah Schmidt



Representação
artística de
*Lusognathus
almadrava* em seu
ambiente jurássico



A paleontóloga Alexandra Fernandes em campo (à esq.); fóssil preservou partes da mandíbula e do pescoço (abaixo)



Em novembro de 2018, enquanto caminhava pela praia do Caniçal, no município de Lourinhã, em Portugal, conhecida por ter abrigado dinossauros e outros animais pré-históricos, o paleontólogo amador Filipe Vieira avistou o que pareciam ser fósseis incrustados em rochas sedimentares que, na maré alta, ficam encobertas. Ele conseguiu recolher alguns fragmentos e os encaminhou para a paleontóloga portuguesa Alexandra Fernandes, do Museu de Lourinhã. “O que chamou sua atenção eram os dentes escuros de um pterossauro, que contrastavam com as pedras mais claras”, conta Fernandes. Com paleontólogos brasileiros, ela liderou a análise dos achados que indicaram se tratar de uma nova espécie de pterossauro, *Lusognathus almadrava*, a primeira descrita em Portugal, conforme publicado em setembro na revista científica *PeerJ*.

O réptil alado deve ter vivido na região há cerca de 149 milhões de anos, durante o período Jurássico. As rochas, bastante duras e compactas, deram trabalho para a equipe do museu que escavou os fragmentos dos fósseis em março de 2019. “Foi preciso serrar as pedras nas poucas horas em que a maré estava baixa”, relata Fernandes. Os pesquisadores conseguiram retirar a parte anterior do maxilar de *L. almadrava*, com 29 dentes e fragmentos de outros dois dentes soltos. O fóssil também incluía três vértebras fragmentadas do pescoço.

O focinho em forma de espátula, com cerca de 20 centímetros (cm) de comprimento e 5 cm de largura, a dentição levemente horizontalizada em formato de pente, além das cavidades pronunciadas

onde os dentes ficam alojados (alvéolos dentários), permitiram aos pesquisadores inferir que pertencia à subfamília Gnathosaurinae. “Seus dentes chegavam a 23 milímetros [mm] de comprimento e tinham cerca de 5 mm de largura, mais robustos e espessos do que os de outras espécies da subfamília”, observa Fernandes, que faz doutorado no Departamento de Ciências da Terra e do Meio Ambiente da Universidade Ludwig Maximilian de Munique, Alemanha.

Essa característica sinaliza uma dieta composta principalmente por peixes. “Sua mandíbula expandida indica que esse animal provavelmente abria a boca para pegar água com o que houvesse nela; o líquido escorria pelas laterais e os dentes retinham as presas”, explica o paleontólogo brasileiro Alexander Kellner, diretor do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN-UFRJ), que participou da caracterização da nova espécie e é um dos autores do artigo.

Por isso, a espécie ganhou o nome de *almadrava*, uma armadilha de pesca tradicional portuguesa. *Lusognathus* vem do latim *lusus*, em referência à Lusitânia (nome da área de Portugal na época romana), e *gnathus*, “mandíbula”. Esse hábito alimentar levou os pesquisadores a concluir que a espécie viveria em áreas estuarinas de águas rasas, planícies de maré, áreas pantanosas costeiras ou até mesmo lagos interiores. Com base nos fragmentos fósseis encontrados, eles também estimaram que o réptil alado teria a envergadura das asas de 3,6 metros (m), o que faria dele um animal de grande porte – em geral, os pterossauros dessa época tinham entre 1,6 m e 1,8 m de uma ponta da asa a outra, enquanto

os do Cretáceo (entre 145 e 65 milhões de anos atrás) atingiam bem mais de 3 m, argumentam os pesquisadores no artigo. Diante da novidade, eles sugerem que esse crescimento dos répteis alados pode ter se iniciado mais cedo do que se supunha e pode ter contribuído para que os pterossauros eventualmente ocupassem um nicho ecológico diferente de seus competidores, as aves. Além disso, seu tamanho grande poderia indicar um ecossistema rico em presas.

Apesar de ser a primeira espécie de pterossauro descrita em Portugal, esses não são os primeiros fragmentos encontrados no país. Desde a década de 1950 já foram localizados fósseis de outros répteis alados, como dentes e partes de um fêmur, além de vestígios de pegadas, mas por estarem muito fragmentados ainda não tinha sido possível identificar a qual espécie pertenciam. “Uma das razões para a dificuldade é que os ossos desses animais são ocos por dentro, mais frágeis, e os tipos de rochas do país parecem não preservá-los tão bem”, diz Fernandes.

Kellner acrescenta que as características do local onde o fóssil foi encontrado, uma área costeira, também podem interferir na preservação desses frágeis ossos, porque as rochas que os contêm estão sujeitas à contínua movimentação da maré, que contribui para a erosão mais rápida. “Mas onde há um, pode haver mais. Espero poder realizar um trabalho de campo na região. A descoberta nos deixou entusiasmados”, diz o brasileiro, eleito em junho para a Academia de Ciências de Lisboa. ■

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

CARNAÚBA

UM SUPERMICROSCÓPIO DE RAIOS X



O físico Carlos Pérez arruma um vaso com uma muda de trigo entre os feixes e detectores de raios X da estação experimental

Em pé, no centro da sala de controle da linha de luz Carnaúba do laboratório Sirius, em Campinas, o cientista molecular Douglas Galante liga o tablet e anuncia: “Estamos fazendo ciência nova aqui. E estamos só no comecinho”. A tela do tablet exibe a imagem da carcaça de uma bactéria capaz de digerir e excretar metais como ferro e manganês. Encontrado em uma praia do leste do Canadá, o microfóssil tem de 20 a 50 micra de comprimento (1 micron, cujo plural é micra, é a milésima parte do milímetro).

As análises preliminares indicaram que o organismo que ocupava a carcaça poderia realmente ter vivido há cerca de 3,7 bilhões de anos, como proposto, embora sob controvérsia, por pesquisadores do Reino Unido em março de 2017 na *Nature*. “Estamos perto de resolver a controvérsia, mostrando que a idade proposta estaria correta, porque a organização dos minerais é típica dos organismos vivos”, diz Galante. Se conseguir, poderá ampliar em 300 milhões de anos os registros dos mais antigos sinais de vida na Terra.

Sua equipe, com geólogos e físicos da Universidade de São Paulo (USP), identificou a forma e a composição de microfósseis, também do Canadá, com 1,8 bilhão de anos, descritos em um artigo de 2020 na *Scientific Reports*. Um trabalho de julho de 2022 na *Frontiers in Earth Science* detalhou a estrutura, em forma de rocambole, e a composição

química da carapaça do microrganismo *Conophyton cylindricus*, encontrado em rochas sedimentares de Minas Gerais com idade entre 1,2 bilhão de anos e 900 milhões de anos.

Em operação desde dezembro de 2021 e aberta em 2023 para os primeiros grupos de usuários externos, a Carnaúba, com 143 metros (m) de comprimento, é a mais longa das 10 linhas de luz já em funcionamento. Como as outras, ela aproveita a energia irradiada pelos elétrons acelerados no anel circular do Sirius, que produz luz do tipo síncrotron, e é usada para estudar diferentes materiais (ver Pesquisa FAPESP nºs 269 e 287). Inaugurado em novembro de 2018, o Sirius faz parte do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), que por sua vez integra o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). Outras quatro linhas estão sendo construídas e devem entrar em funcionamento nos próximos anos.

“A Carnaúba é a primeira e única nanossonda de raios X em operação no hemisfério Sul”, comenta o físico Hélio Tolentino, que participou de seu projeto e sua construção, a partir de 2015, depois de trabalhar 10 anos em Grenoble, na França, em um síncrotron similar ao Sirius – há outro desse tipo apenas na Suécia. “O grande desafio é a precisão, porque o feixe de luz tem de se manter estável na amostra, com uma oscilação de poucos nanômetros [milionésimos de milímetro], depois de viajar ao longo de 143 m entre a fonte e o foco, até chegar à amostra a ser estudada.”

A mais longa linha de luz do Sirius, em Campinas, elucida detalhes da história de fósseis, da interação das plantas com o solo e das impurezas de diamantes

Carlos Fioravanti

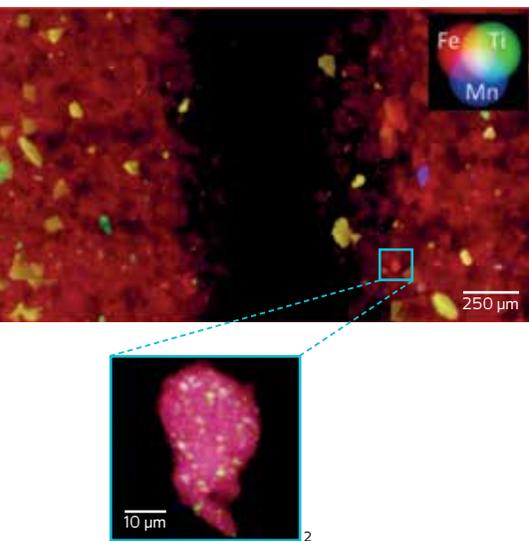
Tolentino compara a linha de luz a um microscópio eletrônico, com a diferença de poder penetrar qualquer tipo de material, até mesmo em solução, por operar na faixa de raios X em níveis de energia entre 6 mil e 15 mil elétrons-volt (eV). Já a microscopia eletrônica limita-se à superfície dos materiais e outras técnicas de raios X implicam a destruição do material estudado, na busca de informações sobre seu interior.

Ele enumera outras vantagens de um microscópio de raios X, que funciona com radiação eletromagnética, sobre um eletrônico, à base de feixes de elétrons: “A maior penetração dos raios X na matéria e a possibilidade de variar a energia continuamente e fazer espectroscopia [identificação de elementos químicos por meio da radiação eletromagnética], o que traz informação sobre estados químicos e eletrônicos da matéria”. Os feixes de elétrons relativísticos (em velocidade próxima à da luz) emitem luz concentrada, ao passo que nos aparelhos mais conhecidos de raios X, que revelam manchas nos pulmões ou ossos quebrados, a radiação tem a forma de um amplo leque.

“Agora podemos estudar materiais com uma resolução espacial de uma dezena de nanômetros, em diferentes condições experimentais”, ele comenta, com exemplos de trabalhos em andamento. “Podemos examinar uma célula solar operando em um simulador ambiental. Também é possível estudar amostras sensíveis à radiação como células e tecidos biológicos ou um eletrocatalisador

UM ESTUDO PROFUNDO

Raios X podem mostrar como nutrientes circulam pelas raízes de trigo



A raiz, por não absorver a radiação, forma a mancha preta central, ladeada pelo solo com três elementos químicos em cores diferentes (*no alto*). Um microagregado de solo (*destaque*) exhibe minerais, poros e filamentos de fungos

feito a partir de uma enzima em uma célula eletroquímica.” Um artigo de julho na *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena* mostra que os resultados das pesquisas feitas nos primeiros dois anos de funcionamento da linha são variados.

Na sala de controle, em frente às paredes de vidro da sala, atrás da qual há um corredor e a estação experimental, blindada e vedada durante a emissão de raios X, há um monitor de televisão, a 2 m de altura, mostrando um vaso plástico com uma plântula de trigo. Abaixo do monitor, seis telas de computador exibem gráficos que se refazem continuamente. “Por esses monitores podemos ver tudo o que se passa dentro da estação experimental”, explica o físico argentino Carlos Pérez, coordenador da linha Carnaúba, que no dia anterior havia acompanhado o experimento até as 22h30. “Podemos também fazer ajustes remotamente.”

O vaso é realmente pequeno: 3 cm de altura e 1 cm de diâmetro. É difícil encontrá-lo em meio aos fios e aparelhos da estação experimental, quando, por volta do meio-dia, o teste termina e a luz síncrotron é bloqueada, Pérez abre a porta blindada, entra e o mostra.

Aplicando raios X sobre a raiz de trigo, que se infiltrou em um tubinho abaixo do vaso, com 1,5 milímetro (mm) de diâmetro e 3 mm de terra, esse grupo do LNLS pretende ver como a planta absorve nutrientes e como intervir nesse processo. Se bem-sucedido, o teste em andamento poderá mostrar os tecidos da raiz sorvendo o cálcio liberado pela hidroxiapatita, o mesmo mineral usado na restauração de dentes e ossos.

Para contar o que já fizeram, Tolentino expõe duas imagens no telão da parede adjacente à do monitor. A primeira mostra uma raiz de trigo, que forma uma mancha preta por deixar que os raios X a atravessem, ladeada por uma massa com polígonos vermelhos, verdes e amarelos, correspondentes ao ferro, titânio e manganês – as cores diferem porque cada elemento químico exibe uma resposta distinta quando submetido à radiação.

A segunda imagem é de um microagregado do solo – um nanotorrão – com material orgânico e metais. “É a primeira vez que distinguimos os elementos quí-

UMA EMPRESA QUE NASCEU COM O SIRIUS

Startup desenvolve equipamentos compactos de raio X

Em um galpão de um condomínio empresarial próximo à rodovia Dom Pedro I, em Campinas, a equipe de desenvolvimento da Pitec testa as partes de um detector compacto de raios X. “Esperamos ter o primeiro protótipo até o fim do ano e lançar a versão final no primeiro trimestre de 2024, para ser usado em experimentos científicos e análises de material”, diz o cientista da computação Paulo Bertolo, diretor de operações.

Provisoriamente chamado de RAD, o aparelho é uma aposta da empresa para conquistar novos mercados. Desde 2017, quando começou a funcionar, em uma sala de 25 metros quadrados dentro da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a empresa fabricava detectores de raios X maiores, com até 144 sensores de raios X (o compacto pode ter menos de 10), que produzem 2 mil imagens por segundo

com resolução de até 9 milhões de pixels. Geralmente pintados de lilás, foram instalados em seis das 10 linhas de luz já em operação no Sirius e testados em aceleradores de luz síncrotron de outros países.

A empresa nasceu de um encontro na Unicamp com pesquisadores do Sirius, então em construção. Ao saberem que o Sirius precisava de empresas nacionais para montar circuitos eletrônicos, importados da Europa, Bertolo e os outros sócios prontificaram-se a fazê-los. Fizeram, entregaram e perguntaram se haveria outro problema que pudessem resolver. Ganharam a tarefa de, em parceria com os engenheiros e físicos do LNLS, prepararem uma versão nacional de um detector de raios X complexo, de entrega demorada e manutenção cara. Os que eram usados na época vinham da Suíça.

Bertolo e outros colegas da Pitec, que haviam trabalhado antes no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD), terminaram o primeiro protótipo em 2019 e no ano seguinte começaram as entregas. Já entregaram 12 equipamentos para o LNLS – cada um pode demorar até 10 meses para ser fabricado, mesmo assim menos que os importados. Os detectores funcionam como uma câmera fotográfica, formando imagens com a radiação espalhada pelos objetos examinados.

Em 2020 a Pitec foi comprada por um grupo empresarial de Campinas e em 2022 pela Lumentum, multinacional da área de telecomunicações sediada nos Estados Unidos. “Nosso desafio agora é aprimorar os equipamentos, oferecer os detectores para os cerca de 50 aceleradores síncrotrons de outros países e aproveitar a tecnologia para aplicar em outros mercados”, comenta Bertolo.



3



4

micos metálicos do solo e vemos os poros, formados pelo ar, que a água, a raiz das plantas e os filamentos de fungos atravessam”, diz Tolentino.

O químico de solos norte-americano Dean Hesterberg, da Universidade Estadual da Carolina do Norte, dos Estados Unidos, participa dos experimentos com o propósito de descobrir como os nutrientes, principalmente o fosfato, refugiam-se nos poros dos microaglomerados. As informações que conseguir, ele espera, poderiam inspirar estratégias para usar menos ou reaproveitar fosfato, cujo estoque mundial cai rapidamente. “As plantas usam apenas 30% do fosfato, os outros 70% permanecem no solo, provavelmente escondidos nos microporos”, diz. Sua hipótese é de que o óxido de ferro, comum em solos do Brasil, poderia atrair o fosfato e dificultar sua incorporação pelas raízes.

“Não conseguimos ainda detectar o fósforo nos microaglomerados, porque qualquer obstáculo ou mesmo o ar atenua o sinal que ele emite”, explica Tolentino. Mas ele espera que o fósforo aparecerá quando instalarem uma fonte mais potente para as faixas de baixas energias, prevista para entrar em operação em meados de 2024.

O que já se fez deixa os pesquisadores empolgados por entrarem em um mundo novo, como aconteceu com o inventor do microscópio, o naturalista holandês Antony van Leeuwenhoek (1632-1723), ao observar os detalhes de plantas e células pela primeira vez. Mas também gera problemas, porque as imagens em três

dimensões feitas a partir das medições na estação experimental muitas vezes não se encaixam com nada conhecido. “Estamos aprendendo a interpretar essas imagens, que ninguém nunca viu antes”, comenta Tolentino.

Diferentemente de Leeuwenhoek com seu microscópio, eles têm de convencer os outros cientistas de que a imagem é real e tem uma lógica científica. Foi o que fez a geóloga Carolina Camarda, da Universidade de Brasília (UnB), ao usar várias linhas de luz do Sirius para confirmar suas conclusões.

Ela estuda as impurezas dos chamados diamantes superprofundos, formados a mais de 200 km de profundidade no manto terrestre. Bastante raros, eles mantêm sua estrutura original e, por essa razão, podem indicar como os minerais se comportam sob as altas pressões e temperatura no interior da Terra. Os geólogos Tiago Jalowitzki e Fernanda Gervasoni ganharam 10 deles, com 2 a 3 mm de diâmetro, de uma cooperativa de garimpeiros da região de Juína, em Mato Grosso, na divisa com Rondônia, um dos poucos lugares do mundo em que são encontrados.

Em uma das amostras, a J1, as análises revelaram dois minérios de ferro, a hematita e a goethita, ambos muito diferentes dos encontrados na superfície da Terra. “Como as duas se formaram a uma pressão entre 54 gigapascal [GPa] e 60 GPa, próxima ao limite de desestru-

A geóloga Carolina Camarda acompanha os experimentos na sala de controle (acima, à esq.); parte da estrutura da linha (acima); um dos diamantes cujas impurezas mostram como os minerais se comportam no interior da Terra (ao lado)



5

turação do material, a distância entre os átomos e a deformação é muito maior”, ela relata. Tolentino acrescenta: “Os cristais são imperfeitos, não é a mesma estrutura que se repete”.

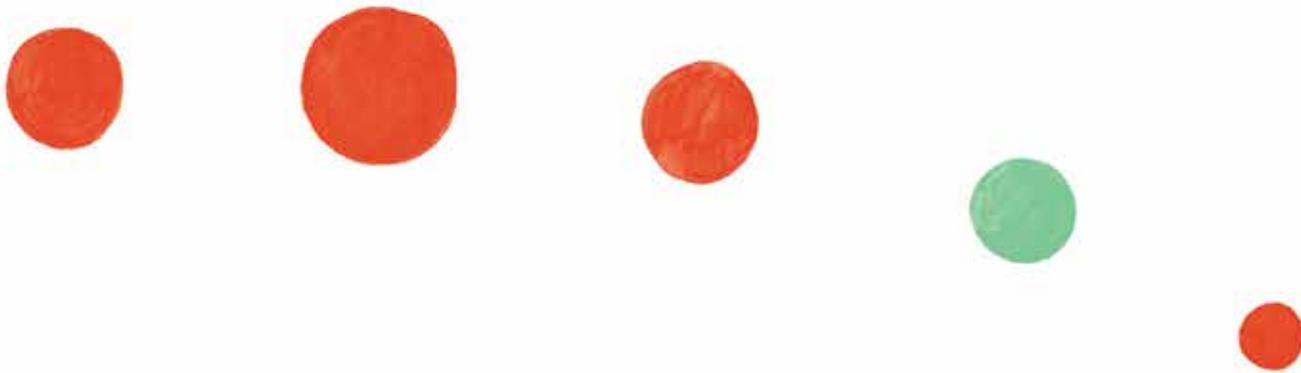
As imagens formadas por centenas de medições revelaram também inclusões de sulfetos formados por calcopirita, pertlandita e pirrotita, comuns em diamantes. Mas, novamente, há diferenças. Comparados com os das superfícies, os cristais das profundezas “são desestruturados”, observa Tolentino.

Outros resultados instigantes devem sair dos computadores que digerem as informações geradas pela emissão de raios X, talvez até em um ritmo mais intenso. Para o próximo ano está prevista a construção de outra estação experimental da Carnaúba, porque apenas uma não dá conta dos pedidos, mesmo funcionando todos os dias, dia e noite. “A agenda está cheia até 22 de dezembro”, comenta Tolentino. ■

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



TALENTOS INVISÍVEIS



Na falta de iniciativas para identificar superdotados em larga escala, Brasil subnotifica o número de pessoas com altas habilidades

Christina Queiroz | ILUSTRAÇÕES Lívia Serri Francoio



Caracterizadas pela facilidade de aprender novos conceitos e procedimentos, pessoas superdotadas ou com altas habilidades intelectuais respondem por uma média de 2% da população mundial, conforme projeções da Mensa, associação de membros com alto quociente de inteligência (QI) presente em 100 países que identifica e fomenta o desenvolvimento da inteligência. No Brasil, a entidade estima que existem 4 milhões de pessoas com essas características. Porém, sem contar com políticas públicas para mapear superdotados em diferentes faixas etárias e áreas do conhecimento, a contagem no país se restringe ao ambiente escolar. O Censo Escolar de 2022 do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep) mostra que a quantidade de alunos com altas habilidades acadêmicas matriculada em escolas públicas e particulares soma 26,8 mil, número que pode ser muito mais alto, conforme pesquisadores consultados para esta reportagem.

São consideradas pessoas com capacidade intelectual acima da média aquelas que atingem patamares maiores do que 115 em testes de quociente de inteligência. No entanto, apesar da existência de diferentes modelos para medir habilidades intelectuais, não há um consenso a respeito da definição de superdotação, conceito que pode abarcar áreas para além da intelectual e variar entre países e entre pesquisadores e profissionais que trabalham com a temática. Documento publicado em 2019 pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) para analisar políticas voltadas a

pessoas superdotadas no mundo mostra que há distintos métodos de identificação, que abarcam uma combinação de testes de QI e desempenho cognitivo, ferramentas para medir habilidades específicas e o engajamento do indivíduo em atividades relacionadas com suas áreas e disciplinas de interesse.

Segundo a cartilha *Saberes e práticas da inclusão*, elaborada em 2006 pela Secretaria de Educação Especial do Ministério da Educação (MEC), alunos superdotados “demonstram potencial elevado em qualquer uma das seguintes áreas, isoladas ou combinadas: intelectual, acadêmica, liderança, psicomotricidade e artes”. Eles também são criativos e têm grande envolvimento na aprendizagem e realização de tarefas em áreas de seu interesse, segundo a secretaria. Ou seja, não se considera superdotado apenas quem consegue boas notas em matemática e língua portuguesa, por exemplo, mas também aqueles que demonstram ser líderes natos, desenharam ou tocam instrumentos de forma brilhante ou têm performance corporal excepcional. “Um estudante com altas habilidades em artes pode não ser bom em matemática ou em outra disciplina curricular. Para ser considerado superdotado, não é necessário apresentar boa performance em todas as áreas”, detalha a matemática Carina Alexandra Rondini, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de São José do Rio Preto, que desde 2009 desenvolve pesquisas no campo da superdotação, sendo duas delas financiadas pela FAPESP.

No ambiente escolar, a psicóloga Cristina Maria Carvalho Delou, da Universidade Federal Fluminense (UFF) e presidente do Conselho Brasileiro para Superdotação, explica que os

EXISTEM DIFERENTES MODELOS PARA MEDIR HABILIDADES INTELECTUAIS, MAS NÃO HÁ UM CONSENSO SOBRE A DEFINIÇÃO DE SUPERDOTAÇÃO

direitos de pessoas com altas habilidades são assegurados pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB), de 1996. Alunos com esse perfil fazem parte do grupo que é alvo da educação especial, também dirigida a estudantes com algum tipo de deficiência e transtornos globais do desenvolvimento. Já em 2015, a Lei nº 13.234 determinou a criação de um cadastro nacional de alunos com superdotação matriculados na educação básica e superior, com a finalidade de oferecer subsídios para a formulação de políticas públicas. “Da mesma forma que muitas diretrizes

de leis federais não são cumpridas, o cadastro não saiu do papel”, lamenta Delou.

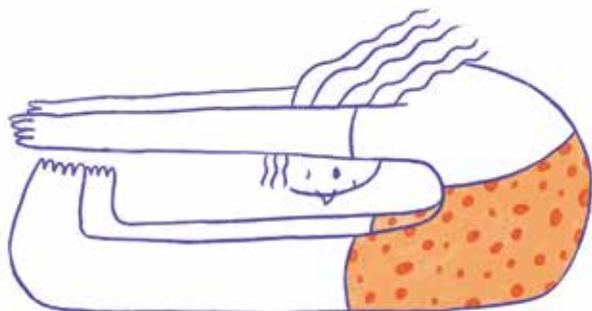
Partindo de diretrizes estabelecidas em leis federais, cada unidade da federação é responsável por publicar resoluções, pareceres e deliberações para regulamentar como alunos com altas habilidades devem ser atendidos em escolas, incluindo a carga horária, os espaços e o tipo de atividade, explica a pedagoga Rosemeire de Araújo Rangni, coordenadora do Laboratório de Pesquisa de Altas Habilidades da Universidade Federal de São Carlos (Lapah-UFSCar). No caso de São Paulo, que conta com cerca de 3 mil alunos cadastrados com essa característica em seu sistema escolar, uma das medidas previstas é a aceleração do processo de ensino, que permite pular etapas da educação. “Porém, se a escola não identifica o aluno, entende que não

existe demanda pelo atendimento educacional especializado. Além disso, não registra o indivíduo como superdotado no Censo Escolar, o que, mais tarde, prejudica o acesso a verbas específicas para criar programas e iniciativas voltados a essas pessoas. A identificação é o primeiro passo para que esse ciclo seja quebrado”, defende Rangni, que desenvolve estudos para analisar a legislação e as políticas públicas endereçadas a pessoas com altas habilidades.

De acordo com a pedagoga, uma das grandes barreiras para que a escola ofereça atendimento educacional especializado é a exigência de um laudo psicológico para cadastrar o estudante como superdotado. “Esses laudos são inacessíveis para famílias de baixa renda, chegando a custar R\$ 3 mil. Além disso, só são feitos para medir altas habilidades nas áreas lógico-matemática e verbal, deixando de fora outros talentos”, critica.

Na perspectiva de Rangni, pessoas com algum tipo de deficiência acabam sendo priorizadas em políticas de atendimento educacional especializado. “Isso acontece, entre outros motivos, porque há a ideia equivocada de que superdotados não precisam de estímulos e apoio, pois apresentam vantagens em relação a outros públicos da educação especial”, compara. Com isso, as salas de recursos, que oferecem atividades complementares a estudantes da educação especial, são adequadas para acolher estudantes com deficiência, sem considerar as particularidades de alunos com superdotação.

Sobre a identificação de pessoas superdotadas, a psicóloga Denise de Souza Fleith, da Universidade de Brasília (UnB), conta que há cerca de 40 anos se definia como altas habilidades apenas



talentos intelectuais, por meio de testes de QI. “Hoje, essa concepção mudou. A ciência deixou de lado a visão unidimensional do fenômeno, segundo a qual altas habilidades se relacionam somente com capacidade intelectual, e passou a adotar um olhar pluridimensional, considerando que elas fazem parte de um processo de desenvolvimento que pode ser impactado pela interação da pessoa com o ambiente”, explica Fleith, também presidente do Conselho Mundial para Crianças Superdotadas e Talentosas.

Essa mudança na compreensão do que são as altas habilidades foi influenciada pelas reflexões de pesquisadores como o psicólogo norte-americano Joseph Renzulli, da Universidade de Connecticut (EUA). De acordo com o especialista, a superdotação é o resultado da interação entre três fatores: habilidade acima da média em alguma área do conhecimento, comprometimento com a tarefa e criatividade. “Os três elementos precisam estar presentes para a superdotação se manifestar, mas podem apresentar níveis diferentes de desenvolvimento”, esclarece a psicóloga Tatiana de Cássia Nakano, da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas).

Segundo a pesquisadora, essa visão complexa do fenômeno da superdotação trouxe desafios para o mapeamento de indivíduos. “Não existe um protocolo único e a identificação pode ser feita de muitas formas”, conta a psicóloga. Em razão dessa lacuna, Nakano desenvolveu em 2011 ferramentas para mensurar níveis de criatividade em crianças do ensino fundamental, em parceria com outros pesquisadores. Em um dos instrumentos avaliativos, os participantes fazem desenhos conforme três propostas distintas. Itens como fluência, elaboração, originalidade, expressão de emoção, fantasia, movimento e uso de contexto são avaliados pela psicóloga. São bem pontuadas pessoas que conseguem, por exemplo, desenhar situações de forma mais detalhada, ou por meio de pontos de vista diferentes, utilizar recursos criativos ligados a percepções emocionais e recursos cognitivos para buscar soluções artísticas originais.

Também preocupada com a escassez de ferramentas voltadas à detecção de outros talentos para além do intelectual, a musicista e psicopedagoga Fabiana Oliveira Koga criou uma metodologia para identificar crianças com altas habilidades na área da música. A pesquisadora começou a desenvolver o protocolo em 2016, durante doutorado na Unesp, no *campus* de Marília, e atualmente faz estágio de pós-doutorado na UFSCar supervisionado por Rangni – ambos com financiamento da FAPESP. A ferramenta é constituída por 54 exercícios auditivos que avaliam as aptidões do indivíduo em relação à melodia, ao ritmo e à intensidade. Além disso, a criança fala sobre as próprias habilidades, de forma escrita ou por



meio de desenho, e responde a um questionário. Em uma plataforma digital, ela pode subir vídeos interpretando, por exemplo, uma música de sua autoria. Professores, famílias e gestores escolares também respondem a questionários sobre a criança. O teste dura cerca de 30 minutos e, quem pontuar acima da média, tem sua performance e produção musical e artística analisadas por um músico profissional. Na pesquisa, Koga analisou 653 estudantes do ensino fundamental das redes pública e particular da cidade de Marília, no interior de São Paulo, detectando que 104 (16%) dos participantes apresentavam indicadores de talento musical, sendo que, destes, 11 mostraram ter altas habilidades.

No momento, a pesquisadora trabalha em parceria com a Secretaria de Educação da cidade de Vera Cruz, no interior de São Paulo, para colocar em prática um programa de aperfeiçoamento do ensino voltado a estudantes superdotados. O programa terá início em 2024 em oito escolas públicas da cidade e o primeiro passo será identificar as crianças com essas características. Posteriormente, elas vão participar de cursos para aprimorar seu processo de aprendizagem. A iniciativa será conduzida a partir de diretrizes discutidas no Grupo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Potencial Humano (Grupoh-UFSCar), do qual Koga faz parte e é liderado por Rangni.

Se até 2014 o foco de programas da educação especial eram estudantes com deficiência, no ano seguinte, a prefeitura de São Luís, no Maranhão, decidiu ampliar o público atendido ao criar o Núcleo para Estudantes com Características de Altas

Habilidades/Superdotação. Em 2020, o núcleo passou a se chamar Centro de Atendimento Educacional Especializado para Altas Habilidades ou Superdotação. Desde então começou a mapear estudantes com esse perfil em escolas da rede municipal, além de oferecer formação para docentes da educação básica colaborarem com o processo de identificação desses estudantes. Inicialmente, o professor encaminha para o núcleo os alunos que apresentam desempenho escolar acima da média. Em um processo de análise que dura de quatro a 10 meses, uma equipe multidisciplinar de profissionais investiga a capacidade cognitiva dos estudantes, sua criatividade e envolvimento com tarefas. “O aluno é definido como tendo altas habilidades quando manifesta essas três características”, explica a pedagoga Sandreliza Pereira Mota, gestora do centro. Hoje com 150 alunos, o centro oferece atividades de escrita criativa, aulas de violão, robótica e artes para os participantes no contraturno escolar. Por conta de seu desempenho excepcional na etapa estadual da competição, três estudantes da rede municipal que frequentam o núcleo participaram em outubro da etapa nacional da Olimpíada Brasileira de Robótica, realizada em Salvador (BA).

Ainda em relação ao reconhecimento desse perfil de indivíduo, Rondini, da Unesp, detalha que o processo precisa envolver uma equipe multidisciplinar que avalie aspectos cognitivos, além de ser multirreferencial, ou seja, incluir a visão de familiares, colegas e professores e as atitudes da pessoa analisada em múltiplos contextos. Também deve abarcar métodos distintos, como análises psicológica e psicopedagógica, considerar toda a trajetória de vida, bem como diferentes habilidades, entre elas criatividade e capacidades de liderança, intelectual, motora, social e emocional. A pesquisadora conta que profissionais capacitados para fazer a identificação usam múltiplos instrumentos para obter uma visão integral do indivíduo, indicando, no final, se ele apresenta ou não comportamentos de altas habilidades. “No caso de crianças e jovens em idade escolar, os apontamentos levantados na avaliação devem subsidiar o planejamento de atividades pedagógicas”, afirma Rondini, coordenadora da Rede de Atendimento Integral ao Superdotado (Rais), projeto de extensão da Unesp, *campus* de São José do Rio Preto.

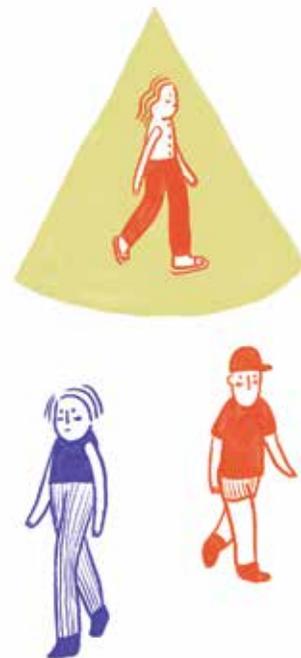
Outro desafio da identificação de pessoas superdotadas se relaciona com a condição chamada de dupla excepcionalidade, ou seja, quando os indivíduos apresentam deficiência ou transtorno e, ao mesmo tempo, são superdotados em alguma área do conhecimento. “Essas pessoas rompem

paradigmas, pois têm desempenho abaixo da média em alguma área e acima da média em outra, tornando sua identificação ainda mais complexa”, explica Rangni. De acordo com ela, é comum que nesses casos muitos acabem sendo diagnosticados apenas pelo lado da deficiência, deixando encoberta a parte do talento excepcional.

Além de lacunas em ferramentas de identificação, outro problema na visão das pesquisadoras é a falta de formação docente. “O tema das altas habilidades não faz parte da grade curricular de cursos de pedagogia e licenciaturas. Por outro lado, o processo de reconhecimento de crianças superdotadas geralmente começa na escola, quando o professor percebe que determinado aluno apresenta características que o diferenciam do grupo”, defende Nakano, da PUC-Campinas.

Crianças superdotadas que não são identificadas nem recebem tratamento adequado acabam se desinteressando pela escola e se tornam suscetíveis a dificuldades sociais e emocionais, podendo apresentar problemas de conduta e indisciplina. Em pesquisa com financiamento da FAPESP realizada em 2020 na Universidade da Califórnia em Berkeley, nos Estados Unidos, Nakano avaliou as competências socioemocionais de estudantes identificados com altas habilidades. A partir da análise de um banco de dados de uma prova educacional estadual, alunos identificados como superdotados e outro grupo com a mesma idade mas sem as altas habilidades tiveram seus resultados comparados por meio de um teste com 162 questões, que investigaram fatores como abertura ao novo, capacidade de autogestão, engajamento com os outros, amabilidade e resiliência emocional. “O grupo de alunos superdotados apresentou melhor desempenho em todas as habilidades avaliadas. Porém, sem atendimento adequado eles podem vivenciar vulnerabilidades, podendo desenvolver dificuldades especialmente em relação a questões emocionais e sociais”, afirma a psicóloga.

No encaminhamento de um caso que foi desenvolvido em diálogo com uma equipe multidisciplinar, a psiquiatra especialista em infância e adolescência Marília Pessali conta que em 2021 recebeu uma criança de 5 anos em seu consultório com características relacionadas com a superdotação, além de apresentar problemas de comportamento, sofrimento mental e agressividade. Ao mesmo tempo, seu desempenho escolar



**É NECESSÁRIO
DESCONSTRUIR A IDEIA
EQUIVOCADA DE QUE
SUPERDOTADOS
NÃO PRECISAM DE
ESTÍMULOS E APOIO**



era acima da média da turma em atividades relacionadas com o processo de alfabetização, inglês, aprendizagem de matemática e outras áreas. Inicialmente, Pessali optou por medicar o paciente para amenizar a ansiedade e a agressividade. Mas, depois de um processo de identificação que durou quatro meses, a criança foi definida como superdotada, apresentando capacidade cognitiva acima da média, criatividade excepcional para as artes e facilidade de aprendizagem de novos conceitos. Por meio de laudo apresentado pela médica, ela conseguiu pular um ano escolar e passou a receber o atendimento de uma psicoterapeuta.

“As mudanças causaram impactos positivos em seu comportamento e acabei por suspender o uso de medicação. Debates sobre como lidar com pessoas superdotadas ainda são incipientes na área médica”, observa a pesquisadora, que integra o Grupoh-UFSCar e atualmente trabalha em artigo para descrever o caso de sua paciente. Considerando situações como essa, Rondini, da Unesp, defende que o país precisa desconstruir o imaginário de que estudantes superdotados foram agraciados com algo que os favorece e que, portanto, não precisam de mais atenção, na medida em que podem se desenvolver sozinhos.

Em pesquisa de revisão da literatura sobre altas habilidades, a psicóloga Denise Arantes-Brero, diretora do Núcleo Paulista de Atenção à Superdotação, verificou que nos últimos cinco anos foi publicada uma quantidade significativa de artigos científicos sobre o tema, totalizando 52 produções, em áreas como políticas públicas e inclusão, educação e prática do professor, características e identificação, desenvolvimento de habilidades, terminologia e testes. “Grande parte dos artigos mapeados se baseia em deba-

tes teóricos. Os pesquisadores precisam investir em estudos sobre intervenções que considerem as especificidades da população brasileira, bem como sua cultura. Assim, será possível construir propostas de identificação e atendimento adequadas à realidade local”, propõe Arantes-Brero.

Por fim, ainda sobre políticas públicas, Delou, da UFF, sustenta que da mesma forma que o governo federal oferece o Benefício Assistencial à Pessoa com Deficiência – que concede um salário mínimo por mês às pessoas nessa condição que comprovam baixa renda –, é necessário criar políticas específicas para apoiar alunos com altas habilidades. “Essa proposta inclui a oferta de bolsas de estudo ou iniciação científica que permitam ao indivíduo superdotado desenvolver o seu talento e evoluir em sua vocação em diferentes áreas, da acadêmica à esportiva”, defende a pesquisadora. Nesse sentido, ela recorda da história da ginasta gaúcha Daiane dos Santos, reconhecida como superdotada. Ela começou a fazer ginástica artística aos 12 anos, idade considerada avançada em comparação com atletas que começam a se preparar na primeira infância. Santos treinava 12 horas por dia em um clube, que era pago pela mãe, e em 2003 foi a primeira brasileira a sagrar-se campeã mundial da modalidade. “Sem os recursos da família, Santos não teria chegado onde chegou. O Brasil precisa de políticas públicas para permitir que talentos como o dela se desenvolvam”, conclui Delou. ■

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

NO GALOPE NORDESTINO

Pesquisador reúne partituras do compositor Antonio Madureira, um dos principais nomes do Movimento Armorial

Soraia Vilela



A produção do músico potiguar Antonio José Madureira Ferreira é tão vasta quanto a cultura brasileira, mas, mesmo assim, ela ainda não é conhecida como merece, escreveu o músico e historiador paulista Francisco Andrade em artigo publicado no ano passado na revista *Iberic@l, Revue d'études ibériques et ibéro-américaines*, da Universidade Sorbonne, na França. Desde 2014, o pesquisador investiga a obra do autor, nome à frente do Quinteto Armorial, sendo responsável pela reunião de seu acervo musical, até então disperso em 12 caixas guardadas na casa em que Madureira, hoje com 73 anos, vive em Recife (PE). Agora, parte dessa produção está sendo publicada no livro *Quinteto Armorial: Do romance ao galope nordestino* (Editora Letra da Cidade/Instituto Çarê), organizado por Andrade e lançado em junho passado. Primeiro volume da trilogia *Antonio Madureira Armorial – Histórias e partituras*, a publicação reúne sete composições do músico que integram o primeiro disco do grupo, *Do romance ao galope nordestino* (1974), considerado o melhor álbum de música instrumental daquele ano pela Associação Paulista dos Críticos de Arte (APCA). “Madureira propõe ao longo de sua obra uma interseção entre o erudito e o popular”, diz Andrade, atualmente radicado na Paraíba.

Para entender o percurso de Madureira é preciso ir primeiro à gênese da música armorial – um desdobramento daquele que ficou conhecido como Movimento Armorial, liderado por Ariano Suassuna (1927-2014). O termo “armorial”, empregado no início dos anos 1970 pelo escritor, poeta e dramaturgo paraibano remete a uma proposta que pretendia repensar o Nordeste como espaço para novas possibilidades de criação estética. Suassuna passou a usar o substantivo, que em sua acepção original significa “livro de registro de brasões”, como adjetivo, inaugurando um movi-

mento que pretendia reinterpretar tradições culturais brasileiras, tais como a literatura de cordel, a xilogravura, a música de cantoria e o uso dos instrumentos viola, rabeca e pífano. “A música foi um dos campos mais fecundos para a pesquisa e a criação armorial”, escreve Andrade no livro.

O Movimento Armorial foi lançado oficialmente em 18 de outubro de 1970, na Igreja de São Pedro dos Clérigos, no bairro do Recife Antigo, com uma exposição de artes visuais e um concerto da Orquestra Armorial de Câmara de Pernambuco, cuja estreia havia acontecido dois meses antes. No ano seguinte, o encontro entre Suassuna, então professor de estética, cultura brasileira e filosofia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e Madureira, com 21 anos, daria um novo rumo à história da música armorial. O jovem havia estudado violão na Escola de Belas Artes de Pernambuco, da UFPE, e desde 1969 atuava como violonista e compositor no Teatro Popular do Nordeste (TPN). Carregava como inspiração as reflexões do modernista Mário de Andrade (1893-1945) sobre a música e a cultura brasileiras, quando Suassuna despertou nele a sensibilidade para tocar a viola nordestina, bem como para a experiência de escuta e pesquisa da cultura popular, envolvendo as tradições dos folguedos e suas referências ibéricas (cristãs, árabes e judaicas).

“Suassuna considerava a sonoridade da Orquestra Armorial, liderada por Cussy de Almeida [1936-2010], muito europeia”, comenta Ariana Perazzo da Nóbrega, professora do Departamento de Música da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e autora da dissertação de mestrado “A música no Movimento Armorial”. Defendida em 2000 na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é um dos primeiros estudos acadêmicos sobre o tema. Coube a Madureira, em grande parte, dar forma ao Quinteto Armorial (1972-1980), trazendo a música dos lajedos sertanejos para os palcos dos conservatórios e salas de concerto



propondo uma discussão maior sobre cultura popular, música e “nordestinidade”. “Para Suassuna, o trabalho realizado pelo Quinteto Armorial foi o mais relevante na música do movimento, ao procurar aproximar o universo sertanejo, utilizando instrumentos como o pífano, a rabeça e a viola nordestina”, prossegue Nóbrega.

Além do disco *Do romance ao galope nordestino*, o quinteto gravou outros três álbuns: *Aralume* (1976), *Quinteto Armorial* (1978) e *Sete flechas* (1980). Na formação mais longa, estavam Madureira (viola nordestina), Antonio Nóbrega (violino e rabeça), Edilson Eulálio Cabral (violão), Egildo Vieira do Nascimento (flauta e pífano) e Fernando Torres (marimbau). Todos os LP foram lançados pelo selo paulistano independente Discos Marcus Pereira (1974-1981), conhecido pelos registros de manifestações populares de várias regiões brasileiras e também por ter gravado sambistas como Agenor de Oliveira, o Cartola (1908-1980), e Paulo Vanzolini (1924-2013). Segundo Andrade, a gravação de uma das faixas do primeiro disco do quinteto foi acompanhada por dois apreciadores do trabalho do conjunto instrumental: o próprio Vanzolini e o músico Geraldo Vandré. Na oportunidade, Aluizio Falcão, produtor do disco, perguntou aos integrantes do grupo e aos dois convidados o que achavam de incorporar o bombo, instrumento de percussão, ao arranjo musical. Vanzolini, que também era zoólogo e foi pesquisador e diretor do Museu de Zoologia da USP, respondeu: “Não acho nada, só entendo de lagartixa.”

A trilogia de livros deriva da dissertação de mestrado de Andrade defendida em 2017 no Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo (IEB-USP). No momento, ele realiza pesquisa de doutorado na UFPB sobre a música de Madureira e prepara os outros dois volumes

a respeito do autor potiguar para a série. Com lançamento previsto para o final de novembro, o segundo volume cobre o período entre 1975 e 1981 e trata, entre outros assuntos, da transferência dos integrantes do Quinteto Armorial, que trabalhavam como músicos pesquisadores na UFPE, para o recém-criado Núcleo de Extensão Cultural da UFPB, sediado em Campina Grande e voltado para o ensino e a pesquisa da música brasileira popular. Nesse momento, Egildo Vieira do Nascimento foi substituído por Antonio Fernandes de Farias, conhecido como Fernando Pintassilgo (flauta e gaita dos caboclinhos). Contratados como professores de música, eles permaneceram na instituição entre 1978 e 1981. O terceiro volume, que tem entre seus tópicos uma abordagem do significado da música armorial para a atualidade, fala do Quarteto Romançal, grupo que seria formado após Suassuna assumir, em 1995, a Secretaria Estadual de Cultura de Pernambuco e criar um projeto chamado Pernambuco Brasil, com participação de Madureira. A publicação deve ser lançada no primeiro semestre de 2024.

De acordo com Andrade, a série de livros pretende reunir 40 composições de Madureira, gravadas em seis discos – quatro do Quinteto Armorial e dois do Quarteto Romançal, *Quarteto Romançal* (1997) e *Tríptico – No reino da ave dos três punhais* (1999), ambos lançados pelo selo Ancestral. “Essa coleção foi concebida para fazer sua obra circular, facilitar o acesso a ela por parte dos músicos que queiram tocá-la, e romper barreiras dentro de conservatórios e faculdades que ainda insistem em tratar como música de câmara somente a produção dos compositores europeus”, escreve o violeiro Ivan Vilela, professor do Departamento de Música da Escola de Comunicações e Artes da USP, na apresentação do primeiro volume da trilogia.

Em suas pesquisas, o violinista Rucker Bezerra de Queiroz, professor da Escola de Música da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

O Quinteto Armorial e Ariano Suassuna fazem apresentação conjunta em Recife, em 1972



(UFRN), dedica-se a investigar as influências ibérica e árabe da música armorial. “Resolvi fazer o caminho inverso de Luis Soler [1920-2011], violinista catalão que morou muito tempo em Recife, antes de se tornar professor da Universidade do Estado de Santa Catarina [Udesc]”, conta a respeito do autor de *Origens árabes no folclore do sertão brasileiro* (Editora da UFSC, 1995). “Foi no Brasil que Soler se deu conta da influência moura na península Ibérica. Quando chega em Recife, ele vê repentistas fazendo desafios de viola e diz: ‘Tinha isso nas ruas de Barcelona da minha infância’”, conta Queiroz, que investigou a temática na Espanha e em países árabes. “Nos recitais que fiz em lugares como Emirados Árabes, o público ficava surpreso e muitas pessoas me diziam: ‘Isso não é música brasileira, parece com a nossa música, apenas um pouco diferente.’”

Na opinião de Erik Pronk, professor do Departamento de Música da UFPB, não se deve, contudo, idealizar uma relação harmoniosa entre os elementos ibérico, africano e indígena presentes na música armorial como se as três culturas formadoras do país estivessem em pé de igualdade. “As expressões populares que Madureira buscou defender na sua música armorial expressam diversos traços de resistência de culturas originárias, que carregam em si as marcas dos conflitos entre os diferentes povos que fizeram parte da formação da nação brasileira. Toda a violência relacionada a esses conflitos ainda repercute de forma muito evidente em nossa sociedade nos dias atuais”, analisa.

Pronk voltou seu olhar para a música armorial entre 2008 e 2010, quando fazia pesquisa de mestrado em violão clássico no Royal Conservatoire, nos Países Baixos. Foi ali que surgiu, pela primeira vez, seu interesse pela viola como instrumento. “Estar distante do Brasil me aproximou de alguma forma de um sentimento maior de identidade e pertencimento à cultura brasileira”, conta. A viola, explica o pesquisador, está relacionada à figura do cantador popular, que utiliza o instrumento como acompanhamento para contar histórias através da cantoria. Já o marimbau, segundo Pronk, é “o instrumento ‘mais armorial’ do movimento”. Ele foi idealizado pelos integrantes do Quinteto a partir do berimbau de lata, que é um exemplo de como “as pessoas com poucos recursos materiais e sem acesso a instrumentos musicais convencionais transformam objetos cotidianos em meios expressivos, para que possam se apresentar em palcos populares, geralmente praças e feiras livres”.

Em 2016, Pronk iniciou sua pesquisa de doutorado no Departamento de Comunicação e Artes da Universidade de Aveiro, em Portugal. O



estudo teve três pilares centrais: a viola brasileira, a música armorial e o *live looping*, tecnologia usada em performances que permite desenvolver o arranjo da música em tempo real a partir da repetição de trechos gravados. Como desdobramento da tese, defendida em 2021, o pesquisador escreveu um capítulo para o livro *Live looping in musical performance: Lusophone experiences in dialogue*, lançado neste ano pela editora britânica Routledge. O texto fala sobre a adaptação da música “Repente”, de Madureira, para a performance com uso de *loops*. “Faço uma contextualização sobre o gênero do repente nordestino, apontando sobre como este se apresenta dentro da composição de Madureira, e descrevo meu processo de experimentação criativa com a ajuda da tecnologia”, explica. “É uma forma de demonstrar que a música de Madureira está cada vez mais viva.”

Para o etnomusicólogo Carlos Sandroni, professor do Departamento de Música da UFPE, Madureira pertence a um panteão de compositores da música brasileira que desafiam a fronteira entre o erudito e o popular. Desse grupo, segundo o estudioso, fazem parte Ernesto Nazareth (1863-1934), Pixinguinha (1897-1973), Tom Jobim (1927-1994), Egberto Gismonti, Hermeto Pascoal e Guinga. “O armorial tem uma ligação bem assumida com a busca de uma música clássica brasileira inspirada no popular”, diz Sandroni, que também é professor do Programa de Pós-graduação em Música da UFPB, onde atualmente orienta a pesquisa de doutorado de Andrade. “Muitos compositores do século XX fizeram isso, mas o armorial é diferente, porque o meio de difusão não foi a partitura e sim a gravação. Só agora estão saindo as partituras do Madureira. Ou seja, a música armorial dissolve, à sua própria maneira, as fronteiras entre o popular e o erudito.” ■

Madureira em Diamantina (MG), durante o II Festival de Música Histórica, em 2016

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

LITERATURA



José Paulo Paes
em 1991, na
biblioteca de sua casa,
na capital paulista

UM INTELECTUAL SEM AMARRAS

Coletâneas ampliam perspectivas sobre a obra do poeta, tradutor e crítico literário José Paulo Paes, morto há 25 anos

Juliana Vaz

Quando lançou seu primeiro livro de poemas, em 1947, José Paulo Paes (1926-1998) enviou a obra para a apreciação de Carlos Drummond de Andrade (1902-1987), na época um autor já consagrado. Em resposta por carta, o escritor maduro aconselha o iniciante a superar as influências e buscar uma dicção própria: “Você tem um sentimento poético indubitável, maneja o verso livre com bastante segurança rítmica, nunca resvala no mau gosto – mas você ainda não me parece você, ainda se procura através dos outros, quando é dentro de você mesmo que terá de se encontrar”.

Ao batizar sua estreia literária com o sugestivo título *O aluno* (Edições O livro), Paes colocava-se como uma espécie de discípulo do itabirano e de outros modernistas a quem prestava homenagem, como Manuel Bandeira (1886-1968) e Murilo Mendes (1901-1975). A afinidade literária de Paes com Drummond é bem conhecida pelos pesquisadores. Poucos estudiosos sabem, porém, que apenas um ano mais tarde o pupilo não poupou o mestre, dessa vez no papel de crítico literário. Em uma série de ensaios publicados no jornal *O Dia*, de Curitiba, em 1948, o jovem de 21 anos, então ligado a ideais revolucionários e ao Partido Comunista, classificava a poesia de temática social drummondiana como uma “poesia de fuga”, representativa da pequena burguesia, por sua tendência de transpor a realidade concreta para o plano da abstração. Ao analisar a função do humor na poesia de Drummond, Paes a contrapõe aos versos de dois poetas: o georgiano Vladímir Maiakóvski (1893-1930) e o baiano Castro Alves (1847-1871), estes, sim, efetivamente revolucionários, na opinião do crítico.

Até então nunca publicados em livro, os textos “Carlos Drummond de Andrade e o *humour* – I, II e III” são agora recuperados pela coletânea *José Paulo Paes: Crítica reunida sobre literatura brasileira & inéditos em livros* (Cepe Editora/Ateliê Editorial). Com mais de mil páginas, a obra abarca, em dois volumes, ensaios de Paes centrados na literatura brasileira. “Do ponto de vista crítico, não dá para dizer que José Paulo seguia uma linha mestra, seja de Antonio Candido [1918-2017] ou de Roberto Schwarz”, diz Fernando Paixão,

professor do Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo (IEB-USP) e organizador da coletânea junto com a crítica literária e pesquisadora Ieda Lebensztayn, responsável pela localização dos textos inéditos. “Ele foi próximo dos concretistas, porém mais no aspecto da produção poética do que teórica. Na análise crítica, José Paulo sempre foi livre.”

A nova coletânea apresenta os textos críticos por ordem cronológica de publicação, além dos inéditos. Contempla uma variedade de temas que vão desde a poesia de Augusto dos Anjos (1884-1914) ao samba de Adoniran Barbosa (1910-1982), passando por reflexões sobre a tradução, a presença do surrealismo no Brasil e o resgate de figuras menos conhecidas como os poetas baianos Sosígenes Costa (1901-1968) e Jacinta Passos (1914-1973). São ensaios que mostram um crítico eclético, com uma visão de literatura que, na visão de Sergio Bento, professor de literatura brasileira na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sempre foi sem preconceitos. Exemplo disso, diz, é o artigo “Por uma literatura brasileira de entretenimento (ou: o mordomo não é o único culpado)”, publicado originalmente no livro *A aventura literária: Ensaio sobre ficção e ficções* (Companhia das Letras, 1990). No texto, o crítico defende que gêneros menos prestigiados como o romance policial, a ficção científica e o romance de aventura deveriam ser julgados não apenas por critérios estético-literários, mas também analisados pelo prisma da sociologia do gosto e do consumo. É do leitor de Agatha Christie (1890-1976) e Alexandre Dumas (1802-1870), afinal, que surge o admirador de James Joyce (1882-1941) e Gustave Flaubert (1821-1880), argumenta Paes.

Ao mesmo tempo, o intelectual lamenta no artigo que a produção desses gêneros fosse, no final dos anos 1980, ainda incipiente na literatura brasileira. “Paes não era vinculado à universidade, não fez nem mesmo graduação. Chegou a dar aulas na Unicamp [Universidade Estadual de Campinas] e na USP, mas como convidado. Junto com Augusto de Campos, foi um dos grandes nomes da crítica do século XX que não pertenceu à academia”, afirma Bento, autor de tese de doutorado sobre a poesia de Paes defendida em

À direita, com a mulher, a bailarina Dora Costa, a quem dedicou seu segundo livro, *Cúmplices*, de 1951



Acima, Paes e o crítico literário Alfredo Bosi (de terno), que se tornaram amigos na década de 1960

2015, na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da USP. “Com isso, ele consegue se desvincular de certo elitismo cultural que só considera relevante a alta literatura. Paes percebeu que as pessoas leem para se divertir, o que destoa da média da crítica brasileira na época.”

Um dos aspectos mais marcantes do ensaísmo de Paes, segundo assinala o historiador e crítico literário Alfredo Bosi (1936-2021) em testemunho que integra a coletânea, é justamente a sua amplitude de interesses e gostos, e a distância que manteve de “teorias estéticas fechadas, tendentes a juízos categóricos”. A curiosidade por todo tipo de literatura surpreendeu o autor da *História concisa da literatura brasileira* quando ambos se tornaram amigos, em meados dos anos 1960. Nos encontros com Paes, a quem definiu como um “leitor livre e sem fronteiras”, “observador sem *parti pris*”, ocorria uma inversão de papéis, conforme recorda Bosi, que foi professor de literatura brasileira da USP por mais de quatro décadas: “Era o autodidata José Paulo que ensinava o professor universitário. O professor aprendia a reler com outros olhos o que já lera como profissional das letras.”

Nascido em Taquaritinga (SP), em 1926, Paes vinha de uma família de classe média baixa, de ascendência portuguesa. Na década de 1940, migrou para Curitiba, onde se formou técnico de química e passou a conviver com escritores e intelectuais como Dalton Trevisan. Foi na capital paranaense que começou a colaborar



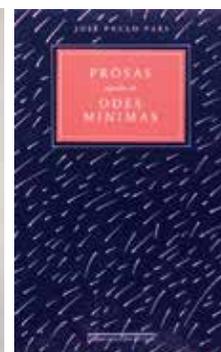
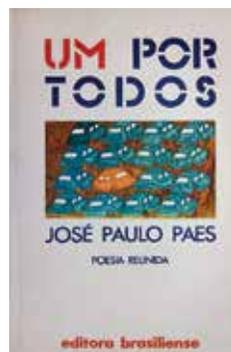
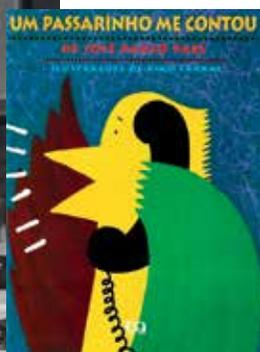
com a imprensa e estreou na literatura com a publicação de *O aluno*. “Naquela altura, Dalton editava a revista *Joaquim*, publicando inéditos de poetas como Drummond e Bandeira. Antes, Curitiba era uma província, havia uma cena literária que ainda vinha do simbolismo do século XIX. O modernismo chega à cidade com a revista do Dalton”, conta Marcelo Sandmann, que investigou a poesia de Paes em sua dissertação de mestrado e hoje é professor de literatura portuguesa da Universidade Federal do Paraná (UFPR). “Paes já conhecia os românticos e os parnasianos, mas foi em contato com os escritores daqui, especialmente com Glauco Flores de Sá Brito [1919-1970], que ele descobriu a poesia modernista brasileira.”

O poeta mudou-se no final da década de 1940 para São Paulo para trabalhar na indústria farmacêutica, onde permaneceu por 11 anos. Na mesma época conheceu a bailarina Dora Costa, com quem se casou e a ela dedicou seu segundo livro, *Cúmplices* (Edição Alanco, 1951). Ao longo da segunda metade do século XX, o autor desenvolve uma poética que apresenta um problema de classificação para os pesquisadores. Pertence cronologicamente à geração de 45, mas como um camaleão atravessa vários períodos da literatura brasileira, sem aderir a nenhum grupo. Com *Novas cartas chilenas* (poema de 1954 publicado dois anos mais tarde na *Revista Brasiliense*) e *Epigramas* (Editora Cultrix, 1958), o “aluno” começa a mostrar a singularidade de sua voz, atingindo a maturidade com *Anatomias* (Editora Cultrix, 1967), livro apresentado pelo concretista Augusto de Campos no qual sua escrita assume caráter experimental, marcado pela concisão e humor.

Em 1984, lançou-se na poesia infantil com a publicação de *É isso ali* (Editora Salamandra), ganhando o reconhecimento do grande público. E, em 1997, um ano antes de sua morte, venceu o prêmio Jabuti por *Um passarinho me contou* (Editora Ática). “Quando se fala em poesia infantil no Brasil do século XX, vêm à mente os



Paes (*de óculos*) em evento (s/d) que contou com a participação do romancista baiano Jorge Amado (*ao microfone*)



nomes de Cecília Meireles [1901-1964], Manoel de Barros [1916-2014] e José Paulo Paes”, observa Bento. “Os poemas infantis dele são muito gostosos: exploram rimas, trocadilhos, paronomásias [palavras com significados diferentes escritas e pronunciadas de forma parecida]. Por isso, acabaram repercutindo mais que a sua obra poética sem restrição etária.”

O temperamento discreto de Paes, que atuou no mercado editorial como editor na paulistana Cultrix entre os anos 1960 e 1980, pode ter contribuído para que sua obra recebesse pouca atenção de estudiosos. Dentre as parcas análises sobre o autor figuram, por exemplo, um prefácio de Alfredo Bosi para a antologia *Um por todos*, publicada em 1986, pela Editora Brasiliense, e outro do crítico literário Davi Arrigucci para a antologia *Os melhores poemas* (Global, 1998).

Essa enxuta fortuna crítica agora é ampliada pelo lançamento de outra coletânea: *Anatomias da meia-palavra: Ensaios sobre a obra de José Paulo Paes* (Editora UFPR, 2022) traz artigos escritos por sete pesquisadores, como Bento e Sandmann, que contemplam as diferentes facetas de sua produção. O volume é organizado por Marcos Pasche, professor de literatura brasileira da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), e Henrique Duarte Neto, doutor em literatura pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Na avaliação de Pasche, o grande legado de Paes para a literatura brasileira contemporânea é a autonomia que marca seu percurso poético. “Paes teve interlocutores importantes, como os concretistas, mas nunca abandonou, por exemplo, o diálogo permanente com a cultura grega antiga, que se consolida com a sua atividade de tradutor.”

Em um dos artigos da coletânea, Susana Scramim, professora de teoria literária da UFSC, escreve que a atividade tradutora não é um aspecto lateral na obra de Paes, mas reverbera também em sua produção autoral. O aprendizado de línguas foi, inclusive, incentivado por Drummond. Na mesma carta de 1947, o poeta mineiro recomendou a leitura de autores estrangeiros no idioma original como antídoto contra a imitação rasteira dos modelos nacionais. Seguindo os conselhos do mestre, Paes se tornou um poliglota autodidata: aprendeu espanhol, francês, inglês, alemão, grego moderno e antigo, dinamarquês, italiano. Verteu para o português autores como William Carlos Williams (1883-1963) e Nikos Kazantzakis (1883-1957) – com a tradução de *Ascese: Os salvadores de Deus* (Editora Ática), escrito pelo grego, venceu o prêmio Jabuti em 1998.

No fim da vida, prevalece na poética de Paes o tom memorialista a que recorre para mergulhar na infância e evocar as lembranças familiares de Taquaritinga no livro *Prosas seguidas de odes mínimas* (Companhia das Letras, 1992). Essa guinada estilística coincide com um fato biográfico trágico: a amputação da perna esquerda em razão de um problema circulatório. Mesmo nos momentos mais graves, porém, a lição do humor, que herdou de Drummond e carregou por toda a vida, impediu que o poeta se entregasse ao sentimentalismo fácil: “Pernas/ para que vos quero?/ Se já não tenho/ por que dançar./ Se já não pretendo/ ir a parte alguma./ Pernas?/ Basta uma”, escreve em “Ode a minha perna esquerda”.

Vinte e cinco anos após a morte de José Paulo Paes, os estudos acadêmicos sobre o autor devem se aprofundar com a incorporação de seu acervo ao IEB-USP, prevista para acontecer até o fim de 2023. “Queremos nos debruçar sobre os ensaios de Paes que ficaram de fora da coletânea e dar continuidade às pesquisas sobre ele”, finaliza Paixão. ■

Capas de alguns livros do autor, que escreveu poesia para crianças e adultos. A obra *Um passarinho me contou* venceu o prêmio Jabuti, em 1997



O engenheiro fez sua carreira no Google, onde trabalhou por 22 anos

O ARQUITETO DA NUVEM

O engenheiro Luiz André Barroso notabilizou-se pelo pioneirismo no planejamento de datacenters

Fernanda Ravagnani

A morte do engenheiro Luiz André Barroso, aos 59 anos, nos Estados Unidos, onde vivia desde os anos 1990, foi noticiada timidamente no Brasil, o que talvez se explique pela natureza invisível do que ele fazia – estar por trás da infraestrutura que permite o funcionamento da internet – e por sua personalidade discreta.

Nascido no Rio de Janeiro, Barroso construiu a carreira no Google, onde ficou por 22 anos, e ganhou a distinção de fellow, reservada a pouquíssimas pessoas na empresa. Seu trabalho mais reconhecido, a inovação no planejamento dos gigantes datacenters, considerados uma espécie de cérebro da internet, teve impacto direto em toda a indústria da informação.

O trabalho está descrito no livro *The datacenter as a computer* (Morgan & Claypool, 2018), de Barroso e Urs Hölzle. “Facebook, Microsoft e Amazon adotaram”, conta o engenheiro Berthier Ribeiro-Neto, professor de ciência da computação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e diretor do Centro de Engenharia do Google em Belo Horizonte.

Para que a internet funcione, da ferramenta de busca até uma chamada de vídeo ou e-mail, é preciso que todos os dados estejam armazenados e processados dentro de máquinas, empilhadas em prateleiras dentro de prédios físicos, instalações gigantescas, maiores que shopping centers, conectadas entre si por cabos que atravessam oceanos e continentes. “A nuvem não é algo

abstrato. Alguém está lá atrás fazendo a coisa acontecer”, explica a engenheira da computação Cíntia Borges Margi, professora da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP).

Barroso foi um personagem central da gênese dessa infraestrutura, denominada *warehouse scale computing* (WSC), que organiza a hierarquia de memórias e o acesso aos dados de forma a obter o melhor resultado. Em 2001, depois de trabalhar em um projeto de chip chamado Piranha para a fabricante norte-americana Compaq, nos Estados Unidos, Barroso decidiu se transferir para o Google e se dedicar à programação. Por volta de 2005, com a ampliação do serviço de busca e do Gmail, a empresa precisou expandir radicalmente seus datacenters e nenhum fornecedor terceirizado tinha escala suficiente para atender às necessidades.

O problema é que o Google era uma empresa de engenheiros de software, e não de hardware. Como tinha histórico de trabalho com hardware, Barroso acabou assumindo o protagonismo. A saída encontrada por ele foi construir datacenters do zero, projetando servidores, computadores de rede, sistemas de armazenamento, o próprio prédio, a estrutura de resfriamento e de distribuição de energia.

“Não importa que todo o trabalho de Barroso tenha sido realizado dentro do Google, e não na academia, porque tudo o que ele fez está publicado, tem método científico, com lastro de pesquisador”, destaca Margi, da Poli.

Formado em engenharia elétrica na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), fez mestrado na mesma universidade. O doutorado em engenharia da computação foi cursado na Universidade do Sul da Califórnia (USC), nos Estados Unidos. Além da paixão pelo trabalho, ele tinha outros interesses, como a música e a fotografia de pássaros e da vida selvagem. Neste ano, havia lançado o álbum *Before bossa*, com arranjos seus para músicas brasileiras e de jazz que inspiraram os criadores da bossa-nova.

Casado com a cantora e compositora norte-americana Catherine Warner, Barroso morreu de causas naturais no dia 16 de setembro. Não deixou filhos. ■

COLECIONAR E ORGANIZAR

A historiadora Ana Maria de Almeida Camargo contribuiu para expandir o leque de documentos catalogados em arquivos

Diego Viana

As paredes do apartamento da historiadora Ana Maria de Almeida Camargo, no bairro paulistano dos Jardins, eram cobertas de livros do chão até o teto, a tal ponto que os vizinhos se incomodaram: queixaram-se de que tanto peso bibliográfico poderia comprometer as fundações do edifício. Contrariada, a professora da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP) reagiu à altura.

“Ela ficou possessa. Dizia: ‘São meus livros que dão lastro a esse prédio’”, relata o historiador José Francisco Guelfi Campos, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que foi orientando de Camargo da iniciação científica ao doutorado, todos pela USP. “Por fim, contratou um engenheiro estrutural para fazer um laudo”, completa Campos. Os livros continuaram em seu lugar. A biblioteca era um dos grandes orgulhos de Camargo, que morreu em São Paulo em 24 de setembro, aos 78 anos, em decorrência de problemas cardíacos.

São numerosas as instituições de memória cujos documentos foram organizados por Camargo ou que recorreram a sua consultoria. Entre os que receberam atenção prolongada constam, por exemplo, o Arquivo Histórico de São Paulo, a Fundação Fernando Henrique Cardoso, o Arquivo Histórico de Moçambique, a Biblioteca Brasileira Guita e José Min-

dlin, da USP, e, recentemente, o arquivo da atriz Cláudia Wonder (1955-2010) no Museu da Diversidade Sexual, na capital paulista.

Na década de 1980, Camargo fez parte do projeto “Brasil: Nunca mais”, que denunciou abusos cometidos pela ditadura militar (1964-1985). Foi também uma das fundadoras da Associação de Arquivistas de São Paulo, conselheira do Conselho Nacional de Arquivos (Conarq) e membro do comitê diretor do Conselho Internacional de Arquivos.

A bibliotecária Johanna Wilhelmina Smit, da Escola de Comunicação e Artes (ECA-USP), ressalta a parceria que Camargo manteve com a historiadora e bibliotecária Heloísa Bellotto (1935-2023) ao longo de quatro décadas (*ver Pesquisa FAPESP nº 326*). Juntas, desenvolveram a partir de 1986 o curso de especialização arquivística do Instituto de Estudos Brasileiros (IEB-USP), que foi um dos principais centros de formação na área em São Paulo. Além disso, Camargo, Bellotto e Smit tiveram a iniciativa de criar o Sistema de Arquivos da USP.

O *Dicionário de terminologia arquivística* (AAB-SP, Secretaria de Estado da Cultura e Departamento de Museus e Arquivos, 1996), escrito por Camargo e Bellotto, tornou-se obra de referência para profissionais do setor em todo o Brasil. “Esse trabalho é um divisor de águas, porque resulta de duas décadas em que elas atuaram juntas, sistematizando o

uso dos conceitos que tornam um arquivo inteligível”, avalia a historiadora Silvana Goulart, que realizou uma série de projetos com Camargo. Em 2014, publicaram *Centros de memória: Uma proposta de definição* (Edições Sesc), e desde o ano passado trabalhavam na criação do Centro de Memória da FAPESP.

A trajetória da historiadora está vinculada à USP desde a graduação, entre 1963 e 1966. Ela foi uma das assistentes da historiadora Emília Viotti da Costa (1928-2017), aposentada compulsoriamente pelo regime militar em 1968. Camargo se viu então subitamente forçada a substituí-la, tornando-se professora da universidade. Em 1970, tornou-se diretora da Hemeroteca Júlio de Mesquita, do Instituto Histórico e Geográfico de São Paulo (IHGSP), que foi a base de sua tese de doutorado, também na USP. Defendido em 1976, o trabalho com quase 2 mil páginas, divididas em 10 volumes, catalogou o acervo do IHGSP.

Camargo dedicou-se ao estudo da imprensa e foi responsável por edições fac-símiles de periódicos do século XIX, como a *Revista Dramática* (Edusp, 2007). “São reproduções extremamente bem cuidadas, que exigiram um enorme trabalho de pesquisa. Ela foi procurar os números que faltavam, para obter a série completa, com a melhor qualidade possível de reprodução”, relata Campos.

A historiadora era separada e não deixa filhos. ■



Camargo em 2018, durante seminário no Instituto de Estudos Avançados da USP



MEMÓRIA

MISSÃO CUMPRIDA

Veteranos de projeto que desenvolveu tecnologia nacional para a produção de nióbio metálico tentam resgatá-lo do esquecimento

Ricardo Balthazar

Quando o engenheiro e físico baiano José Walter Bautista Vidal (1934-2013) saiu em busca de gente capaz de executar um ambicioso programa de desenvolvimento tecnológico concebido pelo governo brasileiro em 1978, o engenheiro Daltro Garcia Pinatti (1940-2021) pareceu a pessoa certa para a missão. Ele era professor do Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e se dedicava desde 1973 a pesquisas sobre nióbio, um metal maleável, brilhante e versátil.

Entre 1978 e 1991, o engenheiro liderou o Projeto Nióbio, cujo objetivo era desenvolver tecnologia nacional para a produção de nióbio metálico. A empreitada consumiu milhões de dólares do governo federal e de empresas privadas, e mobilizou mais de uma centena de pesquisadores e técnicos num galpão na zona industrial de Lorena, no interior de São Paulo. Pouco conhecido até entre especialistas, o projeto faz parte das ori-

gens da Escola de Engenharia de Lorena (EEL), que hoje é uma das unidades da Universidade de São Paulo (USP) e comemorou em agosto os 45 anos do início da aventura.

O trabalho contribuiu para que a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), empresa que controla os maiores depósitos de nióbio do mundo em Araxá (MG), dominasse a tecnologia de produção do nióbio metálico, usado na fabricação de fios supercondutores para tomógrafos, aparelhos de ressonância magnética e outras aplicações. “Nossa missão era desenvolver uma planta-piloto e transferir a tecnologia para a indústria”, diz a física Rosa Ana Conte, que foi aluna de Pinatti na graduação e na pós-graduação na Unicamp, participou do Projeto Nióbio desde o começo e hoje leciona em Lorena. “Fizemos a nossa parte.”

Formado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da USP em 1964, Pinatti fez o mestrado e o doutorado na Universidade Rice, no Texas, nos Estados Unidos, no fim da década de 1960. O aprendizado foi decisivo para o êxito do Projeto Nióbio. Em Rice, ele tinha um forno de fusão por feixe de elétrons, à disposição para pesquisar as propriedades do molibdênio e ligas para aplicações em altas temperaturas.

O equipamento era utilizado para refinar o metal e obter amostras com elevado grau de pureza, o que aumentava a resistência do material e sua utilidade para aplicações especiais como, por exemplo, o escudo de proteção térmica da cápsula desenvolvida pelo programa espacial norte-americano para a primeira viagem tripulada à Lua. No Brasil, Pinatti conseguiu que a Unicamp comprasse um forno semelhante para seu laboratório no Instituto de Física, importado da fabricante alemã Leybold-Heraeus, para pesquisas com metais especiais.

O equipamento chegou em 1974 e Pinatti o usou para desenvolver um novo processo de refino do nióbio, aplicando o conhecimento adquirido nos experimentos com o molibdênio. Até então, a rota tradicional para a produção de ma-

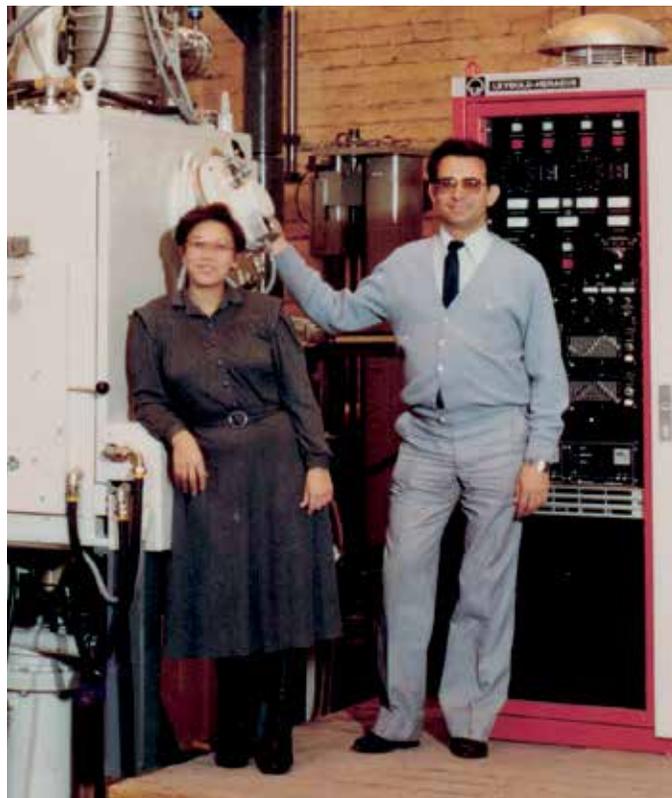
teriais como o nióbio metálico envolvia processos químicos muito dispendiosos. Com o forno alemão, Pinatti conseguiu substituí-los por um processo físico, em que as altas temperaturas geradas pelos feixes de elétrons no interior da máquina produzissem efeito semelhante, só que a um custo muito menor.

DESPERDÍCIO DA RIQUEZA

O pesquisador levou alguns anos para desenvolver a técnica e alcançar os primeiros resultados no laboratório da Unicamp, mas não demorou para que seu caminho cruzasse com o de Bautista Vidal. Chefe da Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e do Comércio no governo do general Ernesto Geisel (1974-1978), o físico baiano coordenava iniciativas para reduzir a dependência do Brasil de petróleo importado, adquirir tecnologias que o país não dominava e buscar autonomia em áreas consideradas estratégicas.

Quando o assunto era o nióbio, Pinatti e Bautista Vidal compartilhavam o diagnóstico de que o Brasil aproveitava mal suas enormes reservas, limitando-se a exportar minério bruto extraído da terra em vez de produtos que agregassem valor ao metal e criassem nichos de mercado. “Basicamente, nós exportávamos terra com nióbio, e isso não fazia sentido”, explica o físico Antonio Fernando Sartori, outro ex-aluno que trabalhou com Pinatti na Unicamp e em Lorena e continuou dando aulas na EEL após o fim do projeto. “Era um desperdício da riqueza que possuímos.”

A equipe de Pinatti na Unicamp conseguiu produzir várias amostras na forma de pequenos lingotes, cilindros maciços com 25 centímetros (cm) de comprimento, 5 cm de diâmetro e 4,2 quilos (kg) de peso. Em 1978, Bautista Vidal levou o material à Alemanha para submetê-lo a testes de qualidade. As análises comprovaram que as amostras produzidas



Rosa Conte e Pinatti com um forno de fusão por feixe de elétrons, em 1980, durante visita à empresa Leybold-Heraeus, em Hanau, na Alemanha



Após 45 anos, alguns dos pesquisadores e técnicos que participaram do Projeto Nióbio: Sebastião Ribeiro, Rodolfo José Lopes, Rosa Conte, Carlos Roberto Dainesi e Antonio Sartori (da esquerda para a direita)

O grupo Peixoto de Castro, que fabrica tubos de aço em Lorena e tem negócios na indústria química, doou o terreno e forneceu estruturas metálicas para sustentar as instalações do Projeto Nióbio. A Companhia Siderúrgica Nacional e a Companhia Ferro e Aço de Vitória, que eram estatais na época, doaram parte do aço usado na construção. A obra só acabou um ano após a chegada do novo forno, construído pela Leybold-Heraeus de acordo com instruções de Pinatti. O equipamento custou cerca de US\$ 1 milhão, o equivalente a US\$ 3,5 milhões em dinheiro de hoje, segundo o engenheiro Carlos Alberto Baldan, que dirigiu a FTI e trabalhou com Pinatti do início do projeto até 2018.

pelos cientistas brasileiros tinham elevada pureza e convenceram os alemães a firmar um acordo de cooperação com a secretaria de Vidal para desenvolver a tecnologia em escala-piloto.

Pinatti ia precisar de um forno maior, um local adequado para sua instalação e dinheiro para financiar obras e contratar pesquisadores e técnicos. A solução encontrada foi abrigar o projeto sob o guarda-chuva de uma fundação privada, que poderia receber recursos públicos e de empresas e teria a flexibilidade necessária para viabilizar o empreendimento, sem as amarras da burocracia federal. Para agilizar o processo, o Ministério da Indústria e do Comércio assumiu o controle de uma fundação municipal que geria a Faculdade de Engenharia

Química de Lorena, que enfrentava dificuldades financeiras, e rebatizou-a de Fundação de Tecnologia Industrial (FTI), em 1978.

Bautista Vidal usou arranjo semelhante para outros projetos. O que recebeu maior volume de recursos foi o Proálcool, que incentivou a produção de álcool combustível e o desenvolvimento de novos motores para automóveis. “Tecnologia é poder”, disse o físico baiano em 1996, em depoimento a pesquisadores do Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (CPDOC), da Fundação Getulio Vargas (FGV). “Quando assumi, ocupava duas salas próximas ao gabinete do ministro. Quando saí, [a secretaria] estava instalada em um prédio de 12 andares.”

Os dois canhões de elétrons do forno tinham potência de 300 quilowatts, consumindo energia equivalente à que seria necessária para manter 100 chuveiros elétricos ligados simultaneamente. Uma bomba de vácuo com capacidade para extrair do interior do forno 18 mil litros de ar por segundo garantia o ambiente adequado para a purificação do metal. Uma torre de refrigeração foi construída ao lado do galpão para garantir volume de água suficiente para resfriar



Forno de fusão e refino por feixe de elétrons utilizado nos anos 1980 e 1990, em Lorena

o material produzido pela máquina. O equipamento fabricava lingotes maiores, com 1,2 metro (m) de comprimento, até 13 cm de diâmetro e peso de 136 kg, e tinha capacidade para refinar 20 toneladas de metal por ano.

A CBMM foi o maior cliente do projeto de Lorena. Fundada pela família Moreira Salles em 1955, a companhia investiu pelo menos US\$ 3,5 milhões nos projetos desenvolvidos com a FTI na década de 1980, de acordo com um relatório da empresa preservado pelo Arquivo Nacional, ou quase US\$ 10 milhões em valores atualizados. Seus contratos previam, além dos serviços de refino do nióbio, treinamento para funcionários da companhia e assistência técnica por cinco anos depois que a CBMM adquirisse seu próprio forno. Em troca, a fundação receberia 1% do faturamento dos lingotes produzidos em escala industrial.

Os recursos federais que financiaram o Projeto Nióbio se esgotaram com a cri-

se econômica em que o país afundou na década de 1980, e o arranjo institucional precário que sustentava a FTI começou a chamar a atenção do Tribunal de Contas da União com o fim do regime militar, em 1985. O fluxo de verbas foi interrompido em 1990, a fundação municipal foi extinta e o governo do estado de São Paulo acabou absorvendo a escola de engenharia no ano seguinte, abrindo caminho para sua incorporação à USP. “Ficamos cinco meses sem salários, no limbo, até que se encontrasse uma solução”, lembra a física Conte.

O último contrato da CBMM com os pesquisadores de Lorena expirou em 1995, sem que houvesse renovação. O forno de Pinatti continuou funcionando por algum tempo após o fim do Projeto Nióbio, atendendo encomendas de indústrias e institutos de pesquisa até ser desativado no início dos anos 2000. O equipamento continua montado em seu galpão, mas não há como colocá-lo

em operação sem trocar o sistema eletrônico de controle e religar linhas de alta tensão. “Ele ficou ultrapassado”, diz Rodolfo José Lopes, técnico da escola que trabalhou na manutenção do forno desde sua chegada.

Boa parte da documentação do projeto se perdeu com os solavancos sofridos pelos pesquisadores de Lorena. O Departamento de Engenharia de Materiais da escola guarda papéis e fotografias antigas, mas até hoje não conseguiu organizar o material adequadamente. No ano passado, quando a USP abriu um processo para a seleção de projetos de preservação de acervos históricos das suas unidades, os veteranos do Projeto Nióbio pediram recursos para resgatar a história do empreendimento e criar um memorial no galpão de Lorena, mas o pedido não foi aprovado.

A CBMM seguiu com seu próprio projeto e, no ano passado, faturou R\$ 11 bilhões e obteve lucros de R\$ 4,5 bilhões. A maior parte das suas receitas vem das exportações de ferro-nióbio, liga usada pelas siderúrgicas para fabricar aços mais resistentes. Sua planta industrial tem capacidade para produzir 270 toneladas de nióbio metálico por ano, mas as vendas de produtos especiais como esse representam menos de um décimo do faturamento total. Os Moreira Salles, que também são acionistas do Itaú Unibanco, continuam no comando do negócio, e agora têm empresas japonesas, coreanas e chinesas como sócias. Elas estão organizadas em dois consórcios, cada um com 15% das ações.

A companhia prevê investir neste ano R\$ 300 milhões em pesquisa e desenvolvimento, o equivalente a 3% do seu faturamento. Há mais de duas centenas de projetos em andamento, a maioria em parceria com institutos e universidades no Brasil e no exterior. O objetivo principal hoje é usar o nióbio para desenvolver baterias de lítio mais eficientes para carros elétricos. Não há nenhum projeto com a EEL-USP em andamento. No site da CBMM, não existe menção à contribuição que os pesquisadores de Lorena deram à companhia no passado. ■

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



Em 2009, o Departamento de Engenharia de Materiais da EEL homenageou Pinatti



Galpão que abriga maquinário e equipamentos utilizados na produção do nióbio metálico



ITINERÁRIOS DE PESQUISA

BIÓGRAFA DE DOCUMENTOS

Mais que uma documentalista, Elisabete Marin Ribas é guardiã do legado de intelectuais brasileiros

Não me esqueço da primeira vez em que pisei no Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo (IEB-USP) em abril de 2005. Como na citação do filósofo francês Jules Michelet [1798-1874], quando entrei nas “catacumbas manuscritas”, percebi que ali havia um murmúrio de algo que não pertencia à morte. A partir daí, fui tomada pelos arquivos de uma maneira que não consegui reverter. Troquei minha cidade natal por São Paulo, a sala de aula do ensino infantil e uma carreira modesta no magistério, mas bem-sucedida, pelo amor aos documentos e à pesquisa.

Nasci em Jundiaí, em 1981. Meu pai, a primeira geração de sua família a fazer curso superior, formou-se pela Faculdade de Tecnologia em São Paulo. Minha mãe, dona de uma habilidade artística impressionante, trabalhou por mais de 30 anos vendendo bananas em feiras livres de Jundiaí. Nunca tivemos oportunidade de viajar para o exterior,

mas eu e minha irmã caçula sempre tivemos livros e fizemos muitos sacrifícios pelos estudos. Ela se formou em direito e foi a primeira a obter o título de doutorado em nossa família.

Assim que terminei o ensino fundamental, na segunda metade da década de 1990, vi no magistério uma possibilidade profissional e também uma forma de superar a timidez. Em 2001 entrei no curso de letras da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo [FFLCH-USP], na capital paulista. Como continuei morando em Jundiaí, ia e voltava de São Paulo diariamente, com um grupo de estudantes de outros cursos da USP.

Paralelamente ao meu ingresso na faculdade, fui convidada para trabalhar como assistente dos professores do ensino fundamental no colégio particular católico onde estudei em Jundiaí. Como na graduação optei por me especializar em espanhol, algum tempo depois comecei a dar aulas desse idioma para os semi-

naristas na escola onde trabalhava, além de inglês para as crianças da educação infantil. Um burburinho interno sobre minha formação não ser em inglês me fez colocar o cargo à disposição. O que parecia um problema, porém, se traduziu em oportunidade. A direção do colégio não quis me dispensar, mas reduziu minha carga horária: passei a trabalhar em Jundiaí por quatro dias e ter as sextas-feiras inteiras na USP.

Isso possibilitou que eu participasse mais das atividades universitárias. Em tese, minha graduação duraria quatro anos, mas ela se estendeu por sete anos. No curso de letras me deparei com disciplinas incríveis, como tupi, literatura infantil e cultura judaica, e frequentei várias delas. Ao longo desse tempo, obtive bacharelado e licenciatura em português e espanhol. Simultaneamente, trabalhava em escolas de Jundiaí.

Em 2001, no meu primeiro ano da graduação, entrei para um grupo de estudos na FFLCH sobre o escritor pernambu-

Bete, como é mais conhecida, no arquivo do IEB-USP. À direita, ela mostra a visitantes coleção de cartões-postais de Aracy de Carvalho, cujo acervo está depositado na instituição



cano Osman Lins [1924-1978], coordenado pela professora Sandra Margarida Nitrini. Quatro anos mais tarde, ela me convidou para integrar a equipe que iria organizar o acervo de Lins, depositado no IEB. Na sequência, em 2006, fui chamada pela professora Marta Rossetti Batista [1940-2007], do IEB, para ajudar a fazer o mesmo no arquivo da artista modernista Anita Malfatti [1889-1964], que também está na instituição.

Ciente de minha paixão pela área, a professora Flávia Camargo Toni me ofereceu uma bolsa no curso Organização de Arquivos do IEB, o que aceitei de pronto. De 2007 a 2008 tive aulas com o triunvirato da arquivologia paulista, as professoras da USP Heloísa Bellotto [1935-2023], Ana Maria de Almeida Camargo [1945-2023] e Johanna Smit. Elas balizaram nossa escola de documentação em São Paulo.

Fui percebendo que aquela atividade tinha tudo a ver comigo, porque a arquivologia é uma área tão interdisciplinar quanto eu. Além disso, no caso do IEB, poderia aliar duas coisas que adoro: artes e literatura. Assim, entre 2005 e 2008, eu me dividi entre esses trabalhos temporários no IEB e meus dois empregos fixos como professora em Jundiaí. Mas o amor pelos documentos e pela pesquisa falou mais alto e resolvi arriscar: pedi demissão dos trabalhos na minha cidade natal e mudei em definitivo para São Paulo em 2008.

Para minha sorte, enquanto me equilibrava entre frilas, foi aberto um edital para o IEB e fui aprovada no concurso em 2009. Poucos meses depois, diante de reestruturações internas, tive minha

prova de fogo ao assumir a coordenação do arquivo. Nesse momento, fazia minha pesquisa de mestrado em teoria literária e literatura comparada na FFLCH-USP sobre o Osman Lins. Assumi, então, uma grande missão: transferir o arquivo do IEB da antiga sede para o complexo Brasileira, ambos na USP. O processo durou cerca de cinco anos e entre 2010 e 2015 foram transportados por volta de 500 mil documentos em 5 mil caixas.

Muitos dos acervos em que tive a oportunidade de trabalhar me marcaram muito. Depois de Osman Lins e Anita Malfatti, comeci a organizar com o professor Alexandre de Freitas Barbosa o arquivo do historiador Caio Prado Junior [1907-1990]. Nessa lida com os arquivos, descobri, por exemplo, outras facetas do escritor Mário de Andrade [1893-1945], que também foi gestor público e na década de 1930 dirigiu o Departamento de Cultura da cidade de São Paulo, o equivalente a uma secretaria municipal. Outro momento memorável foi quando fui incumbida, pela primeira vez, de retirar um arquivo pessoal de uma residência. No caso, tratava-se da coleção de itens do geógrafo Milton Santos [1926-2001].

Em 2020 passei a desenvolver minha pesquisa de doutorado no Departamento de Ciência da Informação da Unesp [Universidade Estadual Paulista]. Estou investigando as políticas de incorporação e gestão de arquivos pessoais de casais de intelectuais. A ideia surgiu quando fui retirar para o IEB os documentos da designer Emilie Chamie [1927-2000]

e do poeta Mário Chamie [1933-2011], e tive dificuldades em saber onde terminava um acervo e começava o outro. Em seguida, o instituto recebeu os acervos do crítico literário Antonio Candido [1918-2017] e da ensaísta Gilda de Mello e Souza [1919-2005] e me deparei com a mesma questão. Voltei o olhar para outros acervos do gênero, como os de Osman Lins e de sua segunda esposa, a escritora e publicitária Julieta de Godoy Ladeira [1927-1997], e ainda as coleções da funcionária pública Aracy de Carvalho [1908-2011] e do escritor e diplomata Guimarães Rosa [1908-1967]. Notei que essa interseção entre dois conjuntos documentais representava um problema prático que desafiava a teoria arquivística e assim nasceu a pesquisa. Devo defender minha tese no início do ano que vem.

Nos últimos anos, troquei a coordenação do arquivo pelo atendimento à pesquisa, onde fui muito feliz e pude contribuir com uma série de estudos. Hoje, estou em outra função, na qual sou responsável pelo processamento de documentos e gestão de projetos. Para mim, independentemente da posição, é uma grande honra ser uma das guardiãs da memória nacional depositada no IEB.

DEPOIMENTO CONCEDIDO A NEIDE OLIVEIRA

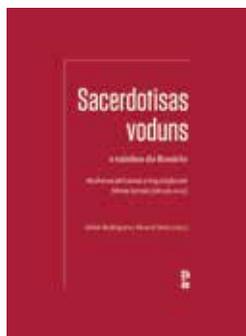
SAIBA MAIS

Instituto de Estudos
Brasileiros da USP



Inquisição perseguiu africanas em Minas

Lisa Earl Castillo



Sacerdotisas voduns e rainhas do Rosário: Mulheres africanas e Inquisição em Minas Gerais (século XVIII)
Aldair Rodrigues e Moacir Maia (orgs.)
Chão Editora
192 páginas
R\$ 59,00

A reconstrução histórica das religiões afro-brasileiras é uma tarefa delicada, exigindo conhecimento etnográfico além de histórico. As práticas religiosas eram variadas, com algumas específicas de determinadas regiões africanas e outras compartilhadas. Outro empecilho é que as fontes relevantes (processos inquisitoriais no período colonial e documentação policial no Império) eram produzidas por atores engajados na perseguição da religiosidade afro-brasileira. Cabe ao pesquisador, portanto, diferenciar entre as informações confiáveis e aquelas que surgem dos preconceitos de quem redigiu o documento.

O livro organizado por Aldair Rodrigues e Moacir Maia navega nesse terreno complexo, no contexto de Minas Gerais em meados do século XVIII, onde a chamada “nação mina” então constituía uma maioria expressiva da população cativa e forra. Artefato do comércio negreiro, o termo “mina” se referia a cativos que embarcaram nos portos da Costa da Mina, região que abrigava uma abundância de diferentes povos, entre eles os “courás” (corruptela de hulas), que faziam parte do grupo linguístico gbe.

A espinha dorsal do livro são transcrições de cinco processos inquisitoriais do acervo do Arquivo Nacional da Torre do Tombo, em Portugal, cujos réus eram quase todos courás. Uma apresentação e um posfácio, escritos pelos organizadores, buscam contextualizar a documentação e comentar questões historiográficas e etnográficas relevantes. Essa combinação, de transcrições de fontes primárias e análise historiográfica, tem a vantagem de disponibilizar o conteúdo integral de documentos de difícil acesso e ao mesmo tempo apontar problemas analíticos necessários para a compreensão.

Um processo particularmente rico teve lugar no arraial de Paracatu em 1747, alvejando rituais protagonizados por mulheres courás ao “deus” da sua terra. A maioria das testemunhas era de mulheres da nação mina, o que ressalta o papel de queixas inquisitoriais na expressão de fricções internas na população africana. Outro aspecto fascinante, já comentado pelo antropólogo Luiz Mott, são as evidências de coexistência entre os imaginários católicos e africanos. Segundo as participantes, o culto à divindade teria sido

instalado no local com a permissão expressa de Nossa Senhora do Rosário e de Santo Antônio.

No processo de Paracatu e em outro incluído no livro que teve lugar em 1759 na comarca de Sabará, freguesia de Rio das Pedras, a prisão dos réus foi efetuada por capitães do mato. Essa atuação, ligada ao trabalho repressor dos atores do Santo Ofício, foi baseada numa instrução de 1739, que chamava os capitães do mato a impedir os “folguedos e danças que costumam fazer os negros em ajuntamentos que resultam em discórdias, impudências e ofensas a Deus” (p. 95).

Em Rio das Pedras, os réus foram dois cativos: a courá Teresa Rodrigues e o mina Manoel, acusados de confeccionar “feitiços” num processo auxiliado por “paus pintados”. Contudo, na lógica religiosa dos gbe falantes, tratava-se de preparações para curar aflições físicas ou espirituais, cuja eficácia era potencializada por forças divinas materializadas nos “paus pintados”.

A mesma dupla foi citada em outros documentos incluídos no livro. Em 1760, na freguesia de Itabira – a dezenas de quilômetros de Rio das Pedras –, quando foram registradas delações contra outra mulher courá, Teresa e Manoel constaram numa lista de feiticeiros afamados. No processo de Paracatu – muito mais longe –, Teresa foi acusada de participar dos rituais ao deus courá. Evidentemente, apesar de serem cativos, Teresa e Manoel tinham bastante mobilidade na região.

Os processos reunidos no livro contêm uma riqueza de informações sobre africanos na região mineira setecentista, apontando a vulnerabilidade da mulher em denúncias de feitiçaria. Já que alguns personagens são citados em casos oriundos de diversas freguesias, teria sido útil incluir um mapa da geografia local. No caso do processo de Paracatu, já parcialmente transcrito por Luiz Mott, teria sido desejável também incluir notas comparando eventuais diferenças entre a sua versão e a dos autores. Contudo, esses detalhes não tiram o grande valor dessa contribuição à historiografia da religiosidade dos gbe falantes no Brasil, para estudiosos do assunto e como material didático em vários níveis de ensino superior.

Lisa Earl Castillo é doutora em letras pela Universidade Federal da Bahia e autora do livro *Entre a oralidade e a escrita: A etnografia nos candomblés da Bahia* (Edufba, 2008).

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Ronaldo Aloise Pilli

CONSELHO SUPERIOR

Carmino Antonio de Souza, Helena Bonciani Nader, Herman Jacobus Cornelis Voorwald, Ignácio Maria Poveda Velasco, Liedi Legi Bariani Bernucci, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Thelma Krug

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO**DIRETOR-PRESIDENTE**

Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO

Marcio de Castro

DIRETOR ADMINISTRATIVO

Fernando Menezes de Almeida

Pesquisa

ISSN 1519-8774

FAPESP

COMITÊ CIENTÍFICO

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

COORDENADOR CIENTÍFICO

Luiz Nunes de Oliveira

DIRETORA DE REDAÇÃO

Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE

Neldson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (Política & T), Carlos Fioravanti, Marcos Pivetta, Maria Guimarães e Ricardo Zorzetto (Ciência), Ana Paula Orlandi (Humanidades), Yuri Vasconcelos (Tecnologia)**REPÓRTER** Christina Queiroz**ARTE** Claudia Warrak (Editora),

Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecília Felli (Designers), Alexandre Afonso (Editor de infografia), Felipe Braz (Designer digital), Amanda Negri (Coordenadora de produção)

FOTÓGRAFO Léo Ramos Chaves**BANCO DE IMAGENS** Valter Rodrigues**SITE** Yuri Vasconcelos (Coordenador), Jayne Oliveira (Coordenadora de produção), Kézia Stringhini (Redatora on-line)**MÍDIAS DIGITAIS** Maria Guimarães (Coordenadora), Renata Oliveira do Prado (Editora de mídias sociais), Vitória do Couto (Designer digital)**VÍDEOS** Christina Queiroz (Coordenadora)**RÁDIO** Fabrício Marques (Coordenador) e Sarah Caravieri (Produção)**REVISÃO** Alexandre Oliveira e Margô Negro**REVISÃO TÉCNICA** Ana Maria Fonseca de Almeida, Claudia Mendes de Oliveira, Claudia Plens, Celio Haddad, Deisy de Souza, Francisco Laurindo, Gláucia Souza, Jean Ometto, José França Arruda, Rafael Oliveira, Ricardo Hirata**COLABORADORES** Ana Carolina Fernandes, Diego Viana, Felipe Floresti, Fernanda Ravagnani, Guilherme Eler, Joana Santa Cruz, Juliana Vaz, Letícia Naísa, Lisa Earl Castillo, Livia Serri Francoio, Maurício Oliveira, Maurício Pierro, Renata Fontanetto, Ricardo Balthazar, Sandra Hollanda, Sarah Schmidt, Sinésio Pires Ferreira, Sirlene Rodrigues, Soraia Vilela**MARKETING E PUBLICIDADE** Paula Iliadis**CIRCULAÇÃO** Aparecida Fernandes (Coordenadora de Assinaturas)**OPERAÇÕES** Andressa Matias**SECRETARIA DA REDAÇÃO** Ingrid Teodoro**É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DE TEXTOS,****FOTOS, ILUSTRAÇÕES E INFOGRÁFICOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO****TIRAGEM** 28.350 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**

Crise na licenciatura

Fiz bacharelado em letras português/inglês na UFRJ e agora faço licenciatura. A reportagem “Precisa-se de professores” é real. Cada vez menos os alunos estão querendo seguir a carreira da docência ou, se querem seguir, almejam o ensino superior. Em grupos de professores vejo que muitos estão dando aula particular ou simplesmente mudando de área.

Marcella Matos

Licenciatura: caminho para um plano de carreira ruim e por muitas vezes instável (sem concursos), remuneração incompatível, sobrecarga de trabalho, múltiplos riscos de adoecimento. Essas credenciais não são muito convidativas.

Paulo Guerra

Correlato ao problema do apagão na licenciatura, poderíamos falar no apagão das comunidades escolares, que já não existem. Nas privadas, falamos de uma escola que não educa, mas serve de networking para pais e “experiência” aos alunos (*maker, high school, NBA*). Na pública, poderíamos falar de um lugar por onde todos os problemas da sociedade passam, mas ninguém quer ver.

Rafael Antunes Padilha

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

ChatGPT

As pessoas vão na faculdade para aprender. Uma coisa é usar o ChatGPT para estudar, outra é a ferramenta fazer o trabalho para o aluno (“China propõe revogar diploma de estudante que fizer trabalhos usando ferramentas como o ChatGPT”, disponível no site da revista).

Lays Emanuely

Vídeos

Acompanho *Pesquisa FAPESP* por meio de dois canais: Instagram e site. A reportagem sobre doenças negligenciadas (edição 327) e o vídeo sobre doenças tropicais negligenciadas (DTN) me deixaram extasiado e desafiado a trabalhar cada vez mais em prol dessa causa tão cara à sociedade. No meu doutorado na UFC tenho me dedicado ao estudo de novos tratamentos para DTN, com foco na química inorgânica atrelada à nanomedicina.

Antonio Caian de Sousa Silva

O material apresentado no vídeo “O que é o DNA?” é excelente, com uma linguagem que torna os tais conceitos de genética e genômica básica acessíveis a todos.

Pedro Galante

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

CONTATOS

revistaspesquisa.fapesp.brredacao@fapesp.br

PesquisaFapesp

PesquisaFapesp

pesquisa_fapesp

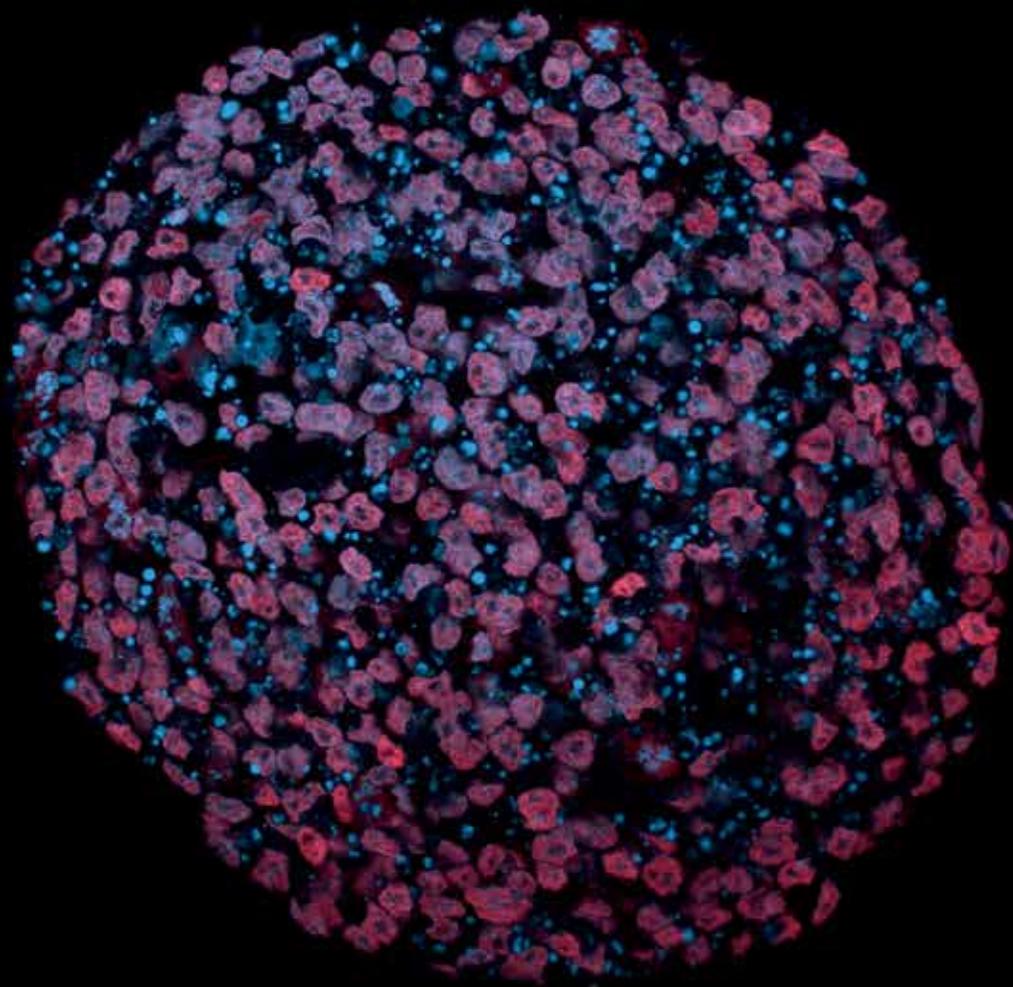
@pesquisa_fapesp

PesquisaFAPESP

pesquisaapesp

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.



Esfera versátil

Suspensas em líquido, células cultivadas formam esses conjuntos conhecidos tecnicamente como esferóides. Com corante que marca a capacidade de dar origem a uma variedade de tipos celulares – ou pluripotência –, é possível reconhecer, em rosa, as células-tronco, com núcleos em azul. O trabalho da bióloga Sirlene Rodrigues envolve transformar essas células em cardíacas, para o desenvolvimento de protocolos de terapia celular para o coração.

Imagem enviada por Sirlene Rodrigues, pesquisadora do Laboratório de Biotecnologia Industrial do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

8ª CONFERÊNCIA



Foto: Ricardo Paulino

Raízes que emergem: entrelaçamentos entre arte e ciência

24 de novembro de 2023 | das 10h às 11h30

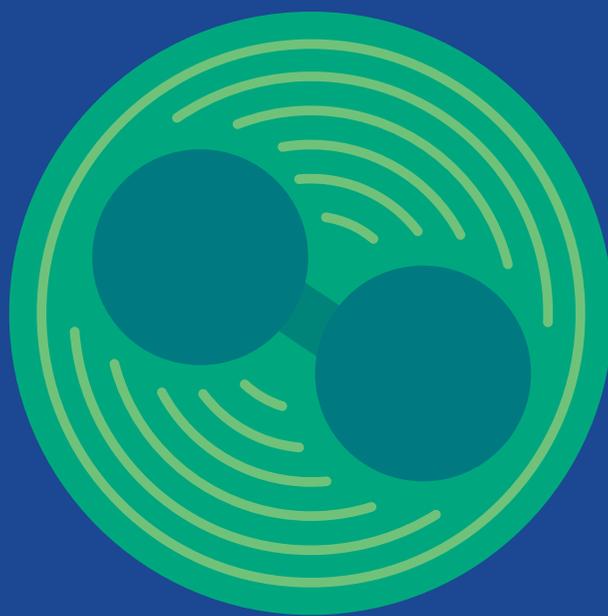
Rosana Paulino

Artista Visual, participante da atual Bienal Internacional de Arte de São Paulo. É membro do Conselho do Museu de Arte Contemporânea (MAC-USP). Doutora em Artes Visuais pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA-USP), é especialista em gravura pelo London Print Studio, de Londres, e bacharel em Gravura pela ECA-USP.

Em 2014 foi agraciada com a bolsa para residência no Bellagio Center, da Fundação Rockefeller, na Itália. Em 2022 recebeu o Prêmio Konex Mercosur de Artes Visuais.

MODERAÇÃO

Esther Império Hamburger
Universidade de São Paulo (USP)



À VENDA EM BANCAS
DE TODO O PAÍS