

Pesquisa

FAPESP ▲

MARÇO DE 2023 | ANO 24, N. 325

O SALTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

ChatGPT e softwares semelhantes prometem transformar a interação entre seres humanos e computadores, com muitas implicações éticas

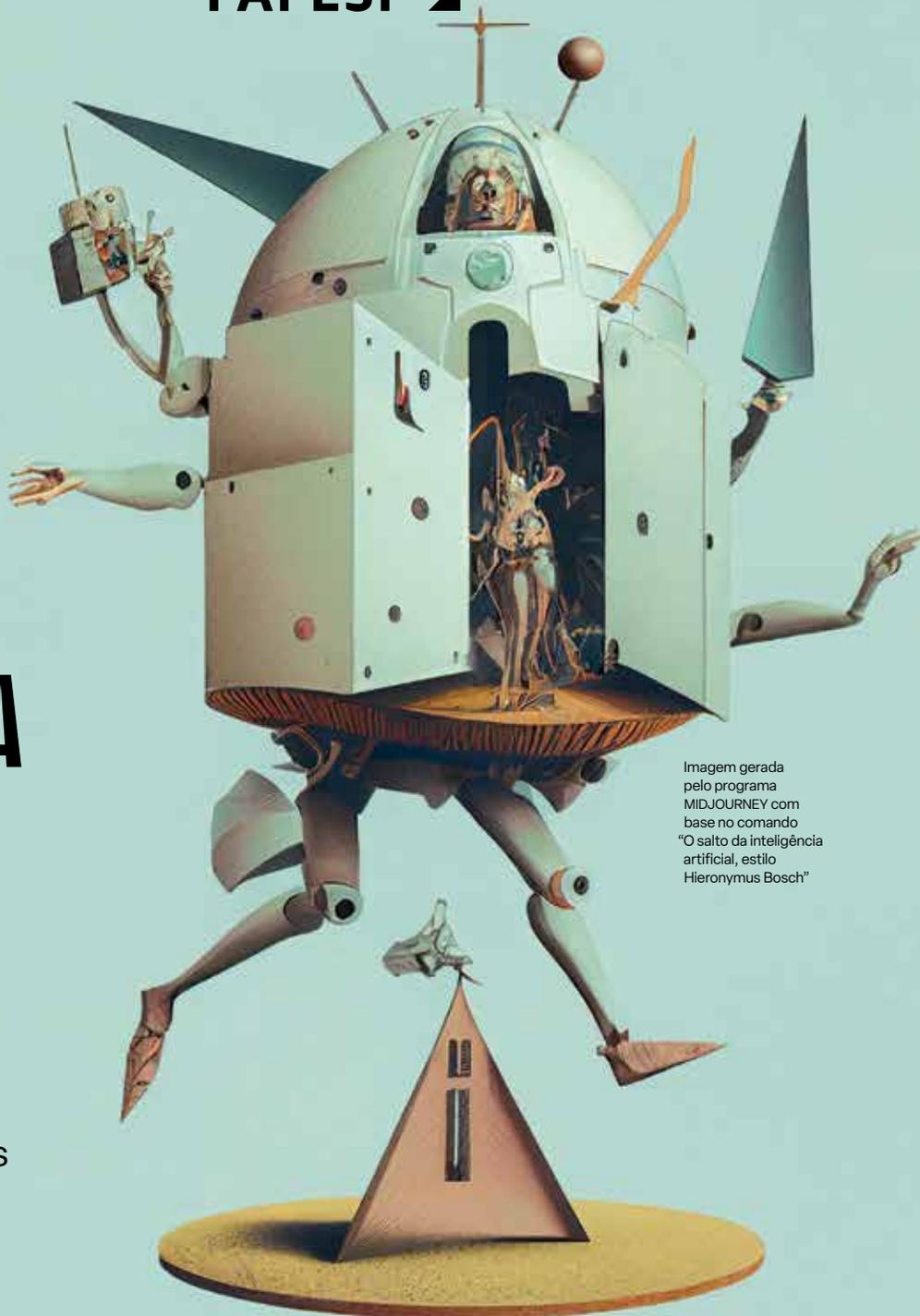


Imagem gerada pelo programa MIDJOURNEY com base no comando "O salto da inteligência artificial, estilo Hieronymus Bosch"

Brasileiros e franceses identificam uma nova possível causa da depressão

Presença de mulheres em cargos de direção no serviço público não chega a 20%

Análise de milhões de artigos e patentes sugere que a ciência está ficando menos disruptiva

Ambulâncias do Samu alcançam 85% da população, mas atendimento é desigual

Empresa desenvolve mariposa transgênica para combater a principal praga do milho

Estudos associam alimentos ultraprocessados a 10% das mortes precoces no Brasil



PARA TODOS OS DESAFIOS, O CONHECIMENTO ABRE PORTAS.

O Prêmio CBMM de Ciência e Tecnologia chega à sua 5ª edição reconhecendo o legado de quem transforma o futuro. Uma iniciativa da CBMM, líder mundial na tecnologia do Nióbio, para reconhecer pesquisadores e profissionais que trazem benefícios reais para a sociedade com seus trabalhos nas áreas de Ciência e Tecnologia.

Inscreva-se até 14/4/2023 e acompanhe as etapas da premiação em premiocbmm.com.br.



5 CARTA DA EDITORA

6 BOAS PRÁTICAS

Revistas têm reação modesta a denúncias de erros e fraudes em *papers*, mostra pesquisa

9 DADOS

Aumenta a participação feminina nas solicitações de bolsas e auxílios

10 NOTAS

CAPA

16 ChatGPT inaugura uma nova era na interação entre seres humanos e computadores

23 Sistema recorre à inteligência artificial para detectar imagens adulteradas em artigos

ENTREVISTA

26 O físico Cid de Araújo elucida fenômenos que permitem o aprimoramento de fibras ópticas e novos materiais

PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO

32 Pesquisa com milhões de *papers* e patentes sugere que a ciência está menos disruptiva

ENTREVISTA

36 Luciana Santos, titular do MCTI, propõe novos arranjos para financiar a ciência

BIOCOMBUSTÍVEL

38 Aplicação de compostos naturais pode aumentar produção de etanol de bagaço de cana

ENERGIA RENOVÁVEL

42 Boia para medir ventos oceânicos é criada por pesquisadores brasileiros

ECOLOGIA

44 Eventos geológicos contribuíram para megadiversidade de peixes na América do Sul

ARQUEOLOGIA

48 Pintura no interior do Paraná seria primeiro registro de araucária em arte rupestre

NEUROCIÊNCIA

50 Falha na reciclagem de componentes dos neurônios provoca sinais de depressão em roedores

EPIDEMIOLOGIA

52 Um quarto dos infectados por Mpox em Sergipe tem menos de 18 anos

NUTRIÇÃO

56 Alimentos ultraprocessados estariam associados a 10% das mortes precoces no Brasil

Neurônio de roedor idoso (*pintado de amarelo, à dir.*) e do animal jovem e saudável (*azul*): estudos sobre depressão (NEUROCIÊNCIA, P. 50)

MARÇO 2023



ASTROFÍSICA

60 Objeto celeste situado depois de Netuno é orbitado por anel “fora do lugar”

BIOTECNOLOGIA

62 Brasil é o primeiro país a testar inseto transgênico contra praga do milho

66 *Aedes aegypti* geneticamente modificado já é vendido no Brasil

EMPREENDEDORISMO

68 Embrapa faz mapeamento das startups do setor agropecuário

GÊNERO

72 Mulheres enfrentam barreiras para fazer carreira no serviço público brasileiro

HISTÓRIA

77 Como o teatro e a música participaram do processo de emancipação de escravizados no século XIX

POLÍTICAS PÚBLICAS

80 Estudo mostra cobertura extensa e atendimento desigual dos serviços do Samu

ORÇAMENTO PÚBLICO

84 Pesquisadores calculam recursos federais destinados à primeira infância

88

OBITUÁRIO
Cleonice Berardinelli (1916-2023)

90

MEMÓRIA
Em 1940 foi publicado o primeiro mapa geológico do país feito apenas por brasileiros

94

ITINERÁRIOS DE PESQUISA
A psicóloga Raquel da Silva Barros criou nova metodologia de acolhimento

96

RESENHA
Neutrinos solares e o método científico, de Pedro Cunha de Holanda. Por Rafael Alves Batista

97

COMENTÁRIOS

98

FOTOLAB

ORÇAMENTO PÚBLICO, P. 84



WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR



VÍDEO

Como os Yanomami sonham?

Estudos etnográficos trazem à luz interpretações de povos ameríndios sobre atividades oníricas



VÍDEO

Pesquisadores chegam pela primeira vez à serra do Imeri

O biólogo Miguel Trefaut Rodrigues, da USP, fala sobre as espécies novas encontradas em expedição à Amazônia

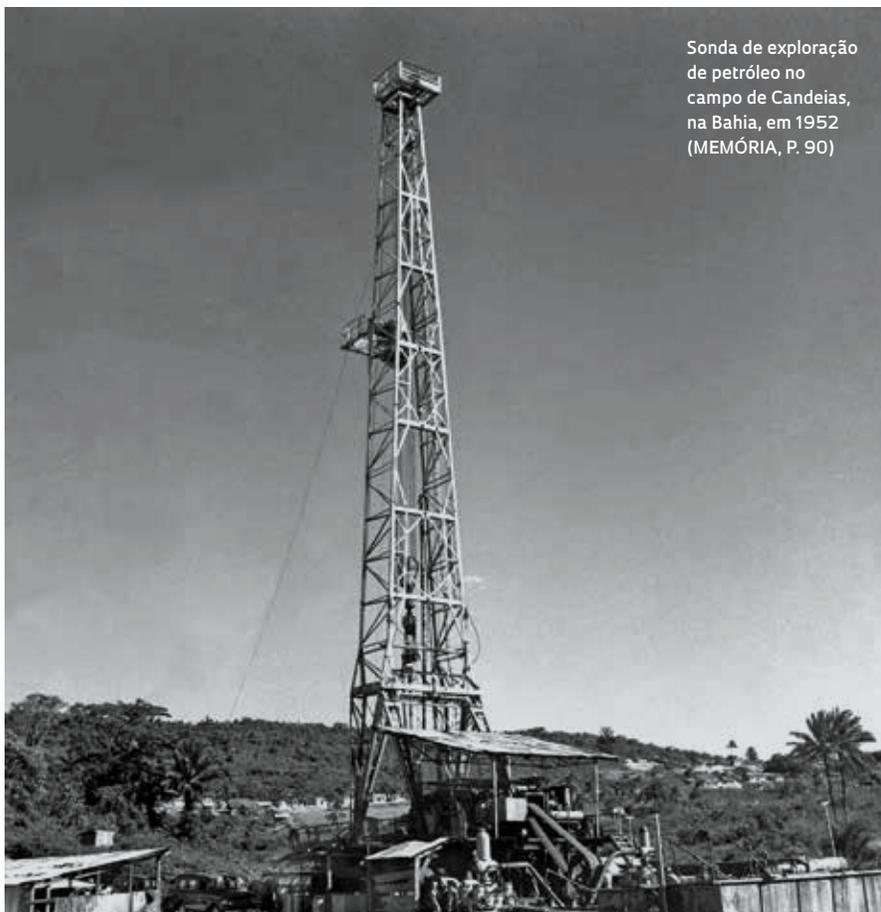


PODCAST

O avanço da ciência cidadã

Edição especial mostra como cientistas estão obtendo apoio de pessoas de fora da academia para produzir conhecimento

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



Sonda de exploração de petróleo no campo de Candeias, na Bahia, em 1952 (MEMÓRIA, P. 90)

Perguntas e respostas

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

Ao definirmos que o ChatGPT seria tema da reportagem de capa, foi irresistível pedir ao software um editorial para esta edição. A resposta desse modelo de linguagem que utiliza inteligência artificial (IA) mais parecia um *press release*, comunicado de imprensa: destacou a versatilidade da ferramenta, com aplicação em serviços de atendimento ao público e na educação (“oferecendo experiências de aprendizado personalizadas e assistência nas lições de casa”). Na conclusão, apontou potenciais riscos e desafios relacionados a vieses e à privacidade de dados.

As limitações do ChatGPT são evidentes, mas ao utilizar IA o sistema está programado para se aperfeiçoar. Em um futuro próximo talvez seja difícil perceber se a carta de apresentação desta revista foi escrita diretamente por uma pessoa. No campo da produção de conhecimento e da integridade da ciência, o impacto do avanço dessa tecnologia já se sente, e está sendo descoberto em tempo real. Questões relacionadas à integridade científica e ao reconhecimento de autoria de artigos e de patentes, entre outros exemplos, estão em jogo, mostra a reportagem sobre o tema (*página 16*), escrita pelo repórter humano Rodrigo de Oliveira Andrade e ilustrada por softwares geradores de imagens como MID-JOURNEY e DALL-E.

Quando pensamos na ciência como um processo de produção de conhecimento, o centro das atenções geralmente está nos resultados alcançados, mas as perguntas iniciais podem ser tão interessantes quanto as respostas. A América do Sul tem uma enorme variedade de peixes de água doce, das mais diferentes formas, tamanhos, cores. Embora sua rede hidrográfica seja extensa, o que explica o fato de essa região abrigar um número tão grande de espécies?

Uma explicação apresentada recentemente aponta como origem dessa diversidade fenômenos geológicos ocorridos nos últimos 55 milhões de anos. Em ao menos cinco grandes reconfigurações, sistemas de rios e lagos separados foram conectados, misturando espécies, e a criação de barreiras bloqueou a circulação de animais, isolando populações de peixes que passaram a evoluir separadamente (*página 44*).

A depressão, um mal que aflige centenas de milhões de pessoas, é causada por uma série de fatores biológicos e ambientais. No primeiro grupo, pesquisadores identificaram um fator adicional: a perda de capacidade dos neurônios de reciclar seus componentes danificados ou que não funcionam bem (*página 50*). Embora o estudo esteja restrito a animais-modelo, no caso camundongos, os resultados sugerem que o envelhecimento acelerado de neurônios, provocado pela depressão, pode se beneficiar do uso de uma proteína chamada fator de diferenciação do crescimento.

Primeira mulher nomeada para o cargo de ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação, Luciana Santos concedeu entrevista ao editor Fabrício Marques durante uma passagem pela capital paulista (*página 36*). Engenheira eletricitista com extensa carreira política em seu estado natal, Pernambuco, Santos estabeleceu como prioridade a recuperação de investimentos públicos em CT&I e a busca de novos arranjos para ampliar o financiamento dessa área.

Também pernambucano, o físico Cid Bartolomeu de Araújo é outro entrevistado desta edição (*página 26*). Dedicado ao estudo da óptica, o pesquisador participou da fundação do produtivo Departamento de Física da UFPE, cujo sucesso ele vincula à tradição científica do estado.



BOAS PRÁTICAS

Quando a má conduta se esquia de ser punida

Levantamento sugere que apenas um em cada cinco artigos com erros ou suspeitas de desvios provoca reações na revista que o publicou

Uma dupla de pesquisadores espanhóis levantou evidências novas sobre a disposição e a capacidade de revistas científicas em responder a denúncias de erros ou de má conduta em artigos publicados. Foi observado que apenas um em cada cinco *papers* apontados como problemáticos ou suspeitos em uma rede social acadêmica foi alvo de notas editoriais – declarações públicas nas quais os periódicos comunicam a existência de investigações sobre o trabalho, divulgam erratas ou, em casos graves, anunciam a retratação do estudo, considerando-o inválido.

Em um levantamento divulgado em janeiro na revista *Profesional de la Información*, o cientista da informação José-Luiz Ortega e a cientista de dados Lorena Delgado-Quirós mapearam comentários sobre o conteúdo de milhares de artigos armazenados no site PubPeer, uma plataforma on-line criada em 2012 e sediada nos Estados Unidos, por meio da qual é possível opinar sobre as conclusões de qualquer *paper* e apontar eventuais erros e inconsistências, em uma espécie de revisão por pares feita após a publicação dos trabalhos. Como as críticas e análises podem ser feitas de forma anônima, esse fórum on-line se tornou um popular repositório de denúncias de má conduta.

Os dois pesquisadores debruçaram-se sobre uma amostra de 17.244 artigos que receberam comentários no PubPeer até 2020. Em 14.290 desses *papers*, o equivalente a 82,9%, foram apontados indícios de fraudes, manipulações, falhas metodológicas ou erros cometidos de boa-fé. Não foram computadas denúncias formuladas por robôs, como as feitas em 2016 pelo software *statcheck*, que detectou inconsistências estatísticas em mais de 50 mil trabalhos na área de psicologia e publicou alertas automáticos no rol de comentários de cada um deles no PubPeer (ver Pesquisa FAPESP n° 253).

O passo seguinte foi identificar se as denúncias tiveram desdobramentos. Isso foi feito por meio da análise de registros em bases de dados como a PubMed, que reúne resumos de artigos das áreas biomédicas, e a do site Retraction Watch, que monitora retratações. O resultado foi que apenas 21,5% dos trabalhos apontados como problemáticos da amostra foram alvo de alguma declaração dos editores. A depender do tipo de erro ou de má conduta, a quantidade de avisos editoriais variava – em termos relativos, foram mais frequentes quando a queixa compreendia fraudes, categoria que inclui desvios como plágio, autoria falsa e manipulação da revisão por pares: de 1.698 artigos que receberam comentários abrangendo essas formas de má conduta, 499, ou 29,4%, resultaram em algum tipo de manifestação do periódico. Em números absolutos, a contestação mais frequente envolvia manipulação ou fabricação de dados ou imagens. Foram 10.989 *papers* – desses, 2.256, ou 20,5%, ensejaram avisos editoriais. “Os periódicos precisam melhorar sua resposta aos artigos problemáticos”, escreveram Ortega e Delgado-Quirós, ambos do Instituto de Estudos Sociais Avançados, em Córdoba, vinculado ao Conselho Nacional de Pesquisas Científicas da Espanha.

Os autores reconhecem que o estudo tem uma limitação importante: as denúncias apresentadas ao PubPeer nem sempre são baseadas em evidências e, em uma quantidade de casos difícil de mensurar, podem ser infundadas e injustas. É possível que muitas acusações tenham sido investigadas preliminarmente e descartadas. E, como as publicações não registram abertamente ou fazem alarde desse tipo de apuração, não dá para saber quantas foram.

Ainda assim, algumas publicações são bem mais rigorosas do que outras na tarefa de apurar e dar transparência a erros e casos de má conduta, o que parece evidenciar lacunas nos mecanismos de autocorreção de registros científicos. O estudo apresentou dados sobre os 10 periódicos que tiveram mais artigos problemáticos na amostra analisada. O centenário *Journal of Biological Chemistry*, revista da Sociedade Americana de Bioquímica e Biologia Molecular, estava no topo desse ranking, com 5,3% dos trabalhos problemáticos da amostra. A *PLOS ONE* aparecia em seguida, com 3,7%. Mas as duas também foram as que divulgaram notas editoriais e correções com mais frequência em, respectivamente,

38,2% e 36,3% dos casos. No exemplo da *PLOS ONE*, a resposta está relacionada à criação em 2018 de uma equipe dedicada à investigação de problemas éticos, após uma onda de denúncias de manipulação de imagens em *papers* publicados entre 2014 e 2016 (ver Pesquisa FAPESP n° 319).

No extremo oposto, títulos como *Oncotarget* e *Oncogene* foram os que menos reagiram, com alertas para 13% e 14,3% dos *papers* denunciados, respectivamente. As áreas de ciências da vida (56,6%) e ciências da saúde (19,6%) foram as que mais registraram artigos suspeitos. Periódicos de conteúdo multidisciplinar (28,6%) divulgaram mais avisos editoriais do que os de ciências da vida (22,5%) e ciências sociais e humanidades (21%). “Isso sugere que revistas multidisciplinares teriam mais controle sobre publicações problemáticas”, escreveram os autores.

O índice de resposta das revistas era maior para os trabalhos que saíram mais recentemente – entre os de 2019, notas editoriais foram lançadas sobre 34% das publicações. Há sinais, segundo os autores, de que o rigor vem aumentando ano a ano, ainda que vagarosamente. Outro achado curioso do estudo é que periódicos de prestígio, aqueles que ostentam índices de citação mais elevados, sofrem mais denúncias de manipulação de imagens, enquanto o plágio é a objeção maior em revistas de baixo impacto.

A ideia de que revistas nem sempre conseguem acionar os mecanismos de autocorreção não é nova e já foi delineada em outros estudos. Em alguns deles, o número de artigos com problemas que escaparam de retratações foi pequeno – o que foi atribuído ao fato de os casos incluírem denúncias formais a instâncias de investigação. Um estudo publicado em 2007 na revista *Science and Engineering Ethics* analisou casos de má conduta em artigos da área biomédica descritos nos relatórios anuais dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH), agência de pesquisa biomédica dos Estados Unidos, e do Escritório de Integridade Científica (ORI) do país, e constatou que 83% dos *papers* mencionados como falhos nesses relatórios foram alvo de retratação. Em outras situações, o número de artigos suspeitos que não foram retratados parece ter sido muito maior. Em 2016, a microbiologista Elisabeth Bik inspecionou manualmente imagens de testes *western blot*, método usado na biologia molecular para identificar proteínas, divulgadas em 20.621 estudos da área biomédica publicados em 40 revistas entre 1995 e 2014 (ver Pesquisa FAPESP n° 245). Encontrou imagens alteradas em 782 *papers*, 3,8% do total – em muitos casos, segundo Bik, as modificações feitas com o software Photoshop pareciam intencionais e de caráter fraudulento. Ela avisou os editores das publicações e escreveu para 10 instituições que abrigavam pesquisadores responsáveis por problemas recorrentes. O saldo da iniciativa, segundo ela revelou na época, foi modesto: apenas seis artigos foram retratados e 60 corrigidos. ■ Fabrício Marques

Governo dos Estados Unidos detalha orientações para prevenir ingerência política em agências federais

Dois anos depois de determinar uma revisão nas políticas de integridade científica em todas as agências federais dos Estados Unidos, o governo do presidente Joe Biden divulgou um conjunto de orientações para prevenir interferências indevidas em decisões de caráter técnico. O objetivo é evitar que se repitam as ingerências que marcaram a gestão do presidente Donald Trump em órgãos como a Agência de Proteção Ambiental e dos Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), quando pesquisadores foram impedidos de divulgar avaliações baseadas em evidências que discordavam de opiniões e crenças do governo.

O documento de 66 páginas aponta um modelo de política de integridade que as agências devem adotar, além de uma extensa lista de ferramentas e métricas para ajudá-las a avaliar e aperfeiçoar suas práticas. Para implementar o novo plano, os dirigentes das agências deverão reforçar o engajamento de seus

líderes, promover o fluxo livre e transparente de informações científicas e criar canais que protejam funcionários em denúncias de violações e interferências inapropriadas.

O texto inclui um estatuto para um subcomitê do Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, encarregado de acompanhar a aplicação de políticas e orientar a escolha e as atividades de oficiais de integridade científica, profissionais encarregados de fiscalizar o uso adequado da ciência nos processos internos de cada agência. De acordo com as novas normas, esses fiscais deverão criar mecanismos que permitam a funcionários das agências expressarem livremente suas análises. Quando um servidor discordar de informações, interpretações ou conclusões relacionadas a uma decisão política com a qual está envolvido, será encorajado a expressar sua opinião por escrito. Se divergências não forem resolvidas em deliberações internas, poderão ser alvo de consulta

a outros especialistas, em um processo de revisão por pares com resultados divulgados publicamente.

O plano também prevê a criação de um painel composto por oficiais de integridade de várias agências e funcionários da Casa Branca com autoridade para revisar as políticas e investigar eventuais violações. “É uma grande conquista para a ciência federal, embora sempre haja espaço para melhorias”, disse à revista *Nature* Jacob Carter, diretor do Centro para Ciência e Democracia da União dos Cientistas Preocupados (UCS), um grupo de defesa de políticas baseadas em evidências científicas com sede em Cambridge, Massachusetts. Já Lauren Kurtz, diretora-executiva do Fundo de Defesa Legal da Ciência Climática, organização com sede em Nova York, afirmou que as normas podem ser facilmente revogadas e precisariam ser aprovadas pelo Congresso e incorporadas à legislação vigente para realmente prevenir ingerências políticas no futuro.

Universidade em Bangladesh cria escala para avaliar e punir casos de plágio

A Universidade de Daca, a maior e mais antiga instituição pública de ensino superior de Bangladesh, com 32 mil alunos e 1,6 mil professores, apresentou em janeiro uma nova política para prevenção de plágio, que prevê penalidades progressivas a depender da quantidade de texto reaproveitado sem citar a fonte em trabalhos acadêmicos de docentes e estudantes.

De acordo com a proposta, se menos de 20% do texto for copiado, o plágio poderia ser tolerado. Caso abranja de 20% a 40%, o autor teria de pagar uma multa e refazer o trabalho em no máximo seis meses. Se for de 40% a 60%, o rigor seria maior. Caso se trate de artigos científicos, dissertações ou teses de autoria de professores, funcionários ou pesquisadores da instituição e o trabalho copiado tenha servido para eles obterem emprego ou promoção, os plagiadores teriam de devolver ao governo os vencimentos que receberam irregularmente. Já cópias acima de 61% seriam caso de suspensão por dois anos ou revogação de diploma.

A universidade adotou em agosto passado um software para verificar similaridade de texto nos trabalhos de seus alunos. Foi uma resposta a um escândalo envolvendo um docente do Departamento de Tecnologia Farmacêutica, Abul Kalam Lutful Kabir, que plagiou 98% de sua tese de doutorado. Seu diploma de doutor foi cassado e a promoção de professor assistente a associado cancelada.

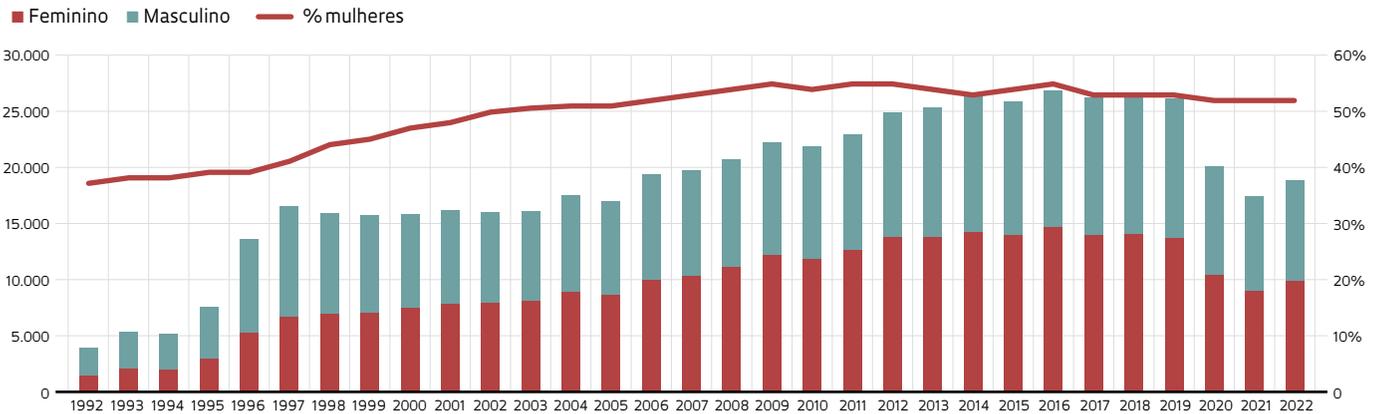
De acordo com o vice-reitor de Graduação da universidade, Maksud Kamal, a proposta receberá contribuições de aperfeiçoamento e será consolidada em breve. “Após discussões iniciais, foram concedidas mais duas semanas para a formulação das novas políticas”, disse, segundo o jornal *Dhaka Tribune*.

Participação feminina nas solicitações de bolsas e auxílios da FAPESP

▶ Entre 1992 e 2022, a FAPESP analisou mais de 573 mil propostas de bolsas e auxílios à pesquisa, das quais 51% foram submetidas por mulheres

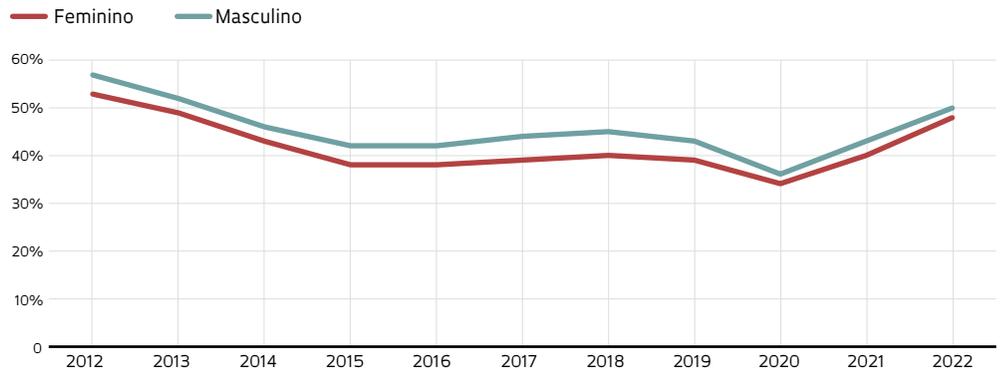
▶ Ao longo desse período, houve clara tendência de crescimento das solicitações feitas por pesquisadoras. Nos 10 primeiros anos da série, a média foi de 42% do total; nos últimos 10 anos, chegou a 53%. Em 2003, pela primeira vez, elas ultrapassaram a marca dos 50%

NÚMERO TOTAL DE BOLSAS E AUXÍLIOS, SEGUNDO O SEXO DO SOLICITANTE (1992-2022)

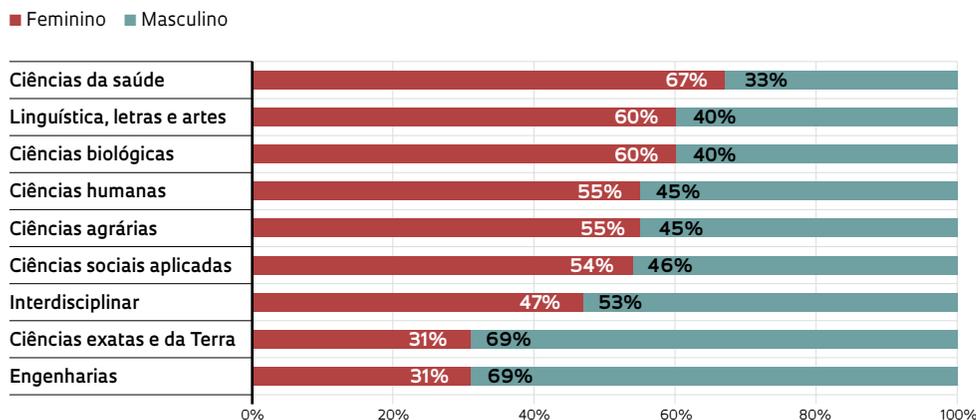


▶ Nos últimos 10 anos, a evolução da taxa de sucesso das pesquisadoras foi muito semelhante à dos pesquisadores. Embora a das mulheres tenha sido ligeiramente inferior à dos homens, a diferença foi muito pequena e decaiu de 5%, em 2017 e 2018, para 2%, em 2022

TAXA DE SUCESSO, SEGUNDO O SEXO DO SOLICITANTE (2012-2022)



CONCESSÕES, POR GRANDE ÁREA DO CONHECIMENTO E SEGUNDO O SEXO DO SOLICITANTE (2012-2022)



▶ Nesse período, as pesquisadoras foram mais bem-sucedidas em seis das nove grandes áreas do conhecimento dos projetos analisados. Representaram: 67% das concessões nas ciências da saúde; 60% nas áreas linguística, letras e artes e ciências biológicas; 55% nas ciências agrárias e ciências humanas; e 54% nas ciências sociais aplicadas

▶ Apenas nas ciências exatas e da Terra e nas engenharias predominam pesquisadores do sexo masculino nas concessões: 69% do total

NOTAS



Proibido cortar:
Araucaria angustifolia,
espécie nativa ameaçada
de extinção, encontrada
principalmente no
Sul do Brasil

Serragem indica a espécie de árvore cortada

Um equipamento simples – um microscópio comum, binocular, acoplado a uma câmera digital – e um pouco de trabalho para macerar e separar as células são o suficiente para mostrar se uma serragem provém de *Araucaria angustifolia*, uma espécie nativa, cujo corte é proibido. Desse modo, pode ser diferenciada de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp., ambas exóticas, de cultivo permitido, com as quais costuma ser confundida. Três botânicos – Thais Oliveira e Eduardo Longui, do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA), e Marina do Amaral, da Superintendência da Polícia Técnico-Científica de São Paulo (SPTC) – identificaram diferenças entre fragmentos de células da madeira e da casca das árvores obtidas da serragem que podem indicar o gênero e, em alguns casos, a espécie. Em *Araucaria* e *Pinus*, as células da madei-

ra, responsáveis pela condução de água e sustentação, são muito longas e finas. Em *Eucalyptus*, predominam dois tipos de células, as de condução de água, mais curtas, largas e perfuradas nas extremidades, e as de sustentação, que são as fibras. Outra diferença são as chamadas pontoações, interrupções laterais das paredes das células que permitem a passagem de água. Em *Araucaria*, as pontoações se distribuem em mais de uma série ao longo da célula, alternam-se e têm contorno poligonal. Em *Pinus*, as pontoações formam em geral uma única série e, quando em mais de uma, são opostas umas às outras e têm contorno circular. As distinções podem ajudar a esclarecer crimes ambientais, quando *Araucaria* é apresentada como outra espécie (*Revista Brasileira de Criminalística*, janeiro).

Imagem de microscopia de células de madeira de *Araucaria* (no alto) e de *Pinus* (embaixo)



1

2

Quando o sexo é arriscado

No Brasil, um em cada quatro homens e uma em cada 10 mulheres tiveram a primeira relação sexual antes dos 15 anos, a chamada iniciação sexual precoce, mais frequente entre jovens com níveis de instrução e rendimento familiar baixos. “Há um aumento da prevalência da iniciação sexual precoce entre as mulheres das gerações mais novas”, observa Nayara Gomes, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), responsável pelo estudo. Com colegas do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), ela avaliou duas formas do comportamento sexual de risco – a iniciação sexual antes dos 15 anos e o não uso de preservativo na última relação sexual –, que tornam as pessoas mais vulneráveis a infecções sexualmente transmissíveis (IST) e à gravidez indesejada. Os resultados se mostraram coerentes com o aumento de casos de IST nos últimos anos. Com base em 88.531 entrevistas da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2019, observaram também que, nos 12 meses anteriores à pesquisa, três em cada quatro homens e mulheres casados ou moradores da mesma casa dispensaram o uso de preservativos, deixados de lado também por aproximadamente um em cada cinco homens e uma em cada três mulheres que não moravam com o parceiro. “Quanto mais frequentes esses comportamentos, mais preocupante é a situação do ponto de vista da saúde pública”, comenta Gomes (*Revista de Saúde Pública*, junho de 2022).

Recorde, até agora: o voo do Dornier 228, com 19 lugares, durou 10 minutos



Um avião movido a hidrogênio

Em 19 de janeiro, a empresa ZeroAvia, com sede no Reino Unido, fez um voo experimental de 10 minutos com um avião bimotor movido parcialmente a hidrogênio. Com 19 lugares, o Dornier 228 é a maior aeronave a decolar com a ajuda de um motor a hidrogênio. Durante o voo, realizado no aeroporto do distrito britânico de Cotswold, o motor esquerdo convertia hidrogênio em eletricidade para mover uma das hélices, enquanto o direito, alimentado com querosene, movia a outra. Os tanques de hidrogênio e os sistemas de geração de energia com células a combustível foram alojados na cabine, mas em uma configuração comercial o armazenamento seria externo e os assentos repostos. O voo faz parte do projeto HyFlyer II, apoiado pelo governo britânico, que visa o desenvolvimento de aviões capazes de reduzir as emissões de dióxido de carbono da aviação. A empresa fez há dois anos o primeiro voo, entre mais de 30 já realizados, de uma aeronave Piper Malibu de seis lugares, movida a hidrogênio. Se os próximos testes correrem bem, a ZeroAvia pretende submeter o motor elétrico a hidrogênio para certificação regulatória em 2023 e até 2025 fazer motores para aviões maiores e tornar viáveis voos comerciais apenas com células a hidrogênio (*MIT Technology Review*, 19 de janeiro; *NewScientist*, 20 de janeiro).

Retinógrafo facilita exames em lugares distantes

De setembro de 2021 a março de 2022, usando um retinógrafo portátil desenvolvido pela empresa Phelcom com o apoio da FAPESP, acoplado a um smartphone, agentes da saúde examinaram a retina de moradores de quatro comunidades rurais de Sergipe, para identificar doenças do fundo do olho, como a retinopatia diabética, uma das principais causas de cegueira evitável. Os casos de maior gravidade foram encaminhados para uma consulta com um oftalmologista. “O dispositivo permite que a triagem de pacientes com a doença em áreas com carência de especialistas possa ser rea-

lizada por um operador previamente treinado e com suporte remoto de oftalmologistas”, comentou à Agência FAPESP o oftalmologista Fernando Korn Malerbi, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e um dos coordenadores do trabalho em Sergipe. De um total de 2.052 pessoas convidadas, 1.083 compareceram ao exame. O aparelho, chamado de Eyer Cloud, foi lançado em 2019 e avaliado em campo antes da pandemia em 157 indígenas Xavante, dos quais 60% receberam o diagnóstico de diabetes (*Bulletin of the World Health Organization*, 1º de outubro).



Testado no interior de Sergipe, aparelho detecta causas de cegueira evitável



Bilhões de estrelas, agora visíveis em meio à fina poeira da Via Láctea

Após cerca de 260 horas de observação ao longo de dois anos, uma câmera chamada DECam, sigla de Dark Energy Camera, instalada no telescópio Víctor Blanco de 4 metros em Cerro Tololo, no Chile, a uma altitude de 2.200 metros, registrou 3,32 bilhões de objetos celestes de nossa galáxia, a Via Láctea, dos quais cerca de 2 bilhões são estrelas. É o maior levantamento desse tipo até agora. "Imagine uma foto de um grupo de mais de 3 bilhões de pessoas em que cada uma delas é reconhecível", sugeriu Debra Fischer, diretora da Divisão de Ciências Astronômicas da National Science Foundation (NSF), dos Estados Unidos, uma das agências que financiou o trabalho, à *newsletter* do Centro de Astrofísica da Harvard & Smithsonian. Somada ao mapeamento de 2017, com 2 bilhões de objetos, a imagem resultante cobre cerca de 6,5% do céu noturno e 130 graus de comprimento, uma área 13 mil vezes maior que a da lua cheia. Ao observar comprimentos de onda na faixa do infravermelho próximo, os pesquisadores conseguiram espiar além da poeira que absorve a luz e esconde as estrelas de menor luminosidade. Uma abordagem inovadora de processamento de dados permitiu reduzir o efeito das nuvens de poeira e gás e prever melhor o que poderia haver por trás de cada estrela (*Astrophysical Journal Supplement Series* e *Center for Astrophysics, Harvard & Smithsonian*, 18 de janeiro).



Telescópio no Chile obteve o mais detalhado retrato das estrelas e nuvens de poeira da Via Láctea (acima)

Desigualdade marca os serviços médicos no Brasil

Vitória, capital do Espírito Santo, tem 15 médicos para cada grupo de mil habitantes. Macapá, capital do Amapá, apenas 2 para cada mil. "A desigualdade é persistente", comentou Mário Scheffer, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), na manhã de 8 de fevereiro na sede da Associação Médica Brasileira (AMB), na capital paulista, ao apresentar os resultados da sexta edição do *Demografia médica no Brasil 2023*. Há contrastes acentuados. Enquanto um morador da região Sudeste faz em média 3,9 consultas médicas por ano, um da região Norte faz 1,86. Em janeiro de 2023, trabalhavam no Brasil 562.229 médicos, concentrados nas capitais e em alguns estados. As unidades da federação com mais médicos são Distrito Federal (5,5 por mil habitantes), Rio de Janeiro (3,7) e São Paulo (3,5); as com menos são Pará (1,1 médico por mil habitantes), Maranhão (1,2) e Amazonas (1,3). Coordenador do levantamento, realizado em colaboração com a AMB, Scheffer destacou o avanço das faculdades particulares de medicina, responsáveis atualmente por 90% das vagas. "É um movimento de privatização do ensino médico", observou. Nota-se também uma concentração crescente de médicos

no setor privado, no qual trabalham, exclusivamente, 28,3% dos médicos; metade (50,2%) trabalha em centros médicos privados e públicos e 21,5% apenas no público. Entre os médicos residentes, somente 12% têm interesse em trabalhar apenas ou majoritariamente no Sistema Único de Saúde (SUS). "O SUS ajuda na formação dos médicos, mas não os retém", concluiu.

FONTE
DEMOGRAFIA MÉDICA
NO BRASIL 2023

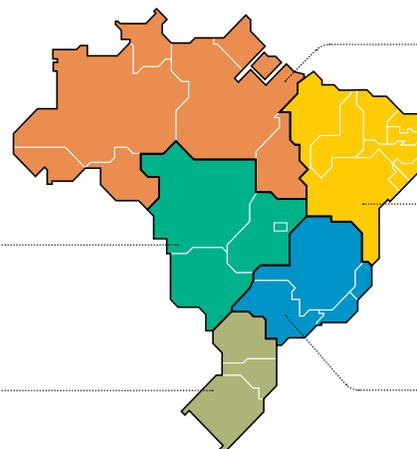
Concentração no Sudeste e Sul

Proporção de médicos por mil habitantes nas regiões brasileiras em 2022

☒ Médicos
☒ População

3,10
☒ 51.824
☒ 16.707.336
CENTRO-OESTE

2,95
☒ 89.734
☒ 30.402.587
SUL



1,45
☒ 27.452
☒ 18.906.962
NORTE

1,93
☒ 111.223
☒ 57.667.842
NORDESTE

3,39
☒ 303.886
☒ 89.632.912
SUDESTE



Silva Júnior
planeja melhorias
da saúde
nas Américas

Segundo brasileiro à frente da Opas

O médico brasileiro Jarbas Barbosa da Silva Júnior assumiu o cargo de diretor da Organização Pan-americana da Saúde (Opas) em 31 de janeiro para um mandato de cinco anos. No discurso de posse, na sede da instituição, em Washington, ele comentou que, para enfrentar as epidemias e as doenças nas Américas, é preciso ter “sistemas de saúde fortes e resilientes, capazes de desempenhar adequadamente todas as funções essenciais de saúde pública e liderar ações multissetoriais sobre os determinantes sociais, econômicos e ambientais da saúde”. Graduado pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com especialização em saúde pública pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), foi secretário da Saúde de Pernambuco. Ingressou na Opas em 2007 e no Ministério da Saúde em 2011. Foi diretor-presidente da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) antes de se tornar diretor assistente da Opas, em 2018. Antes dele, o médico Carlyle Guerra de Macedo, também formado pela UFPE, ocupou a presidência da instituição, de 1983 a 1995.

Como remover sal e microplásticos da água com clara de ovo

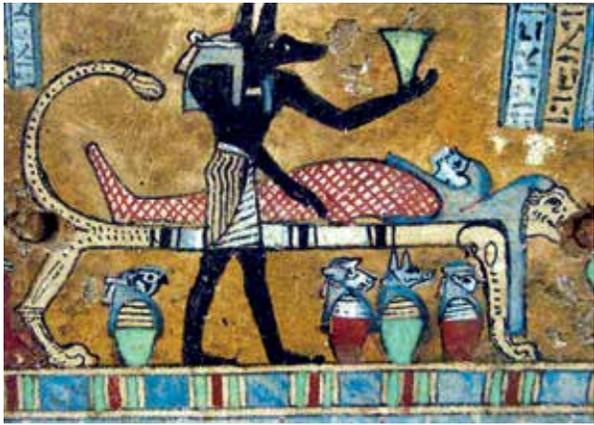
A equipe do engenheiro mecânico Craig Arnold, do Centro de Materiais Complexos da Universidade de Princeton, Estados Unidos, criou um composto com proteínas da clara do ovo para remover o sal da água do mar e filtrar microplásticos. Os pesquisadores misturaram as proteínas com grafeno e obtiveram um material sólido poroso extremamente leve, cuja parte líquida foi substituída por um gás – um aerogel – que apresentou uma eficiência de 98% para remover o sal e de 99% para filtrar microplásticos da água marinha. O composto foi obtido por meio da secagem e aquecimento a 900 graus Celsius da clara de ovo, resultando em uma estrutura de fios conectados de fibras de carbono e folhas de grafeno – outras proteínas podem formar uma estrutura semelhante (*Boletim do NSF*, 18 de janeiro; *Materials Today*, outubro).



Um feixe de laser (verde) é disparado para o céu ao lado da torre de telecomunicações de 124 metros de altura na montanha Säntis

Feixe de laser desvia raio nos Alpes suíços

Pesquisadores europeus conseguiram pela primeira vez desviar raios de uma tempestade usando pulsos de laser curtos e intensos. O laser foi disparado de um aparelho do tamanho de um carro, instalado ao lado de uma torre de telecomunicações a 124 metros de altura nos Alpes suíços no verão (inverno no hemisfério Sul) de 2021. Ao longo de 10 semanas, durante tempestades, o aparelho disparou mil pulsos de laser por segundo, interceptou quatro raios a mais de 50 metros da torre e os desviou para o para-raios da antena, evitando que caíssem em locais indesejados. Acompanhados por câmeras de alta velocidade, os feixes mudam as propriedades do ar e abrem um caminho para a descarga de eletricidade que se forma entre as nuvens. “É como abrir um buraco no ar”, comentou Aurélien Houard, físico do Laboratório de Óptica Aplicada da Escola Politécnica de Paris, que liderou o projeto, à revista *Nature*. Para-raios de metal atraem os raios e dissipam sua carga com segurança, mas não os desviam e têm um alcance limitado. Se aprimorados e barateados, os feixes de laser poderiam chegar mais alto no céu, apontar em qualquer direção e constituir uma alternativa contra raios em construções sensíveis como aeroportos e hospitais (*Nature* e *Nature Photonics*, 16 de janeiro).



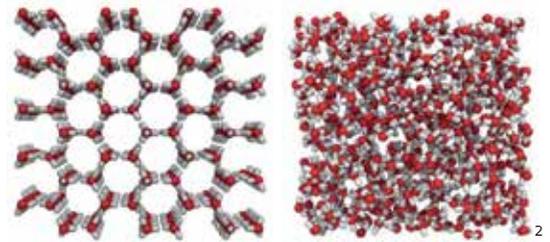
Cena de um sarcófago egípcio de cerca de 400 a.C. retratando Anúbis, o deus da mumificação (em pé)

Uma receita para preservar o corpo após a morte

Para a cabeça, uma mistura de resina da árvore do pistache, óleo ou alcatrão de cedro e zimbros, além de óleo de rícino e de elemi. Para o estômago, cera de abelha aquecida. Já na pele, após a limpeza e unção com resinas aromáticas, a aplicação de uma mescla de gordura de ruminantes e cera de abelha aquecida. Um grupo internacional liderado pelo arqueólogo Philipp Stockhammer, da Universidade Ludwig Maximilian e do Instituto Max Planck de Antropologia Evolutiva, ambos na Alemanha, analisou a composição química de resíduos encontrados em 31 urnas descobertas em uma oficina de mumificação que funcionou entre 664 a.C. e 525 a.C. na região de Saqqara, ao sul do Cairo. Como resultado, obteve a receita detalhada de bálsamos e unguentos usados na mumificação de corpos no Egito Antigo. O embalsamamento praticado por quase 3 mil anos pelos egípcios era um ritual complexo, que podia levar semanas. Até agora se conheciam apenas algumas das técnicas e o nome genérico das misturas usadas na mumificação, com base em descrições em textos antigos do Egito e da Grécia

O gelo de luas distantes

Ao agitar vigorosamente gelo comum usando bolas de aço inoxidável em uma jarra de metal a -200 graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), pesquisadores da Universidade de Cambridge e da University College London, ambas no Reino Unido, desfizeram a estrutura cristalina e criaram uma versão nova e mais densa de água sólida, o chamado gelo amorfo de média densidade (MDA). Sua aparência é de um pó granular branco, que grudou nas bolas de metal. Enquanto no gelo cristalino comum as moléculas se organizam segundo um padrão regular, no gelo amorfo elas estão desorganizadas, como em um líquido. Até agora, havia dois tipos de gelo amorfo, o de baixa e o de alta densidade, ambos descobertos no século XX. Raros na Terra, os gelos amorfos são abundantes no espaço. As superfícies geladas de luas de Júpiter ou de Saturno, se friccionadas pelas forças de maré, poderiam produzir MDA pelo mesmo processo de deformação usado pelos pesquisadores (*Science* e Universidade de Cambridge, 2 de fevereiro).



A estrutura atômica do gelo comum (à esq.) e do MDG (à dir.)

Núcleo da Terra mais lento

O núcleo interno da Terra, uma esfera rígida de ferro e níquel, parece estar desacelerando. Ele é envolto por uma camada que se comporta como um líquido, o núcleo externo, e tem velocidade de rotação diferente da do manto e da crosta, as camadas mais externas do planeta. Ora o núcleo interno gira mais rápido que o manto e a crosta, ora mais devagar. Analisando as ondas sísmicas (geradas por terremotos) que atravessaram o planeta nas últimas seis décadas, sismólogos da Universidade de Pequim, na China, identificaram sinais de uma desaceleração do núcleo em relação às camadas mais externas. Entre 2009 e 2011, o núcleo interno, que antes girava ligeiramente mais rápido que a crosta e o manto, teria passado a rotacionar a uma velocidade próxima à das camadas mais superficiais. Mais recentemente, estaria começando a girar no sentido contrário. As consequências? Nada catastróficas. Poderá haver mudanças sutis no campo magnético da Terra, que protege o planeta da radiação vinda do espaço, e alterações de frações de milissegundo na duração do dia (*Nature Geoscience*, 23 de janeiro).



As camadas da Terra, cada uma com diferentes velocidades



4

Um novo tipo de ambiente marinho

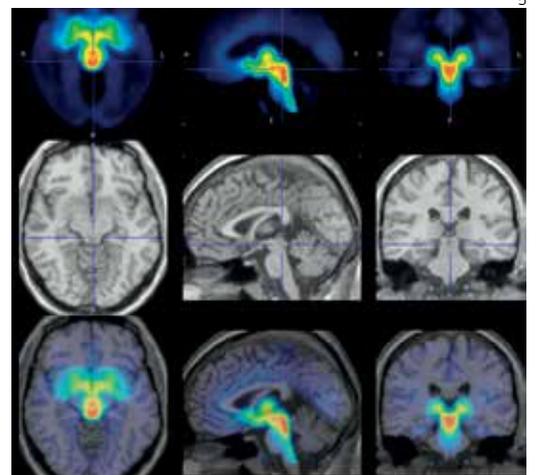
No meio da cadeia montanhosa Vitória-Trindade, que se estende perpendicularmente à costa por mil quilômetros (km) no litoral capixaba, pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) encontraram um novo tipo de recife. Chamado de colinas coralinas, forma serras de até 50 metros (m) crescendo a partir da base, salpicadas de vermelho, laranja e amarelo a perder de vista. Ao redor dos morros havia uma grande diversidade de peixes. Os tubarões-lixia (*Ginglymostoma cirratum*), uma espécie ameaçada no país, eram 14 vezes mais numerosos nas colinas coralinas do que na ilha de Trindade, no final da cadeia, um dos poucos lugares da costa bra-

sileira em que vivem em abundância. "Além do isolamento geográfico, que favorece a formação de novas espécies, a riqueza biológica desses corais resulta da abundância de nutrientes trazidos pelas correntes marinhas profundas, que sobem quando encontram a base das montanhas, nas profundezas, a quase 4 mil metros de profundidade", diz o biólogo Hudson Tercio Pinheiro, do Centro de Biologia Marinha (CEBIMar) da USP. Para ele e outros pesquisadores, a correnteza, ao bater nos recifes, forma redemoinhos que aprisionam o plâncton, organismos microscópicos suspensos na água que servem de alimento para pequenos peixes, dos quais os maiores se alimentam.

As colinas coralinas do monte Davis, da cadeia Vitória-Trindade, com alta diversidade de peixes

Outro sinal da menstruação iminente

Além da oscilação de humor, a depressão pode ser outro efeito da menstruação. Uma equipe do Instituto Max Planck de Ciências Cognitivas e da Universidade de Leipzig, ambas na Alemanha, verificou que a quantidade de transportadores do neurotransmissor serotonina no cérebro aumenta pouco antes da menstruação. O resultado é uma perda das conexões entre os neurônios, o que pode explicar a tristeza sem causa específica sentida pelas mulheres que sofrem desse fenômeno. As conclusões se apoiam na análise de 118 imagens do cérebro com tomografia por emissão de pósitrons (PET) ao longo dos ciclos menstruais de 30 mulheres com transtorno disfórico pré-menstrual (TDPM) e 29 sem. Forma grave da síndrome pré-menstrual, o TDPM pode causar sintomas físicos, como alterações de sono e dores, ou comportamentais, como tristeza, irritabilidade ou raiva. Variações nos hormônios sexuais estrogênio e progesterona, que ocorrem na segunda metade do ciclo e após a ovulação, podem influenciar o nível de serotonina, que afeta o humor (*Biological Psychiatry*, 18 de janeiro; *Instituto Max Planck de Ciências Cognitivas*, 27 de janeiro).

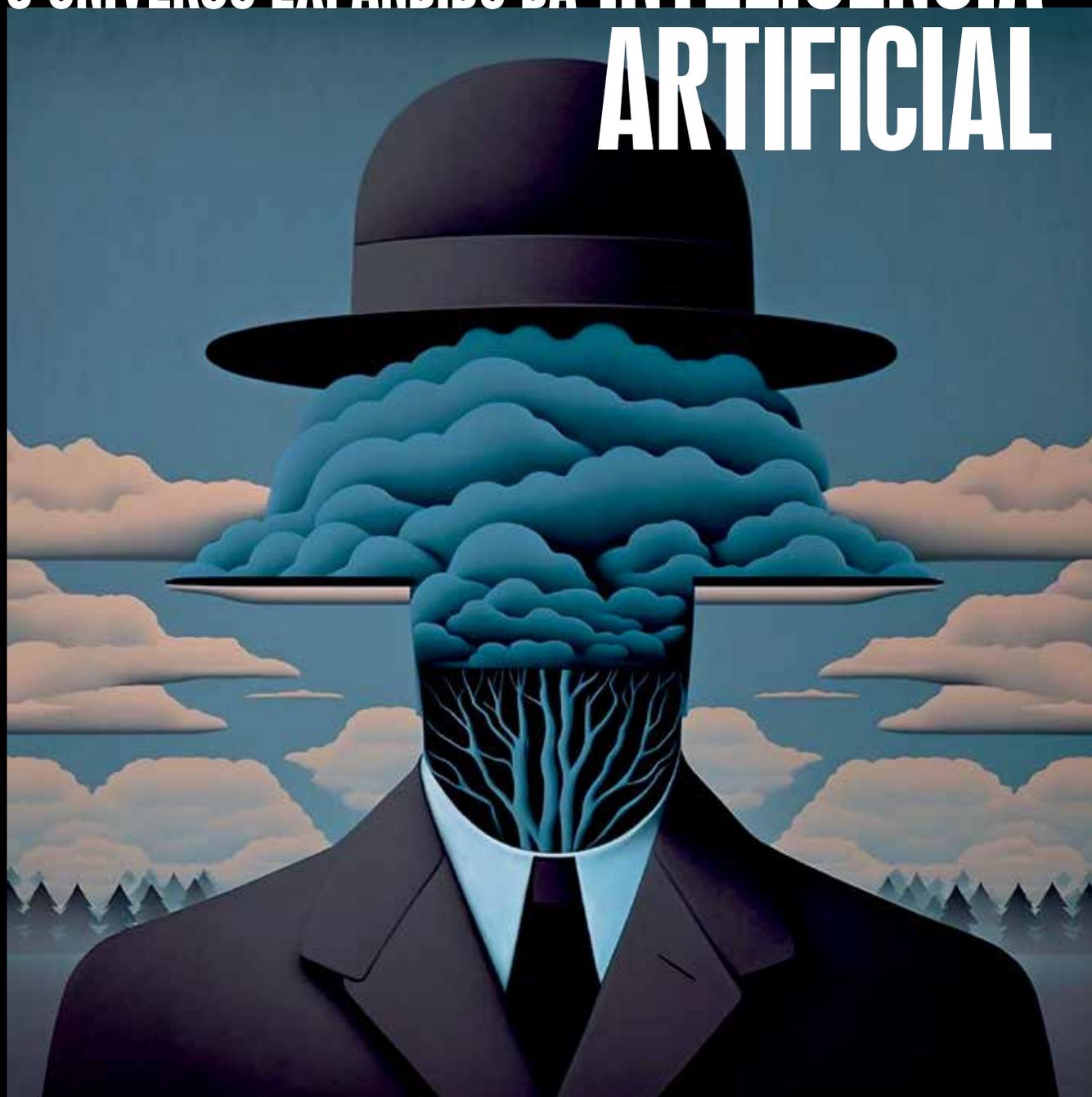


5

Tomografias registram aumento dos transportadores de serotonina, que prejudicam a atuação dos neurônios

CAPA

O UNIVERSO EXPANDIDO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL



ChatGPT reacende debate sobre o potencial criativo de sistemas de linguagem natural e as implicações éticas relacionadas ao seu uso

Rodrigo de Oliveira Andrade

Há anos cientistas em empresas e universidades criam e aperfeiçoam softwares de inteligência artificial (IA), mas poucas vezes essa tecnologia galvanizou a atenção da sociedade como em fins de 2022, com o ChatGPT, sistema capaz de criar textos realistas e articulados a partir de perguntas e comandos dos usuários e simular conversas com um ser humano. Lançada em novembro pela OpenAI, startup com sede na Califórnia, nos Estados Unidos, a ferramenta foi a protagonista de um experimento coletivo de alcance planetário. Dois meses após seu lançamento, já era usada por mais de 100 milhões de pessoas, desencadeando uma explosão de experiências de escrita, algumas divertidas, outras preocupantes. O modelo se mostrou capaz de compor músicas, escrever poemas, códigos de programação e até textos jornalísticos – para inquietação de repórteres como eu –, reacendendo a discussão: qual é o risco de a inteligência artificial, mimetizando a nossa capacidade criativa e levando-a a novos patamares, substituir os seres humanos em atividades intelectuais? Até aqui, esse impacto parecia restrito a tarefas de caráter repetitivo.

Ainda é cedo para saber o quanto essa tecnologia transformará a vida das pessoas. É certo que ela abre uma fronteira de novas aplicações, prometendo reinventar desde mecanismos de busca on-line a assistentes de voz, como Alexa e Siri, e permitindo que pessoas conversem com computadores e outros dispositivos eletrônicos como se estivessem falando com humanos. “Há todo um mundo novo de comunicação que essa tecnologia vai inaugurar”, disse ao serviço de notícias *Stanford News* Jeff Hancock, professor da Universidade Stanford, nos Estados Unidos, que estuda como a comunicação mediada por sistemas de inteligência artificial afeta relacionamentos interpessoais.

O funcionamento do ChatGPT se baseia em algoritmos de redes neurais profundas, modelos que se inspiram na organização do sistema nervoso humano e se apoiam em aprendizado

de máquina, um campo de estudo que permite extrair padrões de grandes volumes de dados e fazer previsões a partir deles. Esse tipo de sistema funciona com base em unidades de processamento interconectadas em várias camadas, da mesma forma que os neurônios se conectam por sinapses. Nos últimos anos, empresas como Google e OpenAI passaram a se dedicar ao desenvolvimento de um tipo específico de rede neural artificial, os grandes modelos de linguagem (LLM), os quais conseguem analisar enormes quantidades de dados de texto, identificar bilhões de padrões sobre como as pessoas conectam palavras, números e símbolos, e, a partir disso, aprender a gerar textos novos. O desenvolvimento dessas ferramentas levou à criação do que os cientistas chamam de sistemas de IA generativa.

Desde 2018, o Google usa essa tecnologia em seus sites de pesquisa e de tradução a partir de um software chamado Bert, que parte de modelos probabilísticos para prever as próximas palavras de um texto com base no trecho anterior – é dessa forma que o Google corrige a ortografia de palavras e termina frases de usuários que usam seu mecanismo de busca.

Em fins de 2020, a OpenAI deu um salto e lançou o GPT-3, programa de processamento de linguagem capaz de analisar e processar dados de texto em uma escala sem precedentes. O GPT-3 passou meses em treinamento, escrutinando centenas de gigabytes de informações na internet, incluindo livros, artigos científicos, páginas da Wikipédia, notícias e registros de bate-papo on-line, a partir dos quais identificou 175 bilhões de parâmetros, isto é, representações matemáticas de padrões de texto – para se ter ideia, o Bert trabalhava com “apenas” 110 milhões de parâmetros. “Esses padrões equivalem a um mapa da linguagem humana, uma descrição matemática do modo como escrevemos textos e códigos de programação”, esclarece o cientista da computação Fernando Santos Osório, do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP).

Tais mapas permitem que o GPT-3 escreva sobre qualquer assunto em qualquer estilo, mesmo

Ilustração produzida por software de IA a partir do comando “redes neurais profundas de inteligência artificial, estilo René Magritte”

+ Novo chat

PERGUNTAS FREQUENTES



O que é o ChatGPT?



É um software de IA generativa que produz textos a partir de perguntas e comandos dos usuários



Como ele funciona?



Com base em redes neurais profundas chamadas "grandes modelos de linguagem"



O que elas fazem?



Analizam enormes quantidades de dados de texto e identificam bilhões de padrões sobre como os seres humanos conectam palavras, números e símbolos, aprendendo a gerar textos novos em linguagem natural



Qual a quantidade de dados analisados pelo ChatGPT?



Estima-se que o ChatGPT tenha analisado 570 gigabytes de dados de textos na internet (ou 300 bilhões de palavras), a partir dos quais identificou 175 bilhões de parâmetros



O que são parâmetros?

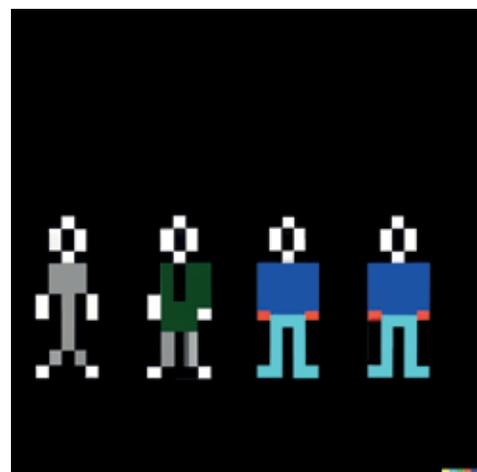


Representações matemáticas de padrões de texto, uma espécie de descrição matemática do modo como seres humanos escrevem textos e códigos de programação

que a solicitação pareça surreal, como um poema sobre a conquista do Palmeiras na Copa Rio de 1951 segundo as regras de versificação da *Odisséia*, de Homero, ou roteiros de comédias românticas em universos alternativos. Também consegue explicar conceitos de mecânica quântica, em prosa clara e bem pontuada, criando a impressão de que estamos mesmo falando com um ser humano, e não interagindo com um software. A OpenAI aplicou a mesma lógica em outro tipo de tecnologia de IA generativa, o DALL-E, treinado com base em dezenas de milhares de fotos digitais, a partir das quais consegue gerar novas imagens, como algumas das que ilustram esta reportagem.

O ChatGPT utiliza uma versão mais avançada do GPT-3, o GPT-3.5, em uma interface de conversação amigável e fácil de usar. Diferentemente de seu antecessor, que foi testado por um pequeno grupo de usuários, a ferramenta foi disponibilizada gratuitamente para o público, amplificando a percepção sobre seu potencial disruptivo. Em termos das técnicas que utiliza, o ChatGPT não é particularmente inovador. Tampouco é revolucionário, embora seja percebido assim pelo público, possivelmente por oferecer uma solução interativa inédita.

Ao permitir que milhares de pessoas pudessem experimentar sua tecnologia, a OpenAI despertou ao mesmo tempo o fascínio do público e o apetite de investidores. O principal deles, a Microsoft. A multinacional, que já havia investido US\$ 1 bilhão na startup em 2019, aportou mais US\$ 10 bilhões em janeiro deste ano na expectativa de poder incorporar a ferramenta a vários de seus serviços. O motor de busca Bing, por exemplo, funciona desde o início de fevereiro com base em um sistema de IA mais poderoso que o ChatGPT. O modelo



de linguagem foi desenvolvido em parceria com OpenAI e em breve deverá ser incorporado ao navegador Microsoft Edge.

Os concorrentes logo reagiram. Dias após o anúncio da Microsoft, a Alphabet, dona do Google, lançou o Bard, seu próprio sistema de IA generativa, que deverá igualmente ser incorporado ao seu sistema de busca. A empresa adquiriu ainda uma participação de US\$ 300 milhões na Anthropic, startup fundada por ex-funcionários da OpenAI e responsável por um software parecido com o ChatGPT, o Claude. Na China, as ações da multinacional de tecnologia Baidu subiram 15% após o anúncio, em fevereiro, de que lançará um robô de IA, batizado de Ernie Bot (versão em inglês) e de Wenxin Yiyan (em mandarim).

Nenhuma outra tecnologia atraiu tanto dinheiro nos últimos anos como a IA generativa, “possivelmente porque essa é uma área que costuma dar retornos rápidos sobre o capital investido”, comenta o economista Alexandre Chiavegatto Filho, diretor do Laboratório de Big Data e Análise Preditiva em Saúde da Faculdade de Saúde Pública da USP, que estuda o uso de métodos preditivos de IA na área médica. Desde 2020, os investimentos de capital de risco nesse segmento

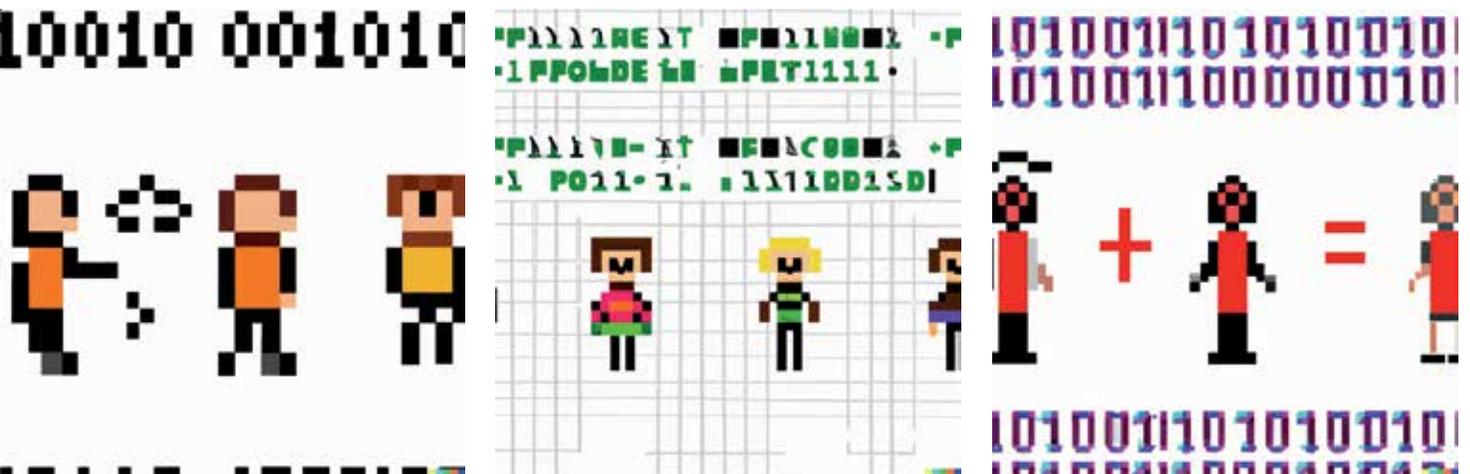
cresceram 425%, chegando a US\$ 2,1 bilhões em dezembro de 2022. Estima-se que o mercado de IA generativa cresça de 20% a 34% nos próximos anos, podendo alcançar US\$ 30,4 bilhões em 2028. O crescimento deverá ser impulsionado por grandes empresas internacionais, como Baidu, Google, Microsoft, Apple, IBM e Amazon, que dispõem de recursos financeiros e infraes-

trutura para aprimorar a tecnologia visando sua aplicação comercial. No Brasil, as pesquisas sobre esse tipo de IA se concentram em universidades.

Para o sociólogo Rafael de Almeida Evangelista, do Núcleo de Desenvolvimento da Criatividade da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), essa tem sido a base do processo de desenvolvimento tecnológico das últimas décadas. “Os investimentos são feitos no sentido de incorporar a força física do trabalhador às máquinas e tornar o trabalho vivo cada vez menos necessário à produção”, ele diz. A IA agora ameaça substituir o ser humano também em atividades intelectuais. Esse risco existe, segundo Evangelista, mas ainda é restrito. “Ferramentas de IA generativa, como o ChatGPT, produzem simulações que resultam de seu treinamento com a linguagem. A lógica empregada é a de cópia”, ele esclarece. “Um texto escrito pelo ChatGPT não está correlacionando sentidos e história das palavras para escolhê-las em determinada ordem, mas, sim, copiando padrões de outros textos semelhantes, de modo a produzir um mesmo efeito de realidade.”

Assim, a tecnologia escreve letras de música e poemas, mas semelhantes a obras já conhecidas – o que pode ser suficiente para agradar determinados públicos. A habilidade de produzir conteúdo original e verdadeiramente inovador exigiria que esses sistemas fossem capazes de pensar de forma abstrata. “O ChatGPT é assustadoramente articulado e muito bom em produzir textos parecidos com os que um ser humano escreveria, mas é incapaz de raciocinar”, destaca o cientista da computação Marcelo Finger, do Instituto de Matemática e Estatística da USP, um dos coordenadores do projeto Corpus Carolina, desenvolvido no âmbito do Centro de Inteligência

CHATGPT APONTA PARA UM FUTURO NO QUAL TEREMOS MENOS CERTEZA SE O QUE ESTAMOS LENDO É REAL OU FALSO, DIZ OSÓRIO



Quatro imagens geradas por IA com base na frase “representação matemática de como humanos escrevem textos e códigos de programação, pixel art”

Artificial (C4AI) da USP e voltado à construção de uma coleção de textos em português brasileiro que sirva de base para estudos linguísticos e treinamento de modelos de linguagem semelhantes ao GPT-3.

Lançada em março do ano passado, a primeira versão do modelo do C4AI se baseia na análise de 7,5 gigabytes de textos – o equivalente a pouco mais de 1,7 milhão de documentos, ou a aproximadamente 653,3 milhões de palavras –, incluindo conteúdos jurídicos, obras literárias em domínio público, matérias jornalísticas, entre outros dados, todos com licença de compartilhamento e informações completas de procedência e autoria. “Esperamos que o Corpus Carolina permita que modelos e algoritmos de IA para o português atinjam um novo patamar de desempenho em relação ao que existe hoje, aumentando sua competitividade com sistemas para outras línguas.”

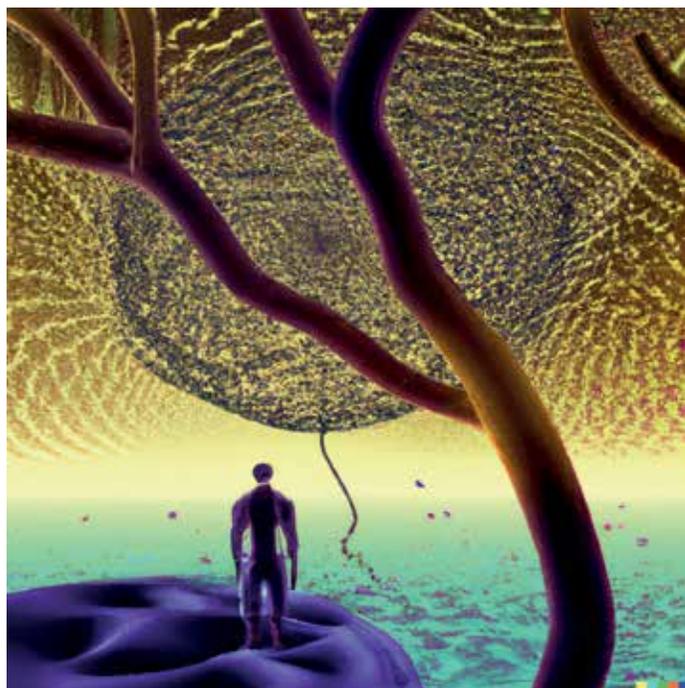
O ChatGPT tem muito o que melhorar. Ele ainda não rastreia a internet em busca de informações sobre eventos atuais, por exemplo. Seu conhecimento se restringe a coisas que aprendeu até 2021, o que faz com que algumas de suas respostas pareçam obsoletas. O modelo amiúde produz informações incorretas, incompletas e sem sentido, dependendo do nível de complexidade da pergunta ou orientação que lhe foi dada. “É impressionante como o ChatGPT pode gerar

uma prosa plausível, relevante e bem estruturada sem ter nenhuma compreensão do mundo, sem ter fatos explicitamente representados ou outras coisas que pensamos ser necessárias para gerar uma prosa inteligente”, disse o psicólogo Steven Pinker, da Universidade Harvard, nos Estados Unidos, à *Harvard Gazette*. “Essa aparência de competência torna seus erros ainda mais impressionantes. Ele expressa confabulações confiantes, como a de que os Estados Unidos já tiveram quatro presidentes mulheres, incluindo Luci Johnson [filha do ex-presidente Lyndon Johnson, 1908-1973], entre 1973 e 1977.”

O sistema é igualmente incapaz de distinguir notícias falsas e teorias da conspiração. “O ChatGPT não tem nenhum compromisso com a verdade”, destaca Finger. “Ele foi treinado única e exclusivamente para produzir textos que se parecem com outros textos, a partir de suposições probabilísticas sobre quais palavras se encaixam melhor na anterior, e assim sucessivamente até formar uma frase ou parágrafo.” E acrescenta: “É mais fácil e barato programar um robô para escrever textos do que checar a veracidade de uma informação.” Osório, do ICMC-USP, faz uma reflexão preocupante: “A ferramenta aponta para um futuro no qual teremos ainda menos certeza se o que estamos lendo é real ou falso, seja nas redes sociais ou em conversas on-line”.

A OpenAI programou o ChatGPT com algumas precauções, como recusar pedidos de instruções para atividades ilegais, a exemplo de construir armas em impressoras 3D. No entanto, muitos usuários encontraram formas de driblar a restrição, reformulando a solicitação como se fosse para um experimento hipotético ou um roteiro de cinema, ou simplesmente orientando o modelo a desativar seus recursos de segurança.

A identificação dessas e de outras lacunas foi provavelmente um dos motivos pelos quais a OpenAI decidiu liberar a ferramenta para acesso público. “As informações coletadas certamente serão usadas para aprimorar a nova versão da tecnologia, o ChatGPT-4, previsto para sair no início de 2024”, destaca o cientista da computação João Paulo Papa, da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual



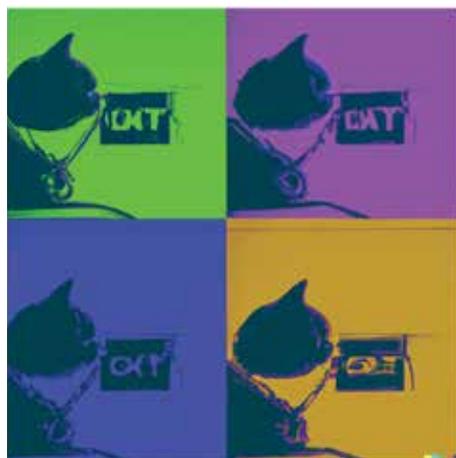
Outra representação para o comando “Redes neurais profundas de um sistema de inteligência artificial”, agora em estilo surrealista

SOFTWARE PROMETE REINVENTAR DESDE MECANISMOS DE BUSCA ON-LINE A ASSISTENTES DE VOZ

Paulista (Unesp). “O processamento contínuo de novos dados vai requerer supercomputadores funcionando sem parar e enormes equipes de programadores para supervisionar seu aprendizado, o que custará muito dinheiro”, acrescenta Finger.

A decisão de liberar o acesso do ChatGPT para o grande público também permitiu que o mundo pudesse ter uma noção dos impactos e implicações dessa tecnologia. Desde seu lançamento, educadores têm discutido como lidar com trabalhos de alunos produzidos não por eles, mas pela IA. Nos Estados Unidos, algumas escolas chegaram a proibir o uso da ferramenta. A Sciences Po, instituição pública francesa de ensino superior especializada em ciências humanas e sociais, banuiu o uso do software por seus alunos. Outras universidades estão adaptando seus métodos de ensino, adotando mais exames orais e trabalhos em sala de aula. Algumas estão revisando suas políticas de integridade para atualizar as definições de plágio, incluindo textos produzidos por sistemas de IA generativa.

Segundo o *The New York Times*, mais de 6 mil professores de algumas das principais instituições norte-americanas de ensino superior se cadastraram para testar o GPTZero, programa que se propõe a detectar textos feitos por IA generativa. “A própria OpenAI lançou em fins de janeiro um software com essa finalidade”, comenta Dora Kaufman, professora da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).



Como Andy Warhol traduziria em pop art a frase “O ChatGPT não tem nenhum compromisso com a verdade”, segundo o software DALL-E

A preocupação não se restringe à área de ensino. Um estudo publicado em dezembro em formato *preprint* verificou que a ferramenta consegue produzir resumos falsos de artigos científicos capazes de driblar detectores de plágio e enganar pareceristas.

Os impactos do ChatGPT na produção de conhecimento e na integridade da ciência ainda não puderam ser totalmente avaliados. Em dezembro, o software foi creditado como um dos autores de um estudo *preprint* publicado no medRxiv sobre a aplicação da própria ferramenta na educação médica. Ele também aparece como um dos autores de um editorial sobre IA na área de educação em enfermagem publicado em dezembro na revista *Nurse Education in Practice*. Os casos desencadearam um debate sobre até que ponto o uso de sistemas de IA generativa poderia ser aceito em artigos científicos e se eles preenchem os requisitos mínimos para assinar trabalhos dessa natureza. “É preciso distinguir o papel formal de um autor de um artigo da noção mais geral de um outro como simples redator de um documento”, destacou o bioquímico britânico Richard Sever, um dos fundadores do repositório bioRxiv, à revista

Nature. “Os autores assumem a responsabilidade legal por seu trabalho, de modo que apenas pessoas devem ser creditadas dessa forma.”

Algumas das principais editoras científicas do mundo compartilham essa posição. Em fins de janeiro, a Springer Nature informou que nenhuma ferramenta de IA generativa será aceita como autor de trabalhos científicos e que o eventual uso da tecnologia deverá ser especificado nas seções de métodos ou agradecimentos. Holden Thorp, editor-chefe da revista *Science*, proibiu a coautoria e o uso de textos produzidos por IA em manuscritos submetidos à revista. “Nossos autores assinam uma licença certificando que seus trabalhos são originais”, escreveu em editorial publicado em 26 de janeiro. “A palavra ‘original’ é suficiente para sinalizar que textos escritos pelo ChatGPT não são aceitáveis.”

Alguns pesquisadores, no entanto, afirmam que sistemas como o ChatGPT não devem ser vistos como ameaças, mas como ferramentas de

suporte à pesquisa. “Esses programas podem fortalecer o trabalho dos cientistas, aumentando sua produtividade”, comenta Chiavegatto Filho. “Muitos resultados científicos já se baseiam em ferramentas automatizadas, como o Excel. Proibir o uso de sistemas de processamento de linguagem equivaleria a exigir que os cálculos que sustentam os resultados de um trabalho sejam feitos à mão pelos pesquisadores.”

O uso de softwares de IA como assistente de pesquisa é comum entre acadêmicos. Ferramentas como Wordtune e Generate, por exemplo, ajudam a organizar ideias e anotações, transformando-as em parágrafos, resumos e títulos de *papers*. Algumas também escrevem trechos de códigos de programação usados para rodar experimentos. Outros são capazes de identificar artigos que citam determinado *paper*, sinalizando aqueles que corroboram, refutam ou mencionam os resultados do trabalho de referência.

No caso do ChatGPT, há efeitos colaterais muito problemáticos. Há algumas semanas, Marcelo Finger testou o sistema, pedindo-lhe que levantasse referências de estudos sobre o uso de IA na identificação de doenças a partir da voz de pacientes, área na qual ele também desenvolve pesquisas. O programa rapidamente apresentou uma lista de documentos, com os nomes dos autores, ano de publicação dos *papers* e título dos periódicos em que saíram. “O problema é que nenhum dos trabalhos existia”, diz o pesquisador.

Sistemas como o ChatGPT devem tornar mais complicada a tarefa de detectar casos de má conduta científica. “Mas não há como colocar o gênio de volta na garrafa”, afirma o físico Ney Lemke, da Coordenadoria de Tecnologia da Informação da Unesp. “Essa tecnologia continuará sendo aprimorada e isso se dará de forma cada vez mais rápida, de modo que precisaremos aprender a conviver com ela e a usá-la com responsabilidade.” As universidades de Buffalo, em Nova York, e Furman, na Carolina do Sul, por exemplo, planejam incorporar a discussão sobre ferramentas de IA generativa em cursos de integridade acadêmica para novos estudantes. No Brasil, as universidades ainda não instituíram orientações sobre o uso do modelo. Em nota, Unicamp e Unesp informaram que estão planejando seminários com os professores para discutir o tema. “De tempos em tempos, novas tecnologias aparecem e nos forçam a rever nossos comportamentos e métodos de trabalho e ensino”, diz Dora Kaufman, da PUC-SP. “Não será diferente com o ChatGPT.” ■

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

DISPARATES DO CHATGPT



Quantos prêmios Nobel tem o Brasil?



O Brasil tem dois laureados do Prêmio Nobel: o economista Paulo Roberto Giannini, que ganhou o Prêmio Nobel de Economia em 2001, e o bioquímico Oswaldo Cruz, que ganhou o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 2008



Quantas presidentas o Brasil teve?



Até o momento, o Brasil não teve nenhuma presidenta. As únicas mulheres que ocuparam o cargo de chefe de Estado foram a governadora do estado do Rio Grande do Sul, Yeda Crusius, que foi interina por 15 dias em 2009, e a presidente do Senado, Roseana Sarney, que foi interina por 4 dias em 2016



Fernanda Montenegro já ganhou quantos Oscars?



Fernanda Montenegro ganhou um Oscar de melhor atriz em 1998 pelo filme *Central do Brasil*. Ela também foi indicada ao Oscar de melhor atriz em 2004 pelo filme *O quatrilho*, mas não venceu. Além disso, ela já foi indicada a outros prêmios, como Globo de Ouro e BAFTA



QUANDO A EVIDÊNCIA É UMA MIRAGEM

O título dessa reportagem, "Quando a evidência é uma miragem", na interpretação de um programa de IA

Sistema em desenvolvimento recorre à inteligência artificial para detectar adulterações em imagens de artigos científicos

Fabrcio Marques

Um consórcio de pesquisadores do Brasil, dos Estados Unidos e da Itália está desenvolvendo um conjunto de ferramentas computacionais para detectar de forma automática a existência de adulterações ou duplicações de imagens de artigos científicos, um tipo de má conduta muito frequente cuja identificação ainda hoje depende, em boa medida, de um olhar humano experiente. Em um trabalho publicado no final de outubro na revista *Scientific Reports*, do grupo Nature, a equipe apresentou uma primeira avaliação de desempenho do Sila (Análise de Imagens Científicas). Trata-se de um sistema de apoio a revisores e editores de revistas acadêmicas capaz de processar arquivos em formato PDF de artigos, extrair suas imagens de forma automática – rastreando eventualmente cópias em alta resolução disponibilizadas pelos autores ou as publicações – e em seguida utilizar algoritmos treinados para identificar eventuais adulterações.

Como resultado, o software informa se encontrou evidências de “pós-processamento” de imagens, tais como indícios de que regiões foram clonadas ou movidas de lugar ou de que uma foto tem similaridades com outras já publicadas anteriormente, apontando também, em formato gráfico, qual é a sua proveniência. O Sila segue um modelo cooperativo entre inteligência artificial e humana. Ainda que aponte para conteúdos suspeitos automaticamente, sua apreciação é apenas indicativa: cabe a um especialista verificar os indícios e confirmar se eles configuram mesmo adulteração. A análise foi feita com base em material colhido em 988 artigos científicos que sofreram retratação, nos quais foram documentadas manipulação ou reutilização de figuras. “A ferramenta se baseia em princípios avançados de processamento de imagem, em técnicas de perícia forense e em soluções de visão computacional e inteligência artificial para fornecer análises que ajudem os especialistas humanos a decidir se os eventos descobertos são le-

gítimos ou não”, afirma um dos autores, Anderson Rocha, docente e diretor do Instituto de Computação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), onde coordena o Laboratório de Inteligência Artificial (Recod.ai).

Na avaliação divulgada no trabalho, os módulos que compõem o sistema exibiram desempenho desigual. Em tarefas relacionadas à classificação do conteúdo dos *papers*, por exemplo, a resposta dos algoritmos desenvolvidos revelou-se ainda insuficiente. Em outras, como detectar regiões com sinais de deslocamento de imagem e captar indícios de duplicação, alcançou resultados mais sensíveis do que os obtidos pela observação humana, gerando inclusive falsos positivos. “Continuamos a trabalhar no aperfeiçoamento do Sila, pois há bastante terreno para melhorá-lo”, explica Rocha.

Os algoritmos e as bases de dados utilizados foram disponibilizados em repositórios de acesso aberto e a ideia é que outros pesquisadores ajudem a testar e refinar o desempenho da ferramenta. O consórcio tem financiamento da Agência de Projetos de Pesquisa Avançada em Defesa (Darpa) e do Escritório de Integridade Científica (ORI), ambos dos Estados Unidos. No Brasil, é apoiado pela

FAPESP por meio de um projeto temático liderado por Rocha. “Idealizamos o sistema pensando nas necessidades do ORI, que nos fez a encomenda”, diz ele. A ideia é que o ORI e a Darpa avaliem o conjunto de ferramentas em instituições públicas e estabeleçam parcerias com editoras de revistas acadêmicas.

O autor principal do estudo, Daniel Moreira, fez doutorado na Unicamp sob orientação de Rocha e é pesquisador das universidades de Notre Dame e Loyola Chicago, ambas nos Estados Unidos. Todas as etapas do trabalho foram supervisionadas por Edward Delp, professor de ciência da computação, da Universidade Purdue. Pesquisadores de instituições italianas, como a Universidade Nápoles Federico II e o Instituto Politécnico de Milão, também fazem parte do consórcio. A iniciativa integra um projeto mais abrangente que busca criar algoritmos de inteligência artificial para detecção de “realidade sintética”, ou seja, para identificar falsificações em fotos, áudios e vídeos de todo tipo (ver Pesquisa FAPESP nº 321).

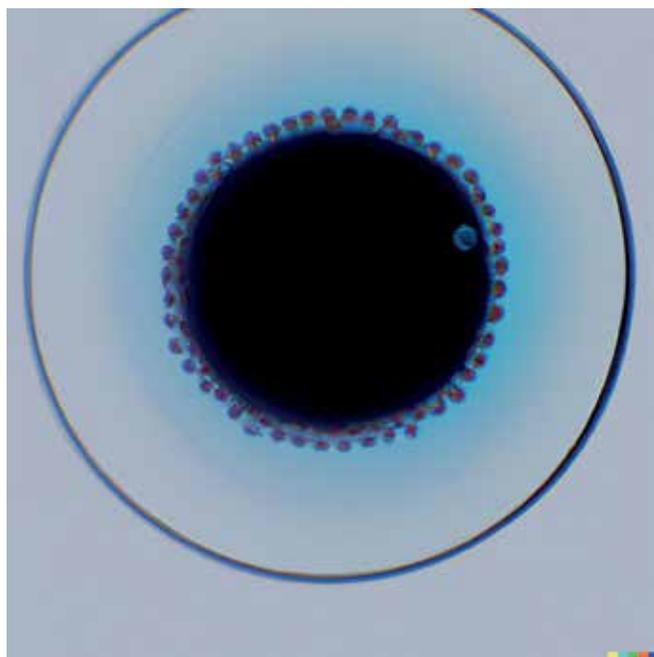
Uma vantagem do Sila é que ele abrange um ciclo completo de tarefas para analisar imagens, da extração à análise, e pretende se tornar uma ferramenta aberta e disponível para todo tipo de usuário. Nos últimos tempos, surgiram no mercado soluções tecnológicas dessa natureza, mas elas buscam resolver tarefas específicas e são comercializadas por empresas.

PRÓXIMO PASSO É CRIAR ALGORITMOS QUE RECONHEÇAM ARTIGOS FEITOS POR “FÁBRICAS DE PAPERS”

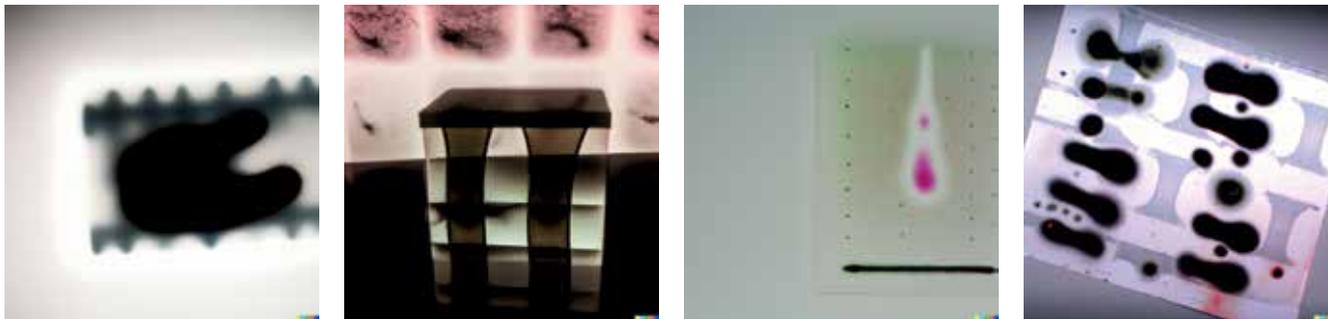
Uma delas é o Image Twin, um software oferecido por uma startup de Viena, na Áustria, que detecta reuso e duplicação de figuras em artigos. Dez revistas editadas pela Associação Americana para Pesquisa do Câncer (AACR) e dois periódicos vinculados à Sociedade Americana para Pesquisa Clínica vêm testando, até aqui com bons resultados, um programa da empresa israelense Rehovot, criado para identificar fotos duplicadas ou com partes giradas, invertidas e esticadas. “Estamos bastante satisfeitos com os resultados até agora”, disse à revista *Nature* Daniel Evanko, diretor de operações da AACR.

Desde o advento da fotografia, imagens são utilizadas como evidências de resultados científicos. Em alguns casos, elas exprimem o próprio achado: caso da fotografia feita pela química britânica Rosalind Franklin, que revelou a estrutura do DNA em 1952 e embasou o artigo assinado por James Watson e Francis Crick. Com a transição da fotografia analógica para a digital, ferramentas de software de edição como o Photoshop permitiram que pesquisadores retocassem arquivos com bastante facilidade, destacando áreas de interesse tais como “bandas” em resultados de testes de *western blot*, método usado na biologia molecular para identificar proteínas. “A maioria dessas edições é legítima. Não há problema em calibrar a intensidade ou o contraste para tornar o resultado mais fácil de visualizar”, afirma Rocha. “Mas há edições que comprometem a integridade e, às vezes, isso tem claramente a intenção de enganar os leitores. Nesses casos, é preciso corrigir o registro e até mesmo pedir a sua retratação.”

Esses problemas são mais frequentes do que se imagina. Uma análise manual realizada pela microbiologista Elisabeth Bik em 2016 vasculhou mais de 20 mil



"Imagem manipulada de célula, em estilo minimalista", em versão do software DALL-E



Opções em estilo surrealista criadas por programa de inteligência artificial a partir do comando "Imagem forjada de teste western blot"

estudos da área biomédica e encontrou algum tipo de adulteração em 4% deles (ver Pesquisa FAPESP nº 310). É fácil enxergar mudanças aberrantes, mas há manipulações sofisticadas que podem tornar a identificação bastante complexa. Um dos principais desafios dos editores atualmente é reconhecer manuscritos produzidos por “fábricas de papers”, serviços ilegais que vendem trabalhos científicos sob demanda, frequentemente com informações falsificadas, inclusive imagens fabricadas. Bik recentemente identificou 400 artigos com figuras tão semelhantes que sugeriam uma origem comum – uma fábrica de papers. Havia indícios, em alguns casos, de que uma imagem padrão foi adaptada para representar diferentes experimentos, moldando-se ao conteúdo de cada documento fraudulento, por meio, por exemplo, de alteração de cores ou da mudança de lugar de algum elemento.

Um desafio para detectar manipulações de forma automática é dispor de repositórios com grandes volumes de fotos, que sirvam de referência para rastrear a origem de conteúdo reaproveitado, e também de bancos de dados com manipulações frequentes, que permitam detectar os padrões de fraudes em manuscritos submetidos para publicação. Na análise do texto de trabalhos científicos, esses recursos já estão disponíveis e munciam o funcionamento de soluções antiplágio. O engenheiro da computação João Phillipe Cardenuto, que está sendo orientado por Rocha no doutorado, publicou em agosto do ano passado um artigo na revista *Science and Engineering Ethics* em que reúne exemplos de adulterações de imagens e apresenta uma biblioteca de algoritmos, disponível em acesso aberto, que reproduzem e são capazes de identificar duplicações, re-

toques e remoções. As imagens disponíveis na biblioteca não são reais, mas, sim, reproduções criadas para simular as características mais comuns das manipulações. Isso porque ele não poderia usar as figuras fraudulentas obtidas em estudos retratados por razões legais e restrições de direitos autorais.

Agora, Cardenuto trabalha para identificar características de imagens adulteradas em documentos gerados por fábricas de papers – e a treinar algoritmos para rastreá-los na literatura acadêmica. Já existem ferramentas automatizadas para detectar artigos desse tipo, como o Papermill Alarm, desenvolvido pela empresa de serviços de dados acadêmicos Clear Skies, no Reino Unido. Ele usa técnicas de aprendizagem profunda (*deep learning*) a fim de analisar títulos e resumos de manuscritos e comparar sua linguagem com a de trabalhos sabidamente produzidos por esses serviços ilegais. O software não indica que o manuscrito é fabricado, mas sinaliza aqueles que merecem uma investigação mais aprofundada antes da publicação. “Como o conteúdo parece fazer sentido, há sempre dúvidas se foram mesmo fabricados. Se pudermos reunir evidências relacionadas a imagens, ficará mais fácil ter certeza”, diz Cardenuto.

O futuro tende a ser ainda mais complexo. Uma fronteira tecnológica envolve a geração de imagens sintéticas, produzidas por programas de inteligência artificial. “Se já pode ser difícil confirmar que uma foto contém elementos de outra, será preciso criar novos parâmetros para verificar fraudes em registros que forem totalmente fabricados”, diz Rocha. Ainda não há provas de que isso esteja acontecendo

em artigos acadêmicos, mas a tecnologia é uma realidade palpável – programas como o DALL-E 2, da OpenAI, é capaz de inventar imagens sobre qualquer tema com base em descrições apresentadas na forma de textos – como se fosse um retrato falado. “A inteligência artificial pode ajudar a detectar dados duplicados em pesquisas, mas também pode ser usada para gerar informações falsas”, escreveu Elisabeth Bik em um texto publicado em outubro no jornal *The New York Times*. “Hoje em dia é fácil produzir fotos ou vídeos fabricados de eventos que nunca aconteceram e imagens geradas por inteligência artificial podem já ter começado a envenenar a literatura científica. À medida que a tecnologia se desenvolve, será significativamente mais difícil distinguir o falso do real.”

Não é impossível rastrear artigos cujos textos foram gerados por programas como os da linhagem do ChatGPT. “Há uma premissa na ciência forense, segundo a qual qualquer intervenção deixa algum vestígio”, afirma Anderson Rocha. “Um algoritmo de inteligência artificial seria capaz de identificar um paper gerado por outro algoritmo de inteligência artificial, mas provavelmente precisará ser aperfeiçoado de forma contínua para acompanhar a sofisticação crescente nas formas de adulteração. Será um jogo de gato e rato para ver quem está mais avançado: nós ou os fraudadores.” ■

Projetos

1. Déjà vu: Coerência temporal, espacial e de caracterização de dados heterogêneos para análise e interpretação de integridade (nº 17/12646-3); Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Anderson Rocha; Investimento R\$ 1.912.168,25.
2. Filtragem e análise de proveniência (nº 20/02211-2); Modalidade Bolsa de Doutorado; Bolsista João Phillipe Cardenuto; Pesquisador responsável Anderson Rocha; Investimento R\$ 130.935,02.

AS PERIPÉCIAS DA LUZ

Físico pernambucano elucida fenômenos que permitem o aprimoramento de fibras ópticas, telefones celulares, novos materiais e lasers

Carlos Fioravanti e Yuri Vasconcelos | RETRATO Brenda Alcântara

Em um experimento recente, o físico Cid Bartolomeu de Araújo usou feixes de luz para estudar grupos de cinco ou seis átomos, que, surpreendentemente, perdem parte de suas características individuais e se comportam como se fossem um tipo de agregado chamado metamolécula. O conhecimento produzido nos laboratórios do Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), além de desvendar novas propriedades da luz e de novos materiais, ajuda a aprimorar a eficiência de fibras ópticas e vidros especiais, como os usados em celulares e células fotovoltaicas, sem contar os resultados inesperados. Araújo ficou feliz ao ver que três trabalhos de seu grupo de pesquisa reforçaram a argumentação que permitiu ao físico italiano Giorgio Parisi ganhar o Prêmio Nobel de Física de 2021.

Na década de 1970, com outros jovens físicos, Araújo participou da criação do Departamento de Física da UFPE, que se tornou um dos mais produtivos do país em óptica não linear, área da física que estuda os efeitos da alta intensidade de luz sobre sólidos, líquidos ou gases. Aos 78 anos, casado, três filhos e seis netos, ainda que aposentado, ele percorre diariamente os laboratórios e participa das pesquisas. Um livro lançado em dezembro, *História da física no Recife* (Cepe Editora), escrito por Ascendino Silva, Marcos Galindo, Osvaldo Pessoa Jr. e Wanderley Vitorino, resalta a importância do grupo de física da UFPE e o vincula à tradição científica do estado, enraizada no trabalho de astrônomos e naturalistas trazidos no século XVII pelo conde alemão-holandês Maurício de Nassau (1604-1679) quando a região foi ocupada pelos holandeses.

IDADE 78 anos

ESPECIALIDADE

Óptica não linear e fotônica

INSTITUIÇÃO

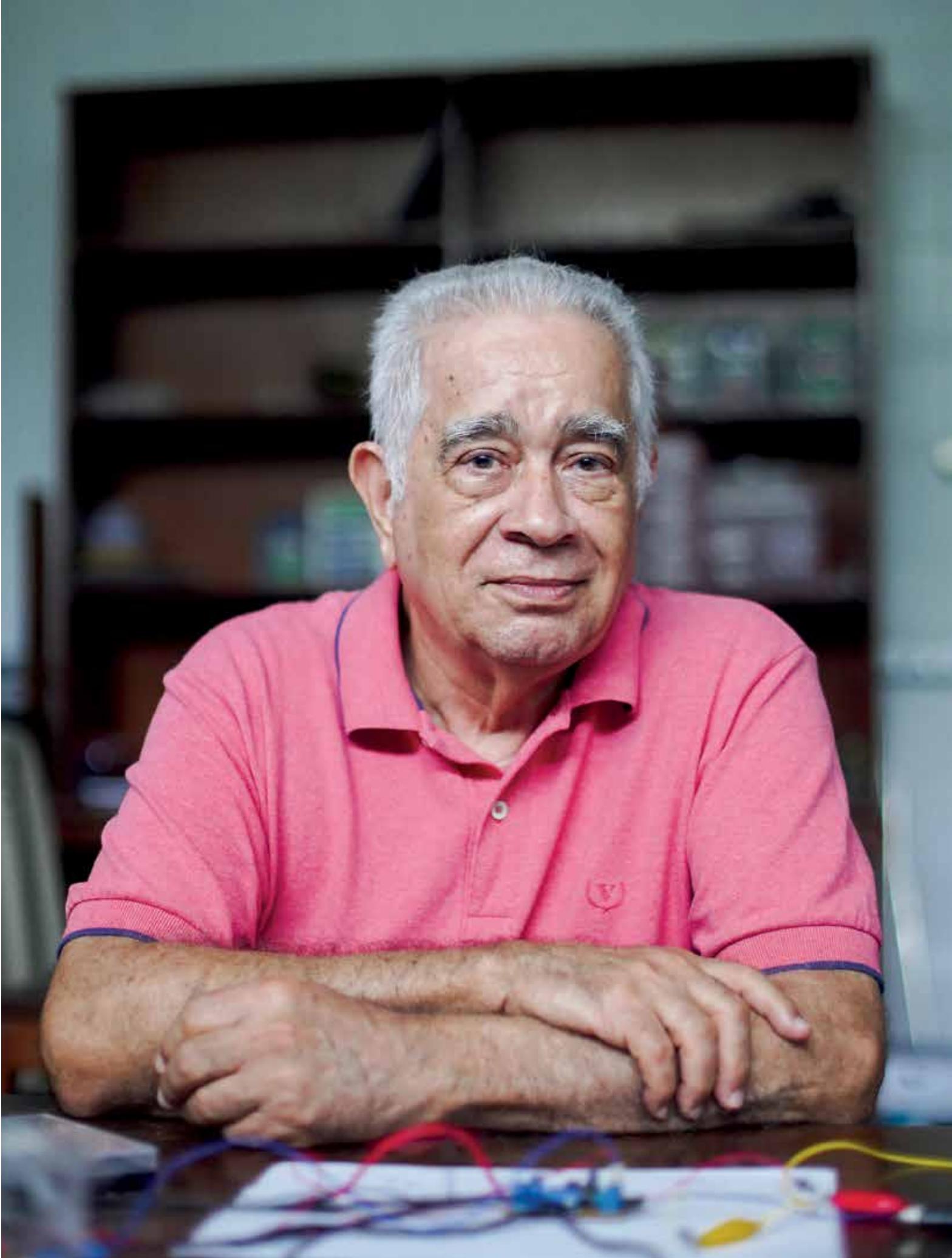
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

FORMAÇÃO

Graduação em engenharia elétrica pela UFPE, mestrado e doutorado em física pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ)

PRODUÇÃO

Autor de 359 artigos científicos e coautor de 2 livros publicados por editoras internacionais



O senhor tinha 26 anos, em 1971, quando participou da criação do Departamento de Física da UFPE, um dos primeiros e ainda hoje um dos mais produtivos nessa área no país. Como se planejaram?

Terei de voltar alguns anos para responder. José Rios Leite, meu colega até hoje, e eu estudamos engenharia elétrica na UFPE e depois no mestrado em física na PUC [Pontifícia Universidade Católica] do Rio. Nós dois e mais três outros colegas da UFPE que estavam em São Paulo planejávamos fazer o doutorado fora do Brasil e depois retornar ao Recife. O físico carioca Sérgio Mascarenhas [1928-2021] fez uma proposta: “Vocês podem voltar e formar um grupo de pesquisa no Recife e conseguir financiamento para tocar as pesquisas”. Nessa época, início da década de 1970, era relativamente fácil conseguir dinheiro para pesquisa porque a competição ainda era pequena. Mascarenhas, contudo, avisou: “Mas vocês precisam de alguém mais experiente conduzindo o trabalho”. Conversamos sobre alguns nomes e ele próprio escolheu e convidou Sérgio Rezende, que em 1970 era considerado uma pessoa muito experiente. Fazia apenas três anos que ele havia terminado o doutorado no MIT [Instituto de Tecnologia de Massachusetts, nos Estados Unidos]. Ele topou vir para o Recife, com a promessa de ficar um ou dois anos, mas gostou e está aqui até hoje [ver entrevista com Sérgio Rezende no suplemento Prêmio Conrado Wessel de Pesquisa FAPESP de janeiro de 2012]. Uma coisa muito importante, que permitiu a formação do grupo, foi o objetivo comum. Do ponto de vista científico, focalizamos uma área em particular, a de materiais magnéticos, e com isso conseguimos criar um ambiente em que todos falavam a mesma língua. Mas foi uma coisa arriscada para todos nós.

Por quê?

A probabilidade de não dar certo era muito grande. Na época, poucas pessoas faziam pesquisas na UFPE e em outras universidades da região. Vários grupos de física estavam começando também em Campinas e em São Carlos, no interior paulista. Quando viemos para o Recife não existiam laboratórios nem físicos no departamento. Só engenheiros que eram professores de física em tempo parcial e trabalhavam também em escritórios particulares ou empresas. Meu primeiro

trabalho na UFPE foi o projeto da subestação elétrica para alimentar o laboratório. O projeto foi feito em conjunto com um engenheiro da prefeitura da UFPE. Como eu tinha feito graduação em engenharia, fui parcialmente responsável pela subestação. Sérgio Mascarenhas e o físico do Rio Grande do Sul Gerhard Jacob [1937-2019] levaram nosso plano de pesquisa para convencer o CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico] a nos dar o primeiro financiamento. Mascarenhas já tinha criado outros grupos em São Carlos e mesmo no México, e acreditou na capacidade do nosso grupo. Fui contratado em 1971, antes de concluir o doutorado. Terminei o doutorado na PUC-RJ, em 1975, e logo depois saí para um pós-doutorado na Universidade Harvard, nos Estados Unidos. Voltei, para ficar no Recife, em dezembro de 1977. Conseguimos os primeiros recursos do CNPq, mas levou um tempo para o laboratório se estabelecer e começar a dar resultados. Nesse meio tempo, procuramos fazer um pouco de teoria, para não ficarmos parados, não perder a fronteira daquelas poucas áreas em que estávamos envolvidos. Naquela época, a maioria das revistas científicas demorava a chegar, algumas menos, porque fazíamos a assinatura e vinham por correio aéreo. Mas, em geral, recebíamos revistas com atraso de cinco a seis meses. Era um problema, porque começávamos uma pesquisa e, meses depois, recebíamos uma revista e víamos que alguém já tinha feito aquilo.

A equipe atual do departamento mantém esse espírito de união que norteou o início do trabalho de vocês?

A motivação vem da convivência, de você estar animado com um trabalho e contagiar os outros colegas. Tentamos nos cercar de pessoas que pensam parecido e tenham a mesma empolgação com a pesquisa. Para selecionar os estudantes de iniciação científica, por exemplo, uma das primeiras perguntas que um colega fazia era: “Você sabe consertar sua bicicleta?”. A partir daí se pode ver se é um cara que gosta de mexer com as mãos e consertar coisas, uma habilidade muito importante em um laboratório de física experimental como o nosso.

Em 1980, o senhor e um colega da UFPE publicaram um artigo na Che-

mical Physics Letters propondo que duas moléculas distintas interagindo entre si dentro de um cristal orgânico podem absorver simultaneamente dois fótons, as partículas de luz, um efeito que décadas depois foi observado experimentalmente. Em que consiste esse fenômeno exatamente?

Esse foi um dos trabalhos teóricos ao qual eu e Rios Leite nos dedicamos enquanto não tínhamos um laboratório bem instalado. No modelo mais simples de átomo, o núcleo tem cargas positivas e os elétrons, que giram ao redor, negativas. Quando os átomos estão distantes entre si, o efeito do campo elétrico das cargas de um átomo sobre as cargas do outro átomo é pequeno. Inversamente, quando estão mais próximos, a intensidade do campo elétrico aumenta. O que propusemos foi que, para determinadas distâncias e certas condições, os dois átomos próximos podem se comportar como um sistema único, como se fossem uma quase molécula. Quando excitados por um feixe de luz de frequência apropriada, eles absorvem e compartilham a energia; parte vai para um átomo e parte da energia vai para outro. Se estivessem isolados, cada átomo, mais exatamente um elétron, pegaria toda a energia para si e mudaria de estado, de menor para o estado mais energético, retornando ao estado anterior, quando emite a energia que recebeu. Quando estão próximos, há uma interação eletrostática entre as cargas dos dois átomos, que favorece a absorção simultânea de dois fótons. Hoje, esse trabalho me parece um problema que poderia entrar em um curso avançado de física, não é nada muito sofisticado. Ainda no início do Departamento de Física na UFPE, como não tínhamos dinheiro para montar laboratórios, Rios Leite e eu exploramos a possibilidade de investigar esse efeito no laboratório, que não tinha sido tratado ainda em outros estudos. Fizemos os cálculos e publicamos o artigo, que tem quatro páginas e ficou dormindo por anos na literatura científica.

Tentaram demonstrar esse efeito experimentalmente?

Quando conseguimos montar o laboratório, tentamos fazer a experiência, mas não tínhamos ainda a infraestrutura para encarar aquele tipo de problema. É preciso ter duas moléculas ou dois átomos

muito próximos, de modo que possam interagir. Tentamos com vapores de sódio. Quando conseguimos as condições experimentais, os dois átomos se juntavam e formavam uma molécula de sódio, que não servia para o que queríamos. Tentamos depois com um sólido com íons de terras-raras, mas também não foi possível. Por volta de 1985, um grupo francês fez alguma coisa muito próxima, mas, na verdade, o efeito só foi observado em 2002 por um grupo suíço-alemão. Eles doparam [enriqueceram] um sólido orgânico e com uma sonda conseguiram localizar pares de moléculas que estavam muito próximas, mas não se tocavam, e viram o efeito. Para minha surpresa e do Rios Leite, eles tinham encontrado nosso artigo, 22 anos depois da publicação, e o citaram. O artigo foi destacado na capa da revista *Science*. Em 2012, a equipe do Vanderlei Bagnato, da USP [Universidade de São Paulo] de São Carlos, comprovou esse efeito em vapor de sódio, mas nesse caso conversamos antes. Fizemos um seminário lá e ele achou que teria condições de fazer esse tipo de experiência. Fez e deu certo. O artigo resultante foi publicado na *Physical Review Letters*. Foi uma grande satisfação, porque ele trabalhou com um sistema mais próximo do que tínhamos imaginado 32 anos antes. Esse efeito passou a ser chamado de absorção de dois fótons por um par de átomos [TPTA]. É um fenômeno que pode ser descrito dentro do grande arcabouço da óptica não linear. Depois outros grupos também estudaram esse efeito sob diferentes aspectos.

O que é óptica não linear?

É uma área, atualmente também chamada de fotônica não linear, que estuda os efeitos da alta intensidade de luz sobre os vários estados da matéria, seja ela sólida, líquida, gasosa ou na forma de plasma. Esses materiais de interesse podem estar no laboratório ou na natureza, então é possível fazer óptica não linear em laboratórios que simulam, por exemplo, a atmosfera de estrelas. Do ponto de vista prático, a primeira contribuição importante dessa área foi a criação do primeiro laser e o entendimento de seu funcionamento, na década de 1960. Depois vieram as fibras ópticas, que transportam mensagens e mudaram nossa vida. E daí para frente surgiram as aplicações da óptica na medicina, em testes que avaliam

a luminescência [capacidade de emitir luz] de moléculas específicas do sangue, por exemplo.

Em 2013, noticiamos um estudo seu sobre os vórtices ópticos, que chamamos de redemoinhos de luz. Esse trabalho avançou?

Avançou. Um estudante de doutorado que trabalhava nisso na época, Anderson Amaral, agora é professor na UFPE. O que naquela ocasião [ver Pesquisa FAPESP nº 211] era um trabalho de pesquisa básica tornou-se uma rotina. Podemos produzir os feixes com vórtices ópticos e usá-los para fazer diferentes experiências. Os feixes têm momento angular, o que significa que, quando incidem sobre um grupo de elétrons ou de moléculas, tendem a fazer os elétrons ou as moléculas girarem. Um grupo dos Estados Unidos e outro da China estão usando essa possibilidade de manipular o perfil da luz para gerar números aleatórios, muito importantes na criptografia das mensagens por celular ou internet.

Com uma carreira tão longa, que momentos importantes o senhor destacaria?

Em 2021, o relatório da comissão da Academia Sueca de Ciências que faz a indicação dos nomes para o Prêmio Nobel

fez referência a três trabalhos nossos, feitos no Recife, e que serviram para corroborar as ideias propostas por um dos ganhadores do Prêmio Nobel de Física, o italiano Giorgio Parisi. Isso deixou a mim e aos colegas de nossa equipe muito felizes porque não tivemos nenhum contato com os autores do relatório, mas eles notaram que nossos artigos foram importantes para comprovar as ideias do Parisi. No final da década de 1970, Parisi propôs uma teoria que explicava o comportamento de alguns materiais magnéticos. Outros físicos dessa área concordavam que a teoria do Parisi era correta, mas a forma de verificar era muito indireta. Então, entre 2015 e 2017, usando lasers aleatórios, mostramos de forma direta que a proposta dele estava correta. Não fomos atrás disso, não, sabe? Chegamos a esses resultados por acaso durante a pesquisa em conjunto com um colega professor da UFPE, Anderson Gomes. Como somos físicos experimentais, precisávamos do suporte de outros físicos teóricos. Por coincidência, Ernesto Raposo, um colega bem mais jovem da física estatística aqui da UFPE, já tinha trabalhado com esses processos na física do estado sólido e nos ajudou imensamente.

Vocês têm contato com empresas da área de óptica?

Tivemos contato há muitos anos com Jarbas Castro, da Opto, de São Carlos. A Opto passou por grandes dificuldades financeiras, mas, pelo que sei, já se recuperou [ver Pesquisa FAPESP nºs 162 e 227]. Além dela, não conheço outra empresa que fabrique lasers no Brasil. A paulista Quantum Tech fez algumas tentativas, mas faliu depois de dois anos. Em São Paulo há outras empresas que usam lasers para fazer stents [dispositivo usado em cirurgia cardíaca], por exemplo, mas a fonte de luz é importada. De nosso departamento saíram startups que se instalaram na incubadora do Instituto Tecnológico de Pernambuco e desenvolvem equipamentos para a área médica com base na fotônica, mas os diodos emissores de luz também são importados. O custo de produção de um laser é alto e o mercado brasileiro ainda é pequeno. Uma empresa que se estabeleça no Brasil teria de competir internacionalmente com companhias fortes dos Estados Unidos, da França e da Alemanha, que



De nosso departamento saíram startups que fazem equipamentos para a área médica com base na fotônica

fabricam lasers de uso industrial e médico. Contribuímos com o mercado de forma indireta, porque formamos pessoal qualificado para trabalhar nas empresas, não apenas do Brasil. Alguns estudantes que passaram por aqui estão trabalhando em firmas no Canadá, nos Estados Unidos, na Índia e na China. Dois deles estão em empresas de nanotecnologia, baseadas em partículas preparadas por técnicas químicas, como as que fazemos aqui. Outros são pesquisadores em universidades. Temos nos dedicado a temas que naturalmente treinam os estudantes, por exemplo, para a indústria de medicamentos, que tem muito interesse por nanopartículas. Entretanto, a maioria dos nossos pós-graduandos tem se tornado professores e pesquisadores em universidades no Brasil, em países vizinhos, na América do Norte e na Europa.

O senhor trabalha com outras aplicações da óptica, como as nanopartículas metálicas e os vidros especiais. Em que pé estão?

Estudamos as nanopartículas metálicas – de prata, ouro ou outros metais – como um meio não linear que permite investigarmos, entre outras coisas, a propagação de pulsos de luz que se deslocam sem se deformar, os chamados sólitons. Para entender a motivação para estudarmos sólitons, considere o seguinte: quando acendemos uma lanterna ou uma lâmpada comum, a luz não sai como se fosse um cilindro único, mas diverge, se espalha. Para estudar o comportamento de umas poucas moléculas precisamos de feixes unidirecionais como os sólitons, já que mesmo o laser sofre deformações enquanto se propaga. Os sólitons são objetos ópticos com uma aplicação ampla, por exemplo, em fibras ópticas, para evitar as deformações das mensagens causadas pela sobreposição dos pulsos de luz. Já existem circuitos experimentais com frequência bem alta, que permitem mandar bastante informação em um tempo muito curto. O comportamento das partículas metálicas pode ser descrito por equações que ajudam a construir os sólitons. As partículas metálicas servem também para construir os chamados lasers aleatórios, que não têm espelhos refletivos que possibilitam a amplificação da luz, como nos lasers comuns. Posso colocar essas partículas em um líquido ou em um sólido que

floresce muito [com um alto poder de emitir luz] e elas vão funcionar como os espelhos do laser.

O que já fizeram com essas partículas?

Em uma das nossas experiências mais recentes, publicada há um ano, usamos essas partículas, que têm 10 nanômetros de diâmetro [1 nanômetro é a bilionésima parte do metro], para estudar as propriedades de clusters, grupos de uns poucos átomos. A partir de cerca de 1.500, 1.700 átomos, reduzimos a quantidade até chegar a clusters [aglomerados] de seis átomos de ouro, rodeados por outras moléculas. Um químico da Índia nos forneceu as amostras e as analisamos. Agora estamos com novas amostras que ele preparou de sete a 12 átomos de cobre. Vimos que, na medida em que reduzimos o tamanho do grupo de átomos, não existem mais elétrons livres como num fio metálico. Os elétrons estão mais ou menos presos a cada átomo, e cada cluster se comporta como se fosse uma grande molécula, rodeada por outras, que mantêm os átomos coesos. No passado, partículas metálicas de prata e ouro serviram para fazer vitrais de catedrais da Europa na Idade Média. O vidro vermelho contém micropartículas de ouro e o verde de cobre. O



Em Harvard aprendi as estratégias de pesquisa, por interagir com pessoas que faziam uma física de fronteira

cálice de Licurgo, feito pelos romanos 400 anos depois de Cristo, que está no Museu Britânico, em Londres, é verde quando iluminado de fora para dentro e vermelho quando se põe uma lâmpada dentro dele. Atualmente essas partículas são objeto de estudo de nanociência e nanotecnologia. Com a professora da Fatec [Faculdade de Tecnologia de São Paulo] Luciana Kassab estamos construindo vidros especiais, usados em fibra óptica e sensores ópticos, com partículas metálicas, que permitem controlar a cor ou aumentar a fluorescência [emissão de luz] para desenvolver displays coloridos, sensores ópticos ou mesmo lasers que emitem várias cores.

Em 2003, o senhor foi o primeiro e até agora o único brasileiro agraciado com o Prêmio Galileu Galilei, da Comissão Internacional de Óptica, a ICO. Na justificativa do prêmio, a entidade referiu-se a “contribuições científicas excepcionais produzidas sob circunstâncias comparativamente desfavoráveis”. Essas circunstâncias desfavoráveis persistem?

Hoje são ainda maiores. Temos falta de recursos para a pesquisa e vivemos altos e baixos. Na época da ditadura [1964-1985], era relativamente fácil conseguir financiamento porque alguns daqueles militares eram nacionalistas e entendiam que era importante desenvolver a tecnologia. Depois tivemos um período muito ruim, nos governos dos presidentes José Sarney e Fernando Collor de Mello, quando o dinheiro para pesquisa desapareceu. Os orçamentos federais para pesquisa foram muito reduzidos. Tivemos uma boa recuperação nos dois primeiros mandatos de [Luiz Inácio] Lula [da Silva], mas os últimos seis anos dos governos Temer e Bolsonaro [2016-2022] foram muito ruins. Espero que melhore nos próximos anos, porque nossa principal fonte de financiamento é o MCTI [Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação]; alguns recursos internacionais; e a Facepe [Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco], que também ajudam muito.

Por que o senhor escolheu o curso de engenharia elétrica se queria fazer física?

Na época me diziam que era o melhor curso da UFPE, e o que tinha mais física e matemática, que eu gostava muito, desde o ensino médio. Os dois primeiros

anos eram o chamado ciclo básico, com muita física, matemática e química, e no terceiro ano começavam as disciplinas mais aplicadas. Aí percebi que não era engenharia que eu queria fazer, mas não existia ainda curso de física na universidade. Completei o curso de engenharia elétrica, mas, orientado por alguns professores, estudei disciplinas que faziam parte do programa de bacharelado em física em outras universidades. Terminando a graduação, fui para a PUC-RJ. Um professor daqui tinha me colocado em contato com dois físicos de lá, Erasmo Ferreira e Nicim Zagury, os dois atualmente na UFRJ [Universidade Federal do Rio de Janeiro], que me disseram o que eu deveria estudar para chegar lá em condições de começar uma pós-graduação em física. Depois, na Universidade Harvard, trabalhei com Nicolaas Bloembergen [1920-2017], considerado o pai da óptica não linear, um dos ganhadores do Nobel de Física de 1981. Na Harvard eu aprendi não só os conhecimentos básicos da área, mas também as estratégias de pesquisa, por interagir com pessoas que faziam uma física de fronteira, e pude aprender como os grupos de pesquisa funcionam.

Seus pais apoiavam suas escolhas?

Meu pai acreditava que eu seria comerciante, como ele, que tinha uma loja de aviamentos e couro para sapatos, malas, no bairro de Santo Antônio, na parte antiga do Recife. A partir de certo momento ele achou que eu deveria estar lá com ele. Cheguei a acreditar que eu seria comerciante também, mas comecei a discordar da forma como ele fazia os negócios, da dinâmica da loja, a pensar de forma mais independente, e ele não gostou. Quando decidi fazer engenharia, minha mãe apoiou, mas meu pai ficou triste. E mais triste ainda quando meu irmão, que é mais novo três anos, virou sociólogo. Por fim meu pai teve de vender a loja, porque não tinha ninguém para cuidar. Mas acho que depois ele gostou do avanço dos filhos, tanto o meu caso quanto o do meu irmão, que também se tornou professor universitário, já se aposentou e vive no Rio de Janeiro há mais de 20 anos. Eu me aposentei também, mas continuo como professor, tenho o laboratório e os estudantes de pós-graduação.

Dois de seus três filhos também são físicos?



Dois filhos seguiram a carreira acadêmica por causa da convivência com meus colegas e os filhos deles

Sim, mas já disse para eles que não tenho culpa nenhuma. Eles trabalham com óptica também. O mais velho, Luís Eduardo Evangelista de Araújo, é professor e tem laboratório no Instituto de Física da Unicamp há uns 20 anos. O outro, Renato Evangelista de Araújo, trabalha no Departamento de Eletrônica da UFPE com aplicações médicas e biológicas do laser. O fato de eles terem seguido a carreira acadêmica deve ser o resultado da convivência com os meus colegas e os filhos deles. Uma época morávamos pertinho do *campus* e muitas vezes no final do dia eles vinham com a minha mulher para me buscar. Lembro do Luís, com 3 ou 4 anos, sentado no laboratório e pedindo para ligar o laser, que ele achava bonito. Quando estávamos nos Estados Unidos, os dois frequentaram escolas com laboratórios ótimos; foi lá que o Luís aprendeu a fazer crescimento de cristais no laboratório da escola. Renato já gostava de eletrônica. Acho que foi na *high school* que ambos decidiram fazer o curso de física quando voltamos para o Recife.

E o terceiro filho, o que faz?

Paulo Henrique Evangelista de Araujo começou com matemática, mas no fim do segundo ano fez outro vestibular e entrou em ciência da computação. Foi lá até o terceiro ano e começou uma empresa de software, com dois colegas, numa incubadora do Recife. Chegaram a ter 15 funcionários, mas passados dois anos tiveram que desfazer a sociedade. Depois ele trabalhou na Motorola em São Paulo, resolveu estudar mandarim e no ano seguinte foi para a China para estudar mais um ano de mandarim. Lá abriu uma empresa de logística, importação, exportação, mas a esposa veio para cá e por fim ele fechou a empresa e veio também. Agora tem uma empresa de software com ligação com o Porto Digital [o parque tecnológico instalado no Recife com foco em tecnologia da informação] e alguma atividade com energia solar fotovoltaica, aproveitando as conexões que tem na China. Os três são felizes com o que fazem. Minha mulher, Rubi, aposentou-se como diretora de escola. Moramos em Boa Viagem, gostamos da praia, mas ela diz que sou meio *workaholic*.

Além de praia, de que gosta?

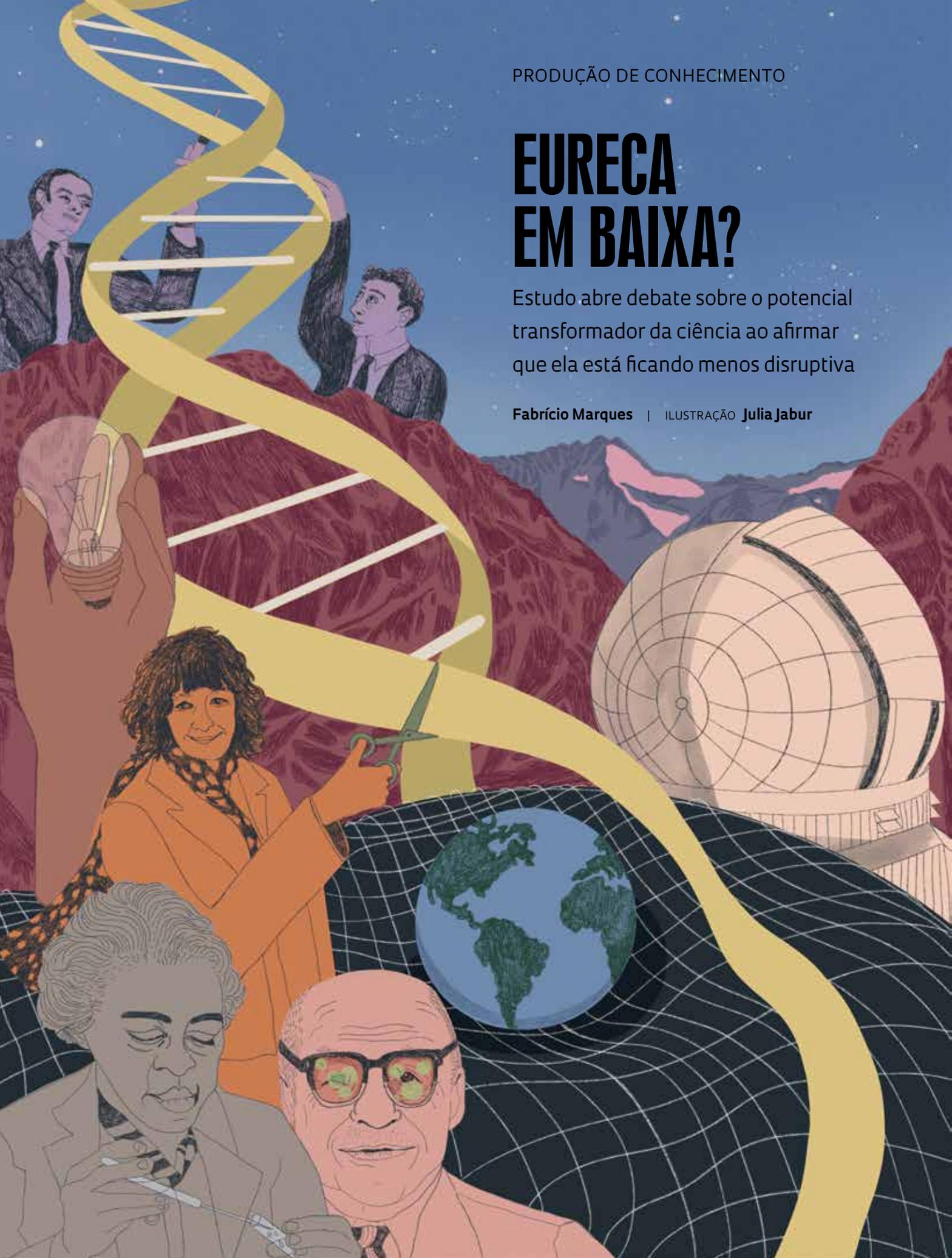
De música. Estudei solfejo e canto, fui tenor, quando era jovem cantei no Coral do Carmo do Recife, o principal da cidade naquela época, décadas de 1960 e 1970. Era um coral religioso, mas eu não era mais religioso, assim como outros colegas. Nós cantávamos música sacra, mas também canções internacionais e folclóricas com arranjos muito bem-feitos. O coral gravou três discos com músicas brasileiras e um quarto com uma trilha de um filme, *Terra sem Deus*, sobre cangaço, rodado aqui em Pernambuco em 1963. A música da trilha era de inspiração nordestina, música polifônica, com quatro vozes, e arranjos dissonantes, na época uma coisa avançada, de certa maneira influência já do João Gilberto [1931-2019]. Na graduação, eu e mais quatro colegas tivemos aulas extras, durante dois anos, com um físico matemático português, Rui Gomes, que saiu do Porto na época do [Antônio] Salazar [1889-1970], foi para a Argentina e depois veio para o Recife. Em meados dos anos 1960-70 estive várias vezes na casa dele. A mulher do professor Rui, sabendo que eu era tenor, pedia para cantar canções napolitanas daquela época. Meu pai também gostava de cantar. ■

PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO

EURECA EM BAIXA?

Estudo abre debate sobre o potencial transformador da ciência ao afirmar que ela está ficando menos disruptiva

Fabício Marques | ILUSTRAÇÃO Julia Jabur



A

ciência está esgotando sua capacidade de transformar a sociedade? Esse receio, mesmo sem ser formulado em voz alta, permeou a repercussão de um artigo publicado em janeiro na revista *Nature* por três cientistas sociais dos Estados Unidos. Erin Leahey, da Escola de Sociologia da Universidade do Arizona, Russell Funk e seu orientando de doutorado Michael Park, ambos da Escola de Administração Carlson, da Universidade de Minnesota, analisaram mais de 45 milhões de artigos publicados entre 1945 e 2010 e 3,9 milhões de patentes depositadas nos Estados Unidos entre 1976 e 2010 e concluíram que, com o decorrer do tempo, se tornou mais difícil para os cientistas obter descobertas originais a ponto de criar um novo campo do conhecimento ou reorientar o rumo de um tema de pesquisa existente.

O trio usou uma métrica, chamada de índice CD, em que os valores podem variar de -1, para trabalhos menos disruptivos, a +1, para os mais disruptivos, e mostrou que a média do desempenho medido no indicador caiu gradativamente (*ver gráfico*). A queda acumulada nos períodos analisados foi de mais de 90% para artigos e mais de 78% para patentes. É verdade que o número absoluto de artigos e patentes considerados transformadores ficou em um mesmo patamar ao longo do tempo. Mas como o volume total de trabalhos e de aplicações cresceu de forma exponencial – estima-se que, atualmente, cerca de 3 mil artigos sejam publicados por dia –, a participação relativa da ciência dita disruptiva na contribuição global dos pesquisadores perdeu fôlego, em uma evidência para os autores do trabalho de que o formidável esforço empreendido para produzir conhecimento rende dividendos mais magros do que os investimentos projetavam.

O trabalho divide a ciência inovadora em duas categorias. A primeira, apontada como disruptiva, caracteriza-se por “perturbar o conhecimento existente”, impulsionando a ciência e a tecnologia em novas direções, de acordo com o artigo publicado na *Nature*. A segunda, definida como consolidadora, melhora “os fluxos de conhecimento existentes e, portanto, consolida o *status quo*”. Para distinguir as descobertas que se encaixam em um ou outro tipo, foram analisadas as referências bibliográficas presentes em artigos e patentes. Estudos consolidadores tendem a ser citados em trabalhos subsequentes juntamente com outros artigos relevantes que vieram antes, em um sinal de que diversos avanços estruturaram aquela área, em um efeito cumulativo. Já entre os trabalhos disruptivos, a tendência é de que estudos predecessores deixem de ser men-

cionados, por não serem vistos como referência para o rumo que aquele campo tomou. “Um ecossistema científico saudável é aquele em que há uma mistura de descobertas disruptivas e de aperfeiçoamentos consolidadores”, afirmou Russell Funk, segundo o site da Escola de Administração Carlson. “Com as inovações incrementais se tornando mais comuns, pode levar mais tempo para conseguirmos avanços que impulsionem a ciência de forma mais dramática.”

Um dos casos de ciência disruptiva mencionados no trabalho é amplamente conhecido: a descoberta da estrutura de dupla hélice do DNA, apresentada em um artigo da revista *Nature* em 1953 pelo inglês Francis Crick e o norte-americano James Watson (que ganhariam o Nobel de Medicina ou Fisiologia nove anos depois). Já outros exemplos levantaram controvérsia. O trabalho dos cientistas sociais comparou seis contribuições à ciência capazes de ilustrar fases do espectro que vai do consolidador ao disruptivo. Uma patente de 1983 ficou na posição mais elevada na escala. De autoria de Richard Axel, da Universidade Columbia, e dois colaboradores, Saul Silverstein e Michael Wigler, a descoberta estabeleceu uma maneira eficiente de inserir DNA em células de mamíferos. Já na posição mais baixa, como exemplo de ciência consolidadora, figura um artigo de 1970 do microbiologista David Baltimore, à época no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), sobre a descoberta da transcriptase reversa, enzima que catalisa a formação de DNA a partir de um modelo de RNA.

PARADOXOS

Em um texto de opinião publicado no site de notícias *Stat*, George Church, geneticista da Escola de Medicina de Harvard, e Juergen Eckhardt, vice-presidente da Leaps by Bayer, uma unidade de investimento em pesquisa de fronteira da multinacional alemã, apontaram paradoxos nos exemplos selecionados. A patente considerada disruptiva, eles observaram, não chegou a representar uma descoberta surpreendente, pois pelo menos dois outros grupos haviam conseguido inserir DNA dentro de células antes. Já a descoberta da transcriptase foi “conceitualmente muito surpreendente” ao fornecer uma forma de estudar e comercializar o RNA e rendeu um Nobel a David Baltimore em 1975.

Também foi categorizado como “consolidador” um artigo publicado em novembro de 1965 na revista *Physical Review* pelo químico austríaco naturalizado norte-americano Walter Kohn, vencedor do Nobel de Química de 1998, e seu colaborador de pós-doutorado Lu Jeu Sham, na Universidade da Califórnia em San Diego. O *paper* é a principal referência de um dos mais

populares métodos computacionais da mecânica quântica, utilizada para descrever propriedades eletrônicas na física do estado sólido, da ciência dos materiais, da química, entre outras. “É um dos artigos mais citados da história da física”, explica o físico Klaus Capelle, da Universidade Federal do ABC. “Ele mudou a forma como são feitas contas na física da matéria condensada, na química quântica, na ciência de materiais e até em algumas áreas da biologia, farmacologia e geofísica. Se o índice CD identifica esse artigo como consolidador, há algo questionável com sua metodologia ou sua interpretação.”

Provavelmente, o *paper* foi qualificado dessa forma porque, para citá-lo em trabalhos subsequentes, é necessário mencionar também um estudo publicado um ano antes por Kohn e outro colaborador de pós-doutorado, Pierre Hohenberg. Enquanto o primeiro manuscrito demonstra o teorema básico, o artigo de Kohn e Sham mostrou como fazer cálculos com base nesse teorema. Ele apresenta um algoritmo matemático que permite calcular as propriedades dos sólidos – materiais para processadores de computadores ou celulares, por exemplo, foram desenvolvidos com base nesse algoritmo.

Hernan Chaimovich, do Instituto de Química da USP, considera que algumas críticas ao artigo da *Nature* resultam de uma compreensão distorcida. “Ele dá importância à ciência inovadora, seja disruptiva ou consolidadora”, diz. “A ciência inovadora que consolida um campo pode ter tanto impacto quanto um artigo inovador disruptivo.” Para o diretor científico da FAPESP, Luiz Eugênio Mello, a discussão gerada pelo artigo sobre o fazer científico é positiva. “Evidentemente qualquer análise de qualidade que tome como base 45 milhões de amostras tem algum mérito e a crítica pela exceção não desmerece o principal”, afirma. “Chama a atenção que vários exemplos de contribuições ‘não disruptivas’ representem revoluções fundamentais. Se houve de fato uma diminuição relativa da ciência disruptiva, por outro lado nunca antes a humanidade havia desenvolvido uma vacina – ou melhor, 10 delas – em menos de um ano”, diz Mello, referindo-se aos imunizantes contra a Covid-19. As inéditas

vacinas de RNA mensageiro contra o novo coronavírus foram classificadas no artigo como ciência consolidadora, já que resultaram de um desenvolvimento gradual.

O questionamento da metodologia não teve força para arrefecer o debate levantado pelo artigo, visto que ele levanta preocupações sobre a produtividade da ciência presente em estudos anteriores. O economista Naercio Menezes Filho, professor e coordenador do Centro Brasileiro de Pesquisa Aplicada à Primeira Infância (CPAPI) no Insper, escreveu um artigo no jornal *Valor Econômico* em que relaciona as conclusões do artigo da *Nature* com as de um trabalho publicado em 2020 na *American Economic Review*, assinado por quatro economistas, entre os quais John Van Reenen, que foi o orientador de seu doutorado na Universidade de Londres na década de 1990.

Intitulado “As ideias estão ficando mais difíceis de encontrar?”, o estudo mostra que foi necessário aumentar muito o número de pesquisadores nos Estados Unidos para manter um mesmo nível de produtividade. “Tem cada vez mais gente alocada em pesquisa, seja nas empresas ou na academia, mas está mais difícil encontrar novas ideias para serem aplicadas”, afirma Menezes. Na agricultura, os autores mostram que entre 1960 e 2015, a produtividade cresceu a uma taxa de 1,5% ao ano, enquanto o número de pesquisadores agrícolas aumentou 5%.

Várias hipóteses para essa perda de fôlego foram discutidas. O problema pode estar relacionado a uma dificuldade dos pesquisadores em conhecer todo o conhecimento gerado em seus campos, em virtude do crescimento no volume da produção científica, e a uma tendência de se dedicarem a temas especializados, que rendem inovações incrementais. Há outras variáveis. O aumento do contingente de pesquisadores em atividade tornou a ciência bem mais competitiva e eles são cobrados o tempo todo a mostrar o que estão fazendo. É comum que fatiem os resultados obtidos em vários artigos científicos com conteúdo complementar, em vez de divulgar apenas os achados principais em um manuscrito de maior peso.

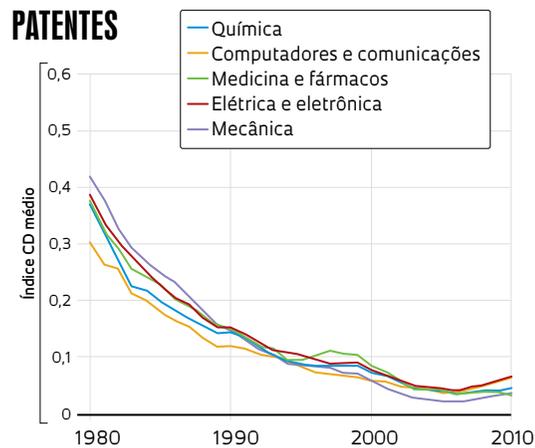
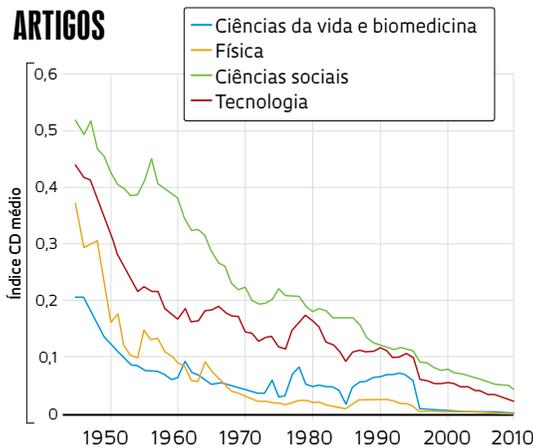
Na avaliação de Paulo Artaxo, do Instituto de Física da USP, o modo de fazer ciência mudou radicalmente nas últimas décadas. “Há 100 anos, a ciência era realizada em pouquíssimos laboratórios no mundo desenvolvido. Hoje, está disseminada em 200 países. A democratização da ciência é algo muito bom, no sentido de que milhares ou milhões de pesquisadores hoje fazem ciência”, afirma. Segundo ele, isso gerou efeitos colaterais. “Ninguém hoje consegue acompanhar os milhares de *papers* publicados a cada dia. Só conseguimos olhar os de maior visibilidade. Há hoje uma indústria de publicações que ganha

APARECEM CENTENAS DE NOVAS REVISTAS A CADA MÊS. É NATURAL QUE O CONTEÚDO DE NOVIDADE DOS ARTIGOS SEJA MAIS LIMITADO, DIZ PAULO ARTAXO

A DISRUPÇÃO PERDE FÔLEGO

Evolução do índice CD de artigos e patentes: quanto mais alto, mais disruptivo é seu conteúdo

FONTE PARK, M. ET AL. NATURE. 2023



muito dinheiro com essa forma de fazer ciência. Aparecem centenas de novas revistas a cada mês. É natural que o conteúdo de novidade dos artigos seja mais limitado do que era antigamente”, afirma Artaxo. “De todo modo, eu não diria que a ciência disruptiva caiu e sim que o bolo da produção científica cresceu.”

Otra possibilidade é que o investimento em linhas de investigação na fronteira do conhecimento possa estar aquém do necessário. “Em geral, os pesquisadores não querem correr o risco de se dedicar a uma linha de investigação muito inovadora e de resultados de longo prazo, pois não podem ficar muito tempo sem publicar artigos. Isso vai prejudicá-los em contratações e promoções”, afirma Menezes Filho. Agências de fomento sempre se preocuparam em equilibrar investimentos em ciência básica e ciência aplicada ou, usando terminologia mais recente, em fazer um balanço adequado entre a pesquisa orientada pela curiosidade dos cientistas e aquela encomendada para resolver grandes desafios da sociedade (ver Pesquisa FAPESP nº 246). “Somada a pluralização da ciência em número de países e de pessoas, temos uma maior diversidade de formatos, com ciência de descoberta, ciência de implementação, ciência orientada à solução de problemas”, afirma Luiz Eugênio Mello, diretor científico da FAPESP. A Fundação oferece tanto oportunidades de financiamento para projetos de curta duração, como os auxílios à pesquisa, como para os de longa duração, caso dos projetos temáticos, com cinco anos, e dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid), com até 11 anos, que permitem a pesquisadores investir em trabalhos de fôlego sem a pressão por publicar resultados rápidos. Em 2022, a FAPESP lançou uma nova iniciativa, o Programa Geração,

que já em sua primeira rodada deve apoiar cerca de 35 propostas com um orçamento total de R\$ 56 milhões. Nesse programa, pesquisadores jovens, ainda sem vínculo empregatício, com até seis anos após a titulação como doutor, podem solicitar até R\$ 1,6 milhão para desenvolver de forma independente projetos que se proponham a avançar a fronteira do conhecimento.

Não é impossível que o estoque de ideias originais esteja diminuindo. De todo modo, soa como contrassenso afirmar que a ciência esteja perdendo a capacidade de mudar a sociedade, seja por meio de projetos disruptivos ou consolidadores. Eckhardt, da Bayer, e Church, de Harvard, enumeraram no artigo na *Stat* grandes promessas no horizonte como imunoterapias contra o câncer, avanços na edição de genomas, projetos de colonização de planetas e terapias de reversão do envelhecimento.

Para Hernan Chaimovich, a metodologia proposta no artigo na *Nature* constitui um esforço interessante para medir a capacidade inovadora da ciência. “Mas é preciso cuidado ao afirmar que os achados disruptivos estão caindo. O que se pode afirmar é que o investimento em ciência aumentou brutalmente nos últimos anos e isso fez crescer de modo importante a pesquisa de caráter incremental”, afirma. Para além dos números, ele observa, é possível vislumbrar que a ciência continue a produzir descobertas capazes de mudar o rumo da humanidade. “Há pesquisas importantes baseadas em disruptões menores e também há grandes disruptões em curso, como a junção da inteligência artificial com a computação quântica. O potencial transformador disso é enorme e, como em exemplos anteriores, não é possível prever ou imaginar hoje o que irão representar no futuro.” ■

Artigo científico

PARK, M. et al. Papers and patents are becoming less disruptive over time. *Nature*. v. 613, p. 138-44. 5 jan. 2023.

PRECISAMOS DE NOVOS ARRANJOS

A ministra em São Paulo

A nova ministra do MCTI fala dos planos de recuperação do financiamento público para pesquisa e de como combater a desigualdade de gênero na ciência

Fabrizio Marques

A engenheira eletricista Luciana Barbosa de Oliveira Santos é a primeira mulher a assumir o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Formada pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), foi secretária de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco entre 2009 e 2010 e tem extensa carreira política no estado. Filiada ao Partido Comunista do Brasil, foi prefeita de Olinda entre 2001 e 2008 e deputada federal por dois mandatos, de 2011 a 2018.

À frente do MCTI, estabeleceu como prioridades iniciais a recuperação do financiamento público para ciência, tecnologia e inovação e o combate a desigualdades de gênero na ciência. Em 10 de fevereiro, ela esteve em São Paulo para participar da entrega do Prêmio Carolina Bori Ciência & Mulher, concedido há quatro anos pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). No dia seguinte, deu uma entrevista a *Pesquisa FAPESP*:

Na entrega do Prêmio Carolina Bori, a senhora disse que o MCTI vai enfrentar a desigualdade de gênero na distribuição de bolsas. Quais são os planos?

Essas coisas exigem uma imersão na realidade objetiva das meninas que estão na graduação ou mesmo antes da graduação. Esse foi o foco do que tentamos desenvolver em uma iniciativa em Pernambuco, o Futuras Cientistas, por meio do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, o Cetene. O Futuras Cientistas é um programa voltado para alunas de escolas públicas do ensino médio. Os resultados são extraordinários: 70% delas passaram no Enem em áreas relacionadas a engenharias, matemática, física. Mas, quando se vai analisar a carreira e fazer um diagnóstico da participação no mestrado e no doutorado, a fixação das meninas é mais complicada. Muitas param para ter filhos e são prejudicadas, por exemplo, em avaliações na carreira. A mulher fica na retaguarda da família. Nosso objetivo é aprimorar as experiências, talvez reuni-las em um programa único e tentar traçar um fluxo que responda às contradições concretas que as mulheres vivenciam.

Sobre o financiamento da pesquisa, a medida provisória (MP) que contingenciava o dinheiro do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) perdeu a validade em 5 de fevereiro, mas os recursos aprovados no orçamento não levam isso em conta. Como garantir mais recursos?

Nós tivemos um apagão na ciência no governo anterior, que foi muito além da narrativa negacionista no enfrentamento da Covid-19. Houve uma redução drástica no financiamento. Os recursos discricionários do ministério passaram de R\$ 11 bilhões para R\$ 2,7 bilhões. O FNDCT, composto por recursos da iniciativa privada como contrapartida de isenções e que é uma grande solução que se deu há décadas no Brasil, foi contingenciado. A MEI [Mobilização Empresarial pela Inovação] juntou-se com a academia e foi possível aprovar uma lei que proibiu o contingenciamento em 2021. Mesmo assim, veio uma MP, a de nº 1.136, para poder bloquear esse recurso de forma escalonada até 2026. A medida caducou e há um compromisso do governo de mandar um projeto de lei abrindo um crédito para resgatar essa parte contingenciada de R\$ 4,2 bilhões, alcançando o total de R\$ 9,9 bilhões de arrecadação prevista para o fundo. Estamos concentrados em ampliar o financiamento. E precisamos de novos arranjos.

Que tipo de arranjo?

Debati com o presidente da Petrobras, Jean Paul Prates, a necessidade de cuidar da transição energética. Queremos investir em energias renováveis. Temos uma herança positiva de usinas hidrelétricas, além de parques eólico e solar consideráveis. Precisamos ter a capacidade de produzir os insumos para as placas fotovoltaicas. A grande estrela do momento é o hidrogênio verde. Isso tudo foi discutido com o presidente da Petrobras e queremos que o BNDES também entre nesse pacote de investimento. Fora isso, temos a Lei do Bem e a Lei da Informática, que incluem investimentos da iniciativa privada. Temos que criar uma situação em que, a cada R\$ 1 que o ministério colocar, a Petrobras e o BNDES coloquem também R\$ 1, assim como as empresas do setor da cadeia produtiva que vai se beneficiar do investimento em ciência. Estamos entre os 10 países que mais publicam *papers*, mas isso não se traduz em inovação.

O investimento público em pesquisa e desenvolvimento no Brasil não é pequeno quando comparado ao aplicado em muitos países, mas a participação das empresas é relativamente mais baixa. Como envolvê-las nesse esforço?

Um histórico de estímulo a algumas cadeias produtivas tem sido de isenção. Você retira alguns impostos e as empresas investem em inovação. É um pouco, por exemplo, o que acontece na indústria eletroeletrônica. O Padis, um plano de apoio ao desenvolvimento da indústria de semicondutores, previa isso. Nós ainda não temos o domínio tecnológico dos chips de alta complexidade, mas há condições de desenvolver competências no país. A experiência do Ceitec [Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada] revelou isso. Chegamos a ocupar quase metade do mercado nacional de chips veiculares. A lógica tem sido de isenção, mas creio que, em alguns setores mais dinâmicos, devemos estimular ações de compartilhamento. Precisamos promover a participação das empresas na inovação. A demonstração disso pode ser vista na mobilização para preservar o FNDCT. A lei de contingenciamento zero só existiu porque a indústria se engajou. Parcelas significativas do setor produtivo têm convicção desse caminho.

A senhora mencionou o Ceitec, um centro de produção de semicondutores que estava em processo de liquidação porque, segundo o governo, dava prejuízo. Como pretende resgatar essa experiência em bases sustentáveis?

O Ceitec não teve uma política de compras do Estado e isso precisa existir, pois faz muita diferença em qualquer cadeia produtiva. Veja o caso do petróleo e do gás: se a Petrobras compra navio brasileiro, há estaleiros nacionais. Se não compra, os estaleiros fecham. Uma política de compras aumenta os investimentos de ciência e tecnologia e aquece a cadeia produtiva. Foi equivocada a decisão de liquidar o Ceitec porque era deficitário. Países como a China e os Estados Unidos, que têm uma competição gigante em semicondutores, investem na casa de US\$ 10 bilhões no segmento. Criamos um grupo de trabalho para discutir a viabilidade de médio e longo prazo do Ceitec. É um primeiro passo para atualizar a política de semicondutores, que está inserida na agenda de reindustrialização.

Em quais outras áreas da indústria seriam necessários projetos e ações mais abrangentes?

Temos pilares para dar os primeiros passos e repensar a política de ciência e tecnologia no Brasil. Um deles são as indicações do grupo de trabalho de transição, que reuniu quadros que acompanham o setor; o outro é o Plano Nacional de Ciência e Tecnologia – o último que teve no Brasil foi há 12 anos. Uma estratégia nacional precisa garantir soberania e autonomia para o país. É preciso diminuir a nossa dependência. A Covid-19 revelou o quanto isso é nefasto no mundo todo.

O que pode ser resgatado da estratégia de 12 anos atrás?

Definimos 13 áreas estratégicas, que passam pelo fortalecimento de tecnologias que se chamam portadoras de futuro, como a biotecnologia, a nanotecnologia, a agenda das mudanças climáticas, a transição energética, a biodiversidade da Amazônia. Nós já temos uma boa inserção em muitas dessas áreas. Na aeroespacial, temos uma constelação de satélites, que são os CBERS, lançados em parceria com a China. Queremos desenvolver o CBERS-6. Essa é uma das agendas que o presidente terá na viagem à China. Temos o complexo industrial de saúde. Produzimos vacinas contra a Covid-19 no Butantan e na Fiocruz, mas não os insumos. Os eixos estratégicos precisam ser atualizados. Vamos realizar uma nova Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia com esse objetivo.

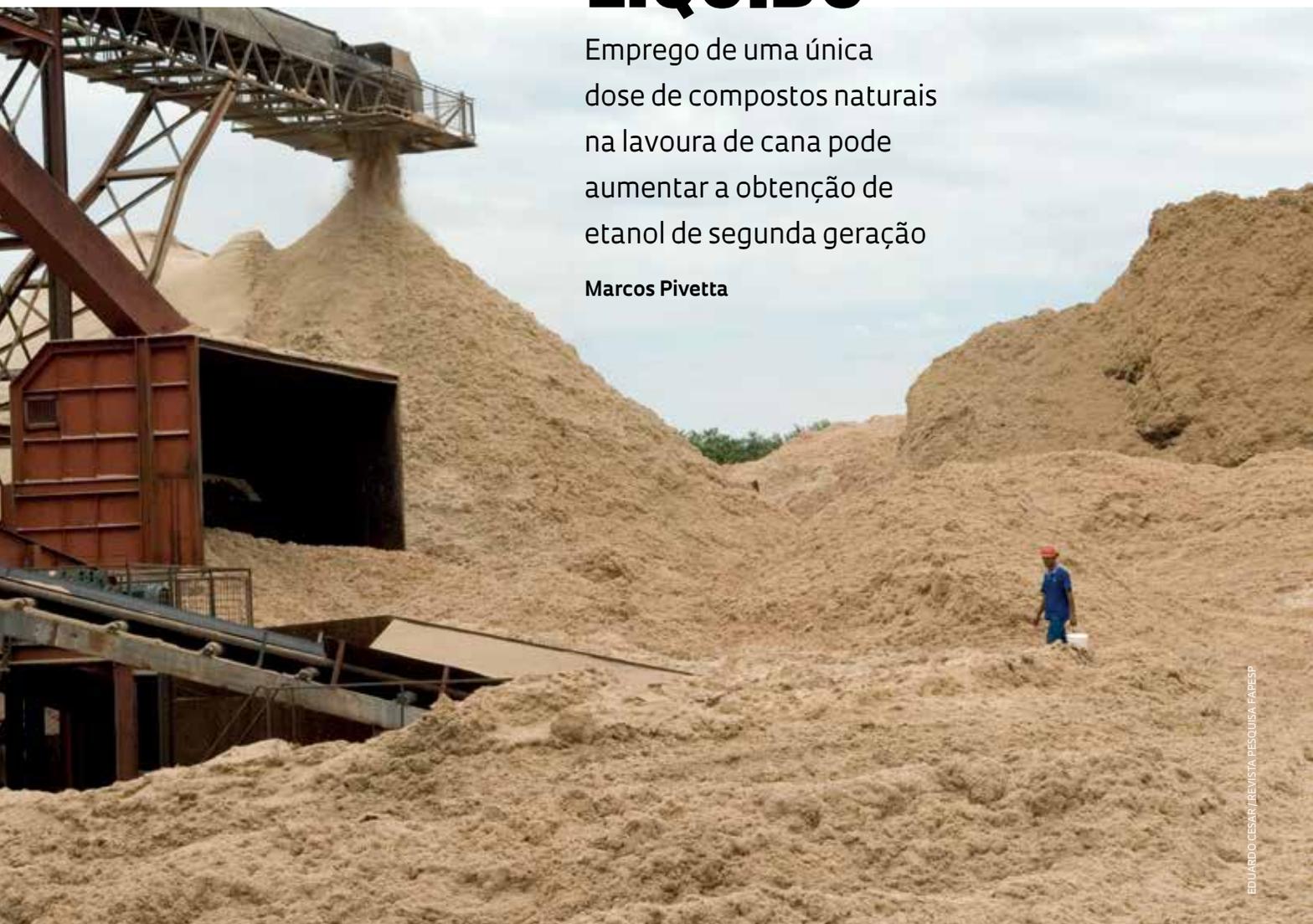
As bolsas do CNPq e da Capes serão reajustadas em 40%, mas isso será suficiente para reverter a perda de interesse dos jovens pela carreira científica?

Isso é um fenômeno mundial, mas no Brasil ele também pode ser explicado por um processo recente de desqualificação da nossa base científica. No governo anterior, as universidades foram tratadas como espaço de balbúrdia. Nossas universidades reúnem o que há de excelência no ensino, na pesquisa, na extensão. Me parece que um vértice da questão é uma ausência de um projeto nacional de desenvolvimento. Se houver um projeto arrojado, baseado no uso da inteligência brasileira, as pessoas serão atraídas. É preciso emular, ostentar, mostrar o quanto a ciência é transformadora, o quanto isso é belo e revigorante, para que as pessoas tenham orgulho de ser cientistas. ■

REFORÇO LÍQUIDÓ

Emprego de uma única dose de compostos naturais na lavoura de cana pode aumentar a obtenção de etanol de segunda geração

Marcos Pivetta





Pilha de bagaço de cana-de-açúcar em usina do interior paulista: resíduo pode ser usado na produção do etanol de segunda geração

A aplicação de uma única dose de compostos naturais pode provocar alterações sutis na parede celular da cana-de-açúcar e aumentar a eficiência do processo de obtenção do etanol de segunda geração, produzido no Brasil a partir do bagaço e da palha. Artigo publicado em dezembro passado na revista científica *Biomass and Bioenergy* sugere que esse tipo de procedimento pode elevar em 120% a taxa de sacarificação do bagaço da cana em 12 meses, no momento da colheita. Também chamada de hidrólise, a sacarificação é o processo químico que, com o emprego de enzimas, converte moléculas complexas de carboidratos, como a celulose e a hemicelulose que não fermentam, em açúcares mais simples, como a sacarose, capazes de se transformar em etanol.

“Se aplicados em excesso, esses compostos podem matar uma planta, mas fizemos experimentos de campo com dosagens muito baixas, que são eliminadas rapidamente e, ainda assim, promovem as alterações que buscamos”, diz o bioquímico Wanderley Dantas dos Santos, da Universidade Estadual de Maringá (UEM), principal autor do artigo. “Não identificamos nenhum efeito colateral indesejado, as plantas cresceram normalmente e não houve perda de produtividade.” Desde 2008, quando fez estágio de pós-doutorado na equipe do botânico Marcos Buckeridge no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP), Santos pesquisa essa abordagem.

Na visão dos autores do trabalho, a abordagem, denominada engenharia fisiológica, seria uma al-

ternativa mais simples do que tentar promover alterações no DNA da cana com o objetivo de tornar sua biomassa mais facilmente fermentável. O genoma da cana é grande e complexo, com mais de 100 cromossomos, muitos deles repetidos, uma característica que dificulta a criação de linhagens transgênicas viáveis. A obtenção do etanol de primeira geração, que responde por mais de 98% desse biocombustível produzido no país, dispensa a etapa de hidrólise ou sacarificação. Os açúcares do caldo ou melaço da cana fermentam de forma natural.

Além dos resultados positivos com o bagaço da cana, o tratamento com essas substâncias elevou em 36% a sacarificação da soja 90 dias após a aplicação dos compostos. No capim braquiária, usado como pastagem na pecuária bovina, o aumento foi de 21% 40 dias após o emprego dos compostos. “O foco principal do experimento era a cana-de-açúcar, mas essa abordagem também pode produzir um pasto aparentemente de digestão mais fácil e uma soja com cascas mais resistentes a choques mecânicos, algo desejável pela indústria”, comenta Buckeridge, coordenador da equipe do estudo e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol, financiado pela FAPESP e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O trabalho contou, ainda, com o apoio do Centro de Pesquisa e Inovação de Gases de Efeito Estufa (RCGI), uma iniciativa bancada pela Fundação e pela Shell, multinacional da área de petróleo e energia.

Foram testados três compostos que funcionam como inibidores de enzimas associadas à síntese de lignina na cana e em outras plantas: o

ácido metilenodioxi cinâmico (MDCA), o ácido piperolínico (PIP) e a daidzina (DZN). Ao lado da celulose e da hemicelulose, a lignina, uma molécula aromática, está presente na parede celular das plantas terrestres, à qual confere resistência mecânica e rigidez, além de funcionar como uma barreira para a entrada de patógenos. Se não houvesse lignina, as plantas, literalmente, não parariam em pé e não teriam um sistema vascular impermeável capaz de transportar água das raízes até seu tronco.

Diferentes dosagens dos compostos foram diluídas em água e aplicadas na forma de spray sobre folhas e raízes das plantas em etapas distintas de seu crescimento. Ao final do experimento, os pesquisadores determinaram o melhor momento e a dosagem mais eficaz para a aplicação das substâncias. O PIP foi o composto que apresentou melhor desempenho.

Grosso modo, metade do bagaço de cana é constituído por celulose, um quarto de hemicelulose e um quarto de lignina. Embora essencial para a planta, a lignina é um composto que dificulta a obtenção do etanol de segunda geração. Por não ser um açúcar, não fermenta. Mas esse não é o problema. Sua presença na biomassa da cana torna muito mais complexo e caro o processo de transformar os carboidratos longos da celulose e da hemicelulose, originalmente não passíveis de fermentação, em açúcares menores, esses sim aptos a se transformar em etanol. Além de ser trabalhoso separá-la da celulose e da hemicelulose presentes na parede celular, a lignina produz substâncias que atrapalham o processo químico de sacarificação.

Hoje, para que ocorra a hidrólise da biomassa da cana, são aplicados tratamentos térmicos e um coquetel de enzimas no bagaço da planta. Essa etapa é a que mais encarece o processo de produção do etanol de segunda geração e responde por pelo menos 30% de seu custo final. “Não podemos simplesmente reduzir a quantidade de lignina em uma planta. Isso seria prejudicial para o organismo”, comenta Buckeridge. “Quando examinamos no microscópio a parede celular da cana que submetemos ao tratamento com os compostos, não vimos diferença alguma. As alterações devem ser muito sutis.”

No artigo, os pesquisadores dizem que o uso dos compostos não diminuiu a quantidade total de lignina no bagaço da cana. Também não modificou sua composição. Porém eles averiguaram que a concentração desse polímero orgânico apresentou alterações em diferentes tecidos da planta. Aumentou ligeiramente na parte fibrosa e nos vasos condutores e diminuiu no parênqui-

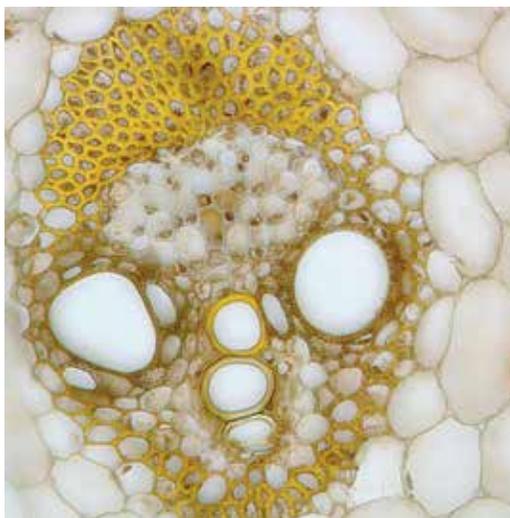


Imagem de microscopia eletrônica mostra a presença de lignina (pintada de amarelo) na parede celular do colmo da cana-de-açúcar

ma, um tecido de preenchimento dos vegetais. É possível que essa redistribuição da lignina em diferentes partes da cana tenha sido a responsável pela maior eficiência de sacarificação reportada no estudo.

Para o bioquímico Mario Murakami, diretor científico do Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), de Campinas, ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o emprego de compostos que modulam a síntese de lignina é uma abordagem interessante para se tentar aumentar a eficiência do processo de obtenção de etanol de segunda geração. Ele considera que os resultados apresentados por seus colegas da UEM e USP são promissores, mas precisam ser validados em condições tipicamente empregadas pela indústria. “Esses experimentos precisam ser feitos em condições mais próximas das que são usadas pelas empresas que produzem etanol de segunda geração para ver se o ganho

Pés de cana-de-açúcar em Maringá que receberam tratamento com moduladores de lignina



A BUSCA POR UM COQUETEL DE ENZIMAS MELHOR

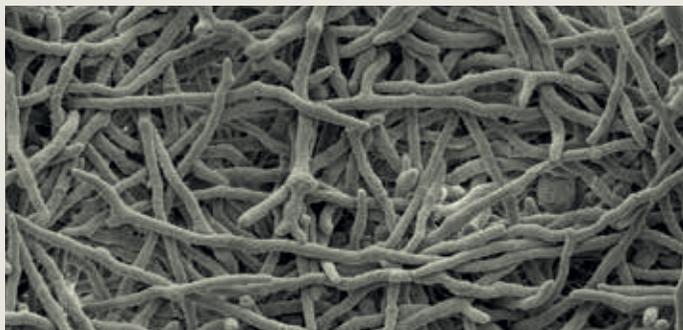
A degradação da parede celular da cana em açúcares fermentáveis depende da ação desse produto

Uma etapa crucial na produção do etanol de segunda geração é o emprego do coquetel enzimático encarregado de promover a hidrólise da celulose e da hemicelulose. Por meio da ação de um conjunto de enzimas, os carboidratos longos e complexos desses dois componentes do bagaço da cana-de-açúcar são quebrados em açúcares menores, glicose e xilose, que são passíveis de fermentar. O mercado de enzimas para essa finalidade é dominado pela empresa dinamarquesa Novozymes. “O emprego do coquetel enzimático representa entre 30% e 50% do custo final da produção de etanol de segunda geração”, diz o bioquímico Mario Murakami, diretor científico do Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR). Por isso, grupos de pesquisa no Brasil procuram alternativas mais em conta e, idealmente, mais eficientes do que os produtos hoje disponíveis.

Com o emprego da técnica de edição genética Crispr-Cas9, uma equipe coordenada por Murakami modificou em 2019 seis genes do fungo *Trichoderma reesei* para maximizar sua produção de enzimas de interesse biotecnológico, sobretudo as usadas para a hidrólise de biomassa vegetal. Fungos desse gênero

são empregados na fabricação do coquetel enzimático vendido comercialmente para promover a sacarificação do bagaço da cana e possibilitar a produção de etanol de segunda geração. Em um trabalho publicado no fim de 2022 na revista *Bioresource Technology*, os pesquisadores do LNBR reportaram que conseguiram reduzir o tempo de produção das enzimas de 14 para 9 dias. “Nosso coquetel enzimático é de baixo custo e estável. O produto dura um ano em temperatura ambiente”, conta Murakami. Ele já foi testado na planta-piloto do laboratório e conseguiu degradar cerca de 60% dos carboidratos longos da biomassa da cana, um desempenho semelhante ao de alguns produtos comerciais.

Seis genes do fungo *Trichoderma reesei* foram modificados para aprimorar sua ação na degradação da parede celular da cana



de sacarificação se mantém e não há nenhuma perda de eficiência no processo”, comenta Murakami. “Também é preciso saber quais seriam os eventuais impactos do uso desses compostos no custo da produção do etanol de segunda geração.”

Esses questionamentos deverão ser respondidos em breve. Santos e Buckneridge contam que a Raízen, uma das duas empresas que produzem etanol de segunda geração no país (a outra é a GranBio), vai começar a testar o emprego dos compostos moduladores de lignina em uma área-piloto de produção ainda neste semestre. “É possível que daqui a um ano tenhamos uma noção mais clara se o aumento da sacarificação se mantém em uma operação comercial”, pondera o pesquisador da UEM. O novo experimento na empresa, uma joint-venture da Shell e do grupo brasileiro Cosan, faz parte das atividades de pesquisa do RCGI.

Os pesquisadores envolvidos nos estudos apostam que os moduladores de lignina, que também podem ser produzidos de forma sintética

em laboratório, podem se tornar no futuro um produto comercial para o setor sucroalcooleiro e talvez para outros ramos agrícolas. Já obtiveram patente no Brasil sobre o seu emprego em culturas agrícolas, e Santos e um grupo de alunos do Departamento de Bioquímica da UEM constituíram uma startup, a BioSolutions, para tentar comercializar os compostos. Criada em 2021, a empresa conta com suporte do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) do Paraná e do Instituto Tim. ■

Projetos

1. INCT 2014: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (nº 14/50884-5); **Modalidade** Projeto Temático; **Convênio** CNPq-INCT; **Pesquisador responsável** Marcos Buckneridge (USP); **Investimento** R\$ 5.261.561,47.
2. Centro de Pesquisa e Inovação de Gases de Efeito Estufa – RCG2I (nº 20/15230-5) **Modalidade** Programa Centros de Pesquisa em Engenharia; **Convênio** BG E&P Brasil (Grupo Shell); **Pesquisador responsável** Julio Meneghini (USP); **Investimento** R\$ 13.604.936, 28.

Artigo científico

SANTOS, W. D. *et al.* Natural lignin modulators improve lignocellulose saccharification of field-grown sugarcane, soybean, and brachiaria. *Biomass and Bioenergy*. 5 dez. 2022.

PARA MEDIR VENTOS OCEÂNICOS

Pesquisadores brasileiros
criam dispositivo fundamental
para a instalação de
usinas eólicas em alto-mar

Yuri Vasconcelos

Um projeto conduzido pela Petrobras em parceria com o Instituto Senai de Inovação (ISI) deverá resultar em uma tecnologia, inédita no país, capaz de reduzir o custo de instalação de parques de energia eólica *offshore*, aquela gerada a partir dos ventos que sopram em alto-mar. A equipe de pesquisadores brasileiros criou um equipamento, nomeado de Bravo – acrônimo de boia remota de avaliação de ventos oceânicos –, dotado de um sistema de sensoriamento que capta dados meteorológicos e oceanográficos de forma automatizada, entre eles a velocidade e a direção dos ventos marítimos. Esses dados são essenciais para a realização de estudos de potencial energético necessários para a construção de usinas eólicas no mar.

Desenvolver tecnologias para a exploração da energia gerada pelos ventos oceânicos é importante porque o Brasil tem vasto litoral e grande área marítima. Estudos recentes revelam que muitas regiões costeiras são adequadas para a instalação de usinas eólicas por contarem com ventos em velocidades adequadas para a geração de energia.

“Diversas multinacionais do setor de energia têm demonstrado interesse em explorar nosso potencial eólico *offshore*. O projeto da Bravo proporcionará a nacionalização de uma tecnologia usada no mapeamento dos recursos eólicos marítimos. Não existe, no momento, um fornecedor local com equipamento próprio validado para essa aplicação”, afirma o engenheiro mecânico Antonio Medeiros, coordenador de pesquisa e desenvolvimento do ISI em Energias Renováveis, sediado em Natal (RN). O projeto também teve a participação do ISI em Sistemas Embarcados, localizado em Florianópolis (SC).

Algumas empresas nacionais, informa o especialista, já oferecem boias que mensuram parâmetros meteorológicos (temperatura do ar, umidade relativa e pressão atmosférica) e oceanográficos (ondas e correntes marítimas). “A maioria desses dispositivos também mede ventos de superfície, que sopram

a até 2 metros [m] de altura. Para a implantação de um projeto eólico em alto-mar, contudo, precisamos conhecer o comportamento dos ventos acima de 100 m, na altura do rotor dos aerogeradores [ou turbinas eólicas]”, diz Medeiros. Ele destaca que boias como a Bravo são uma alternativa às torres fixas de medição, cujo custo de instalação é maior.

O engenheiro naval Alexandre Nicolaos Simos, do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), avalia como positivo o desenvolvimento da Bravo. “Temos uma carência muito grande no país de medidas de monitoramento do oceano. As medidas de vento tomadas no ambiente marítimo são fundamentais para que se possa fazer corretamente o planejamento dos projetos de parques eólicos *offshore*”, ressalta. Simos lidera um estudo, financiado pela FAPESP e por outras instituições, voltado ao desenvolvimento de turbinas eólicas flutuantes – a maioria das turbinas *offshore* no mundo é fixa e tem como fundação pilares fincados no leito marinho (ver Pesquisa FAPESP nº 290).

PERÍODO DE TESTES

O primeiro modelo da Bravo começou a ser testado no final de novembro. A boia foi lançada a cerca de 15 quilômetros (km) da costa de Areia Branca, município do litoral norte potiguar, onde deverá permanecer por pelo menos sete meses. Com 2,5 m de diâmetro e 3,5 m de altura, ela é dotada de um casco de fibra de vidro, uma estrutura metálica que faz conexão com o sistema de ancoragem e um suporte para a instalação dos sensores, entre eles um anemômetro ultrassônico para a medição da direção e velocidade do vento a nível do mar e um sensor anemométrico remoto com tecnologia Lidar (detecção de luz e medida de distância) para a coleta dos parâmetros do vento até cerca de 200 m acima do nível do mar.

O Lidar funciona assim: o sensor envia pulsos de luz laser para cima, que são refletidos de volta por partículas ou aerossóis carregados pelo vento, em

várias alturas. O tempo de viagem da luz até as partículas e de volta determina a altura em que ocorreu a reflexão. Um fenômeno físico chamado efeito Doppler faz com que a frequência da luz refletida seja ligeiramente diferente da original enviada pelo Lidar. Essa diferença determina a velocidade da partícula e, conseqüentemente, do vento na altura de medição.

As informações são transmitidas para um servidor em nuvem por meio de comunicação por satélite, para serem posteriormente analisadas”, informou a Petrobras por meio de sua assessoria de imprensa. Módulos fotovoltaicos e duas pequenas turbinas eólicas conferem autonomia energética à boia.

Os dados coletados pela Bravo durante o período de testes serão comparados com informações colhidas por outro sensor Lidar fixo instalado no Terminal Salineiro de Areia Branca, porto localizado a 26 km da costa, próximo de onde a boia foi lançada.

No mundo, segundo a Petrobras, existem equipamentos com sensor Lidar flutuante em países como Estados Unidos, França, Reino Unido e Noruega. A companhia estima uma redução de 40% no custo da medição eólica *offshore* com a Bravo em relação à contratação de uma empresa do exterior para a prestação do serviço no Brasil. “A Bravo poderá contribuir para o aumento da oferta dos serviços e redução do custo de implantação dos projetos de eólica *offshore* no país”, informou a Petrobras.

Doutor em oceanografia e coordenador do Laboratório de Hidrodinâmica Costeira do Instituto Oceanográfico (IO) da USP, o físico Marcelo Dottori vê como positiva a tentativa de nacionalização de tecnologias empregadas em projetos oceanográficos. “Temos uma riqueza enorme no mar e, por isso, o desenvolvimento de dispositivos como a Bravo são relevantes. Não falo apenas da boia em si, mas do conjunto de sensores instalados nela”, destaca. “Somos altamente dependentes de equipamentos produzidos no exterior. Precisamos romper essa dependência.” ■

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

Bravo:
boia encontra-se
em teste no
litoral potiguar



ECOLOGIA



PEIXE PARA TODO GOSTO



Eventos geológicos dos últimos 55 milhões de anos reorganizaram bacias hidrográficas e contribuíram para o surgimento da megadiversidade de espécies da América do Sul

Ricardo Zorzetto

Tem aruanã, bagre, cascudo, candiru e curimba. E ainda dourado, lambari, linguado, matrinxã, peixe-galho, piranha, surubim, tambaqui, tuvira, uaru. Com uma das mais extensas redes hidrográficas do mundo, a América do Sul abriga uma variedade de peixes de água doce tão grande que é possível enumerar vários deles para cada letra do alfabeto. São aproximadamente 5.800 espécies conhecidas (pouco mais de um terço das identificadas no mundo) e, estima-se, quase 3 mil por descobrir. Nos rios, córregos, lagos e lagoas temporárias dessa região do planeta, há peixe com as mais variadas formas, cores e tamanhos. Do minúsculo *Priocharax nanus*, um peixinho alongado e quase transparente de 1,5 centímetro de comprimento, ao colossal *Arapaima gigas*, o pirarucu, de até 3 metros e cauda avermelhada, cujas escamas, da dimensão de um polegar, formam uma couraça contra o ataque de predadores. Toda essa diversidade, a maior do mundo, desperta há tempos a questão: por que há tanto peixe por aqui?

Uma explicação abrangente foi apresentada em um artigo publicado em janeiro na revista *PNAS*. Fenômenos geológicos dos últimos 55 milhões de anos teriam causado ao menos cinco reconfigurações de grande porte nas bacias hidrográficas sul-americanas que promoveriam surtos importantes de formação de novas espécies, com um pequeno nível de extinção. Ocorridas em intervalos de tempo longos, essas transformações na paisagem produziram dois efeitos principais. Em algumas situações, conectaram sistemas de rios e lagos antes separados, provocando em algumas áreas a mistura de espécies distintas, como aconteceu entre 33 milhões e 23 milhões de anos atrás com o surgimento de um vale ligando a bacia do rio da Prata e alguns rios da costa brasileira. Em outras, criaram barreiras que bloquearam a circulação dos peixes, isolando populações que passaram a evoluir separadamente

e originaram novas espécies, como se observou na Amazônia com a formação do arco Purus por volta de 20 milhões de anos atrás, que separou as porções leste e oeste dessa bacia hidrográfica.

A ecóloga brasileira Fernanda Cassemiro, da Universidade Federal de Goiás (UFG), e 20 colaboradores de instituições no país e no exterior confirmaram a importância do remodelamento da paisagem para gerar a diversidade atual de peixes da América do Sul, uma hipótese centenária, ao analisar os dados de distribuição e os pulsos de diversificação das espécies atuais e confrontá-los com os principais eventos geológicos do continente nos últimos 100 milhões de anos. “Observamos que os padrões de concentração de espécies e a ocorrência de espécies endêmicas estão fortemente associados ao tempo e ao local de eventos específicos de alteração na paisagem”, conta Cassemiro, autora principal do artigo publicado na *PNAS*. “Estudos anteriores não apresentaram uma resposta tão abrangente.”

Os pesquisadores, primeiro, compilaram 306 mil registros de ocorrência de 4.967 espécies de peixes de água doce em 490 bacias hidrográficas da América do Sul (*ver mapa*). Depois, reconstruíram a história evolutiva de 3.169 espécies das quais havia informações no GenBank, o maior banco de dados internacional de sequências de DNA. Essa história evolutiva é representada em um gráfico chamado árvore filogenética, que mostra o grau de parentesco entre as espécies e permite estimar quando umas se separaram das outras. O passo seguinte foi alimentar um modelo matemático com esses dados e verificar se os grandes surtos de formação e desaparecimento de espécies coincidiam no tempo com os fenômenos geológicos que causaram alterações importantes na rede hidrográfica.

“Esse é certamente um dos trabalhos mais amplos sobre a distribuição e a evolução dos peixes neotropicais. A análise de informações de um número tão grande de espécies é inédita”,

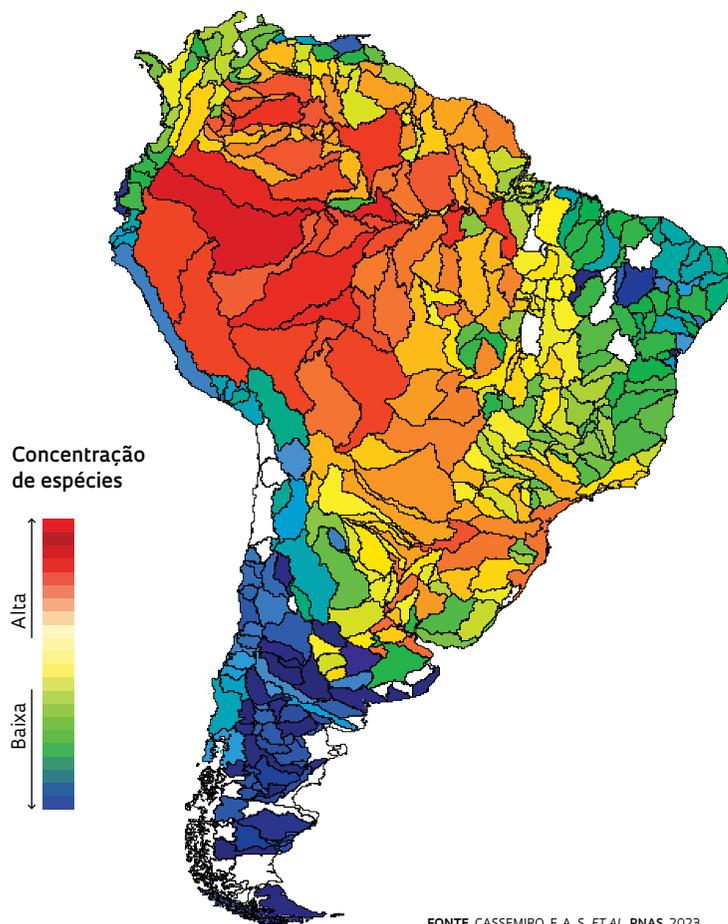
A partir do alto, peixe-borboleta (*Thoracocharax stellatus*), cascudo (*Ancistrus* sp.), linguado (*Apionichthys finis*), sarapó ou tuvira (*Gymnotus carapo*), peixe-galho (*Farlowella kneri*) e piau-três-pintas (*Leporinus friderici*)

afirma o ictiólogo Alexandre Cunha Ribeiro, da Universidade Federal de Mato Grosso, que não participou do estudo. “A história das drenagens sul-americanas, no entanto, é complexa e qualquer associação direta entre os eventos de evolução da paisagem e suas consequências para a diversificação da biota deve ser vista como hipótese a ser corroborada ou refutada”, explica.

Para Naercio Menezes, ictiólogo especialista em peixes neotropicais e pesquisador sênior do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP), o estudo deve causar impacto por ser pioneiro em reconstruir a distribuição, origem e dispersão de peixes usando dados genéticos disponíveis em um banco internacional. Ele, no entanto, desconfia da qualidade desses dados, depositados por outros pesquisadores. “A análise se tornaria mais robusta se os autores tivessem confirmado, averiguando em coleções de universidades e museus, a identificação correta dos exemplares usados para construir a árvore filogenética”, afirma.

O CONTINENTE DOS PEIXES

O mapa mostra a distribuição de 4.967 espécies de água doce na América do Sul. As áreas vermelhas e alaranjadas concentram um número maior e as azuis e verdes menor



FONTE CASSEMIRO, F. A. S. ET AL. PNAS. 2023

No estudo publicado na *PNAS*, a hipótese inicial dos pesquisadores era a de que as taxas de formação e de desaparecimento de espécies estariam cronologicamente vinculadas aos principais eventos geológicos. Se estivesse correta, o modelo matemático usado por eles deveria resgatar variações abruptas no ritmo de surgimento e extinção de espécies simultâneas às mudanças na paisagem. “Quando comparamos a figura gerada pelo modelo com as datas e os locais dos eventos geológicos, o encaixe foi perfeito”, relata o ecólogo Thiago Rangel, também da UFG e coautor da pesquisa. “Conseguimos evidências sólidas de que está correta a ideia de que os eventos geológicos influenciariam o surgimento e a extinção de espécies, sugerida por naturalistas como o alemão Alexander von Humboldt [1769-1859] e o britânico Alfred Wallace [1823-1913].”

Concluída a separação da África, há cerca de 100 milhões de anos, as terras do imenso bloco rochoso que forma a América do Sul passaram muito tempo sob influência dos oceanos. Toda vez que o clima se tornava mais quente e o nível do mar subia – em alguns momentos ele esteve 200 metros acima do atual –, suas águas avançavam centenas de quilômetros continente adentro, ocupando as terras baixas e isolando os sistemas preexistentes de rios. Quando o planeta resfriava, a água do mar retrocedia, tornando a planície costeira mais extensa e possibilitando o surgimento de novas conexões entre os cursos d’água nessas áreas. “Os avanços e recuos dos oceanos devem ter sido importantes para o surgimento de novas espécies, em especial na periferia do continente”, explica o ictiólogo Roberto Reis, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), coautor da pesquisa.

Por volta de 55 milhões de anos atrás, a rede hidrográfica de uma vasta área ao norte da América do Sul, hoje correspondente ao oeste da bacia amazônica e à bacia do rio Orinoco, formou um único sistema de rios que permaneceu interconectado até 33 milhões de anos atrás, com ligações também com a bacia do Prata, no centro-sul do continente. Alguns milhões de anos mais tarde, a colisão da placa tectônica sul-americana com a placa de Nazca, no Pacífico, provocou deformações na crosta terrestre que elevaram a porção central da cordilheira dos Andes. O soerguimento dessa região originou o altiplano andino, um planalto que se estende pela Bolívia e partes do Peru, e uma barreira chamada arco Michicola próximo ao norte da Argentina. Essas formações interromperam o fluxo entre os cursos d’água do oeste da Amazônia e os da bacia do Prata, que desde então se comunicam de modo intermitente nos períodos de cheias.

Quase ao mesmo tempo, a distensão da crosta fez surgir um vale indo do sul e ao sudeste do que hoje é o Brasil que conectou os rios da bacia do



Hypostomus myersi (cascudo), capturado na bacia do rio Iguaçú, e *Geophagus iporangensis* (acará-iporanga), da bacia do Atlântico Sul

Prata com os da planície costeira do Atlântico. Essa ligação foi interrompida entre 23 milhões e 16 milhões de anos atrás, com o soerguimento das serras do Mar e da Mantiqueira. Como resultado, surgiu um bolsão de espécies exclusivas (endêmicas) nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Ribeira de Iguape, inferior em quantidade apenas ao da Amazônia Ocidental.

Na época em que surgiram essas serras, outra importante transformação aconteceu no norte do continente. Movimentos da crosta e derramamentos de lava ergueram o terreno próximo ao curso do rio Purus, a oeste de Manaus, dividindo ao meio a bacia amazônica. Suas águas, que antes corriam para o Pacífico, passaram a se comportar de duas formas. Os rios da porção leste foram desaguar no Atlântico, enquanto, no lado ocidental, as águas ficaram represadas em um imenso pântano, o chamado lago ou sistema Pebas (ver Pesquisa FAPESP nº 125). Por volta de 16 milhões de anos atrás, a elevação da porção norte dos Andes, entre o Peru e a Venezuela, e o acúmulo de sedimentos nas bacias a leste da cordilheira forçaram os rios a escoar para oriente e, por volta de 10 milhões de anos atrás, a superar o arco Purus, criando o Amazonas.

Esses rearranjos na paisagem proporcionaram uma diversificação de peixes heterogênea no tempo e no espaço. A análise da árvore filogenética permitiu identificar ao menos cinco mudanças abruptas no ritmo de surgimento de novas espécies: duas delas entre 30 milhões e 23 milhões de anos atrás, quando a bacia do rio da Prata se desconectou da Amazônia e se ligou aos rios da costa atlântica; e três entre 20 milhões e 7 milhões de anos atrás, época em que ocorreram as transformações recentes na bacia amazônica. As mudanças na taxa de formação das espécies foram impulsionadas por três linhagens de bagres, peixes de couro com órgãos sensitivos (barbilhões) ao redor da boca, e pelos cascudos, também de couro, com o corpo coberto por placas ósseas. Essas alterações de ritmo ocorreram em especial a partir do momento em

que o arco Michicola separou a rede hidrográfica do oeste da Amazônia da bacia do rio da Prata.

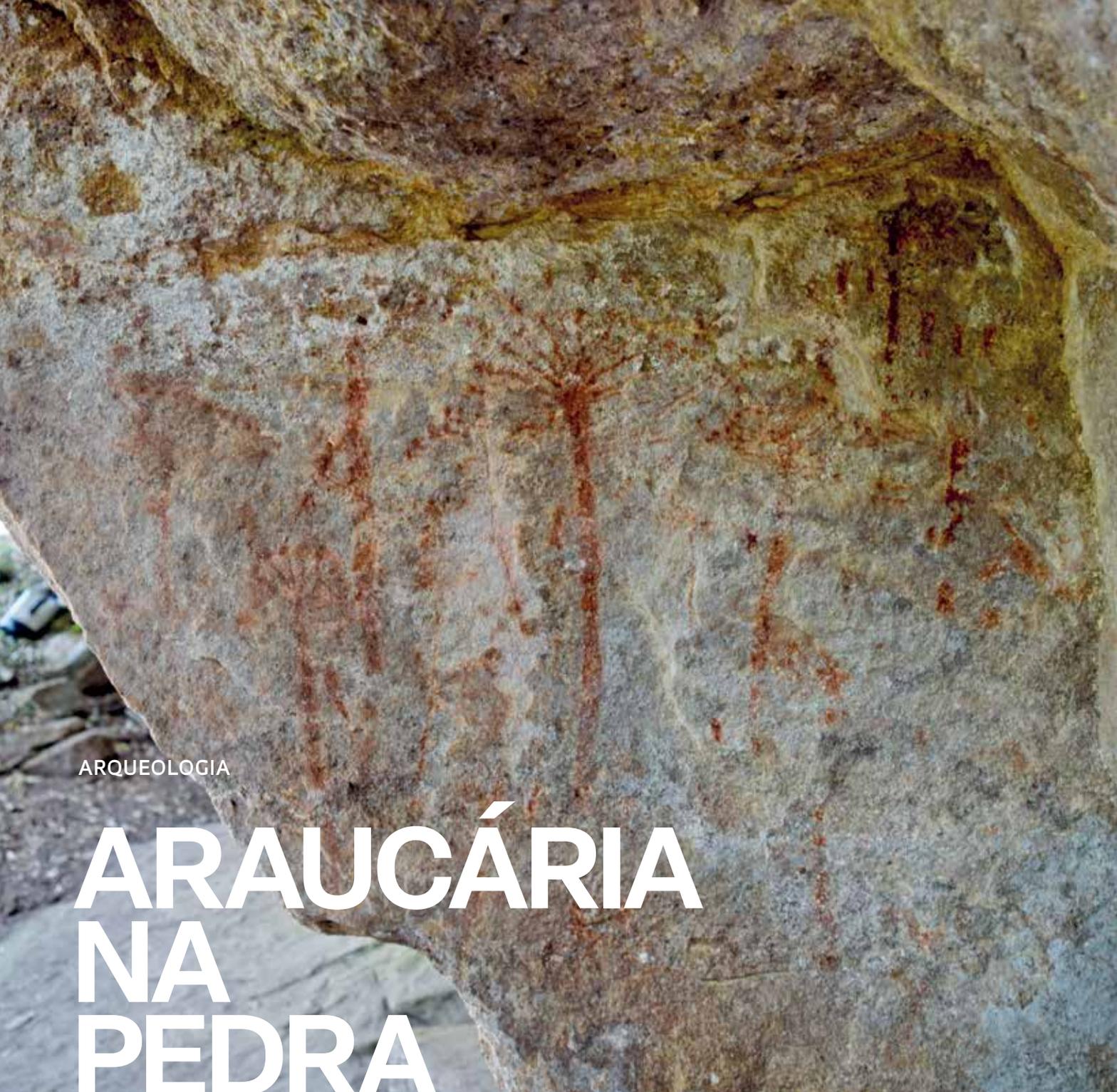
Segundo Reis, da PUC-RS, a América do Sul tem hoje uma megadiversidade de peixes porque, além de a dinâmica geológica ter favorecido o surgimento de uma grande variedade de espécies, os fatores climáticos ocasionaram um baixo nível de extinção. “Aqui não houve formação de grandes desertos como aconteceu em regiões tropicais da África e da Austrália. A região também não foi afetada por glaciações tão intensas quanto as que ocorreram na Europa e na América do Norte”, explica.

No trabalho atual, Cassemiro e seus colaboradores identificaram ao menos 3.730 eventos de dispersão de espécies de uma área para outra da América do Sul. Quase metade (45%) deles partiu das porções oriental e ocidental da Amazônia, sobretudo nos últimos 23 milhões de anos. As espécies da Amazônia Ocidental, uma das áreas com maior endemismo, enriqueceram em especial a bacia do rio da Prata, com picos de migração em três períodos entre 30 milhões e 10 milhões de anos atrás. Hoje formada pelos rios Paraguai e Paraná e seus afluentes, a bacia do Prata também recebeu nos últimos 20 milhões de anos uma proporção grande de espécies dos rios da costa do Atlântico, região com a qual continuou parcialmente conectada após a ascensão das serras do Mar e da Mantiqueira. Já a Amazônia Oriental alimentou principalmente a rede hidrográfica da região das Guianas e, mais recentemente, após a formação do Amazonas, a porção oeste da bacia amazônica.

“Os resultados do estudo mostram que as mudanças na taxa de diversificação antecedem a subida do norte dos Andes e não se restringem à bacia amazônica”, afirma Rangel, da UFG. Ribeiro, da UFMT, completa: “Esse trabalho reforça a ideia de que o continente é povoado por uma fauna de água doce antiga, cuja diversidade se acumulou ao longo de milhões de anos”. ■

Artigo científico

CASSEMIRO, F. A. S. *et al.* Landscape dynamics and diversification of the megadiverse South American freshwater fish fauna. *PNAS*. 3 jan. 2023.



ARQUEOLOGIA

ARAUCÁRIA NA PEDRA

Pintura em sítio pré-histórico do interior do Paraná seria o primeiro registro da espécie em arte rupestre

Marcos Pivetta

Treze araucárias e figuras antropomórficas foram encontradas em um abrigo sob rochas

Em uma meia encosta perto do rio Pirai-Mirim, cerca de 180 quilômetros a noroeste de Curitiba, um paredão de arenito inclinado para frente formou um conjunto de abrigos sob a rocha. Esse tipo de cavidade natural produz em sua base uma área semifechada, relativamente protegida das intempéries, onde usualmente são encontrados vestígios de ocupação humana do passado remoto.

Em um desses abrigos descobertos em 2021 na zona rural de Pirai do Sul, município cortado pelo curso d'água, um painel de menos de meio metro quadrado estampa uma cena que lembra um pequeno bosque de araucárias.

Segundo estudo publicado na revista *Caderno de Geografia* no início de fevereiro, essa pintura seria a primeira representação conhecida em arte rupestre no Brasil de árvores da espécie *Araucaria angustifolia*, a popular araucária, às vezes também denominada pinheiro-do-paraná ou pinheiro-brasileiro.

Descrita na literatura em 1820, *A. angustifolia* ocorre em terras altas, de clima temperado, sobretudo nos três estados do Sul. A região do novo sítio arqueológico no Paraná está a pouco mais de 1.100 metros (m) de altitude em relação ao nível do mar e abriga exemplares da espécie. A araucária também é encontrada em áreas montanhosas da divisa de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, e, com menor frequência, em partes da Argentina e do Paraguai. A espécie, que está ameaçada de extinção, pode viver 200 anos e atingir 50 m de altura.

Esmaecidos ou parcialmente apagados pela ação da umidade, os traços da pintura rupestre retratam 13 araucárias, com seu típico caule retilíneo e copa em forma de guarda-chuva ou cone, e 20 figuras com formas antropomórficas, que lembram seres humanos. Algumas árvores parecem estar sendo escaladas por uma pessoa ou talvez um primata arborícola. O movimento de ascensão é facilmente justificável: as sementes (pinhões) ficam nas pinhas localizadas no topo das araucárias e fazem parte da dieta de povos indígenas, e também de animais.

“A pintura é contínua e mostra araucárias maiores e menores que parecem representar exemplares velhos e jovens”, diz o geógrafo Henrique Simão Pontes, do Grupo Universitário de Pesquisas Es-



O local da descoberta

O sítio arqueológico com a pintura das araucárias fica dentro de uma área de 9 mil hectares no interior paranaense, alvo de um projeto de pesquisa

peleológicas da Universidade Estadual de Ponta Grossa (Gupe-UEPG), autor principal do trabalho. “Nossa hipótese é de que o painel tenha sido feito por membros antigos de povos indígenas do tronco linguístico Jê.”

Além do desenho do pequeno bosque de pinheiros-do-paraná, outros 24 painéis com pinturas feitas com pigmentos avermelhados e pretos foram identificados ao longo de 16,4 m de superfície contínua do paredão que forma o Abrigo das Araucárias, nome dado ao sítio arqueológico. “A maior parte dos grafismos é de desenhos geométricos”, comenta o geógrafo e guia de turismo Alessandro Giulliano Chagas Silva, do Gupe, um dos autores da descoberta do sítio arqueológico. “Não encontramos nenhum outro desenho com araucárias.” As pinturas, cujo estado de conservação é muito variado, contêm impressões digitais, pontos, grafismos geométricos e desenhos similares a plantas.

Não há estimativa de quando os desenhos foram produzidos. Ainda não foram feitas escavações no sítio arqueológico, algo previsto para outro projeto de pesquisa. Hoje não há povos indígenas vivendo nos arredores do abrigo. Mas, antes da chegada dos europeus, no início do século XVI, essa área do Paraná fazia parte de uma grande faixa de terra do Sul habitada por povos do tronco Jê, dos quais descendem as atuais etnias Kaingang e Xokleng.

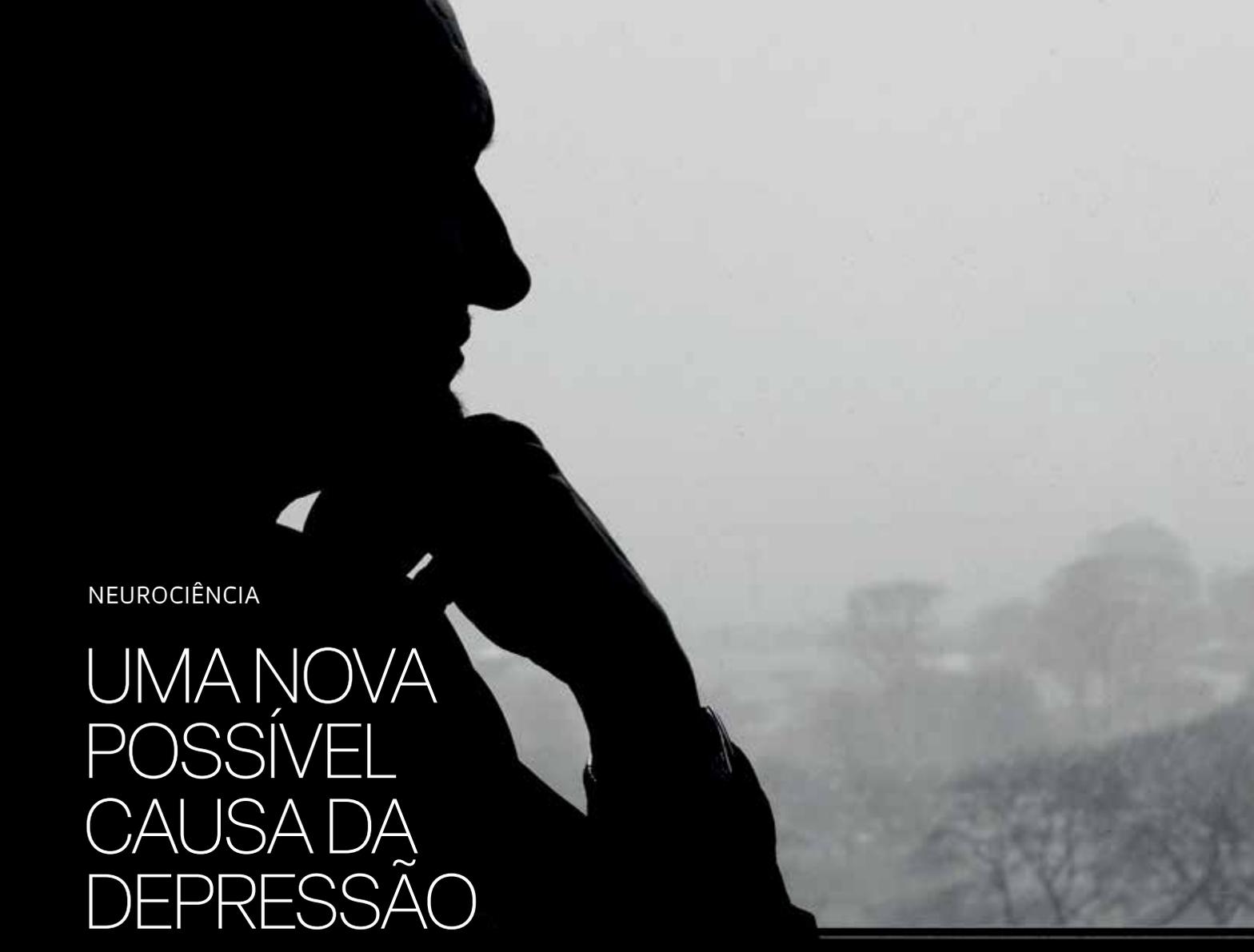
O arqueólogo Rafael Corteletti, da Universidade Federal de Pelotas (UFPe),

do Rio Grande do Sul, também considera provável que os Jê tenham sido os autores da pintura com os pinheiros, um dos símbolos associados ao estado do Paraná. “Desconheço qualquer outro tipo de arte rupestre ou grafismo arqueológico relacionado às araucárias. Por isso, esse sítio tem um caráter especial”, comenta Corteletti, que não participou do estudo. “Diria que é possível que as pinturas tenham sido feitas pela etnia Kaingang. Como o sítio não foi escavado pela equipe que fez o registro, não temos outros materiais associados, ou até mesmo uma cronologia estabelecida, para reforçar a hipótese da autoria atribuída aos Jê. Para ter certeza, seria preciso verificar se há mais elementos da cultura material.”

O Abrigo das Araucárias foi um dos 29 sítios arqueológicos descobertos desde julho de 2021 pelo projeto EspeleoPirai, coordenado por membros do Gupe. A iniciativa procurou por cavernas e abrigos que pudessem ser de interesse espeleológico ou arqueológico em uma área de 9 mil hectares, dentro dos chamados Campos Gerais do Paraná. Segundo Pontes, mais de uma centena de cavernas foram identificadas nessa região, das quais 36 apresentam pinturas rupestres, geralmente compostas por desenhos geométricos e representações de figuras humanas, de animais e, às vezes, de plantas, como o milho. Agora, os contornos das araucárias riscados na rocha se somam a esses registros. ■

Artigo científico

PONTES, H. S. *et al.* First rupestrian representations of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil. *Caderno de Geografia*. v. 33, n. 72, jan-mar. 2023.



NEUROCIÊNCIA

UMA NOVA POSSÍVEL CAUSA DA DEPRESSÃO

Falha na reciclagem
de componentes dos
neurônios provoca
em roedores
sinais semelhantes
aos da doença
em seres humanos

Um grupo de pesquisadores do Brasil e da França apresentou em um artigo publicado em 2 de fevereiro na revista *Nature Aging* uma nova possível causa biológica da depressão: a perda da capacidade dos neurônios de reciclar seus componentes velhos ou danificados. Chamado de autofagia, que, em grego, significa “devorar a si mesmo”, esse mecanismo de destruição e reaproveitamento dos componentes, quando bem controlado, é fundamental para a saúde e o bom funcionamento das células. Sua conexão com a depressão foi identificada pela equipe do neurocientista francês Pierre-Marie Lledo, do Instituto Pasteur, em Paris, em parceria com o grupo do psiquiatra brasileiro Flávio Kapczinski, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A redução da capacidade de realizar autofagia é apenas um dos fatores biológicos ligados ao surgimento da depressão, doen-

ça psiquiátrica marcada por tristeza prolongada que pode atingir até 20% das pessoas em algum momento da vida. Além desse fator biológico, dois outros já haviam sido associados ao surgimento da depressão: a baixa reposição das células cerebrais (em especial, os neurônios) e a redução das conexões entre essas células. Sozinhos, no entanto, eles não explicam todos os casos da doença, que, assim como outros transtornos psiquiátricos, decorre da interação das características biológicas do indivíduo com as condições sociais, econômicas, psicológicas e culturais em que vive.

Kapczinski e Lledo chegaram à falha da autofagia como potencial causa da depressão de modo fortuito. Anos atrás, eles iniciaram uma colaboração para investigar o efeito de uma proteína chamada fator de diferenciação do crescimento 11 (GDF11) sobre a saúde dos neurônios. Essa proteína favorece o desenvolvimento do cérebro, dos vasos sanguíneos e de

Ao longo da vida, até 20% das pessoas apresentam um episódio da doença, marcado pela tristeza prolongada

Essa molécula era o GDF11, cuja ação restauradora sobre o cérebro havia sido demonstrada pela neurocientista grega Lida Katsimpardi durante um estágio de pós-doutorado na Universidade Harvard, nos Estados Unidos. Em um artigo publicado em 2014 na *Science*, Katsimpardi comprovou que, em roedores, a proteína revertia o efeito do envelhecimento por promover a formação de novos neurônios (neurogênese). Agora no Pasteur, ela propôs avaliar o efeito do GDF11 sobre a depressão e um sintoma que a acompanha com frequência, a perda de memória, também comum no envelhecimento.

Apresentados na *Nature Aging*, os resultados dos experimentos mostraram que a administração por algumas semanas do GDF11 em camundongos idosos, que naturalmente têm níveis mais baixos desse fator de crescimento, foi suficiente para evitar o declínio da memória e os sintomas característicos da depressão. Os animais tratados passaram a apresentar desempenho semelhante ao de roedores jovens. Já nos jovens, a proteína impediu que desenvolvessem os sinais da depressão induzida por corticosterona, o hormônio do estresse em roedores.

Os pesquisadores também verificaram que, nos animais tratados com GDF11, o hipocampo, região cerebral associada à regulação do humor e à aquisição da memória, funcionava melhor, mas não pelo motivo que supunham. “Pensávamos que o efeito do GDF11 fosse decorrente da neurogênese, que compensaria a perda dessas células observada na depressão e no envelhecimento”, conta Kapczinski.

Análises da ação do GDF11 sobre os neurônios, porém, mostraram que a melhora não se devia à neurogênese. Ou não só a ela. Administrado na corrente sanguínea, o GDF11 até promove a formação de novos neurônios, mas, aparentemente, de forma indireta, por estimular a liberação de outros compostos que provocam a neurogênese. Injetado no cérebro, ele não levou à proliferação de neurônios, apesar de promover melhora na memória e nos sintomas depressivos.

O efeito benéfico do GDF11, constataram os pesquisadores, foi consequência do aumento da autofagia, que contribuiu para a eliminação de resíduos tóxicos. Os neurônios cultivados em laboratório

e tratados com esse fator de crescimento funcionavam melhor e faziam mais conexões com outros neurônios. A evidência de que a autofagia estava por trás desse resultado veio de outro experimento. Ao inativar geneticamente uma das proteínas envolvidas na autofagia ou bloqueá-la completamente por meio de compostos químicos, o efeito protetor se perdeu.

“Descobrir esse papel do GDF11 avança nossa compreensão da conexão entre envelhecimento, memória e transtornos do humor e – talvez o mais emocionante – aumenta a perspectiva de usar o GDF11 como um meio de melhorar o diagnóstico e o tratamento desses problemas”, escreveram Patrick Piantadosi e Andrew Holmes, pesquisadores dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) dos Estados Unidos, em um comentário sobre o estudo publicado na mesma edição da revista.

“Esse trabalho é relevante por três motivos”, afirma a psiquiatra brasileira Elisa Brietzke, da Queen’s University, no Canadá, que não participou do estudo. “Por mostrar que há múltiplos mecanismos envolvidos na depressão, que não é explicada apenas pela falta de neurotransmissores, como a serotonina. Por indicar que esse transtorno mental não causa alterações apenas no cérebro, mas no corpo todo. E por criar a perspectiva de que algum dia um tratamento que aumente os níveis de GDF11 possa combater tanto a depressão quanto as queixas de memória, que são comuns nessa doença, mas não melhoram com os antidepressivos atuais”, explica.

Embora Kapczinski e sua equipe tenham observado que os níveis de GDF11 estão reduzidos no sangue de pessoas com depressão, ainda é longo o caminho antes que se chegue a uma terapia para aumentar seus níveis no organismo. “Proteínas como o GDF11 agem em diferentes órgãos e tecidos e, quando administradas diretamente, podem produzir efeitos benéficos em alguns e deletérios em outros”, alerta Brietzke. Entender como o GDF11 age nas células, porém, pode levar ao desenvolvimento de compostos que atuem nos mesmos alvos moleculares e, além de eficientes, sejam seguros e bem tolerados. ■ **Ricardo Zorzetto**

Artigo científico

MOIGNEU, C. *et al.* Systemic GDF11 attenuates depression-like phenotype in aged mice via stimulation of neuronal autophagy. *Nature Aging*. 2 fev. 2023.

outros tecidos no embrião e é produzida pelo organismo até a idade adulta. Nos seres humanos, sua síntese declina a partir dos 70 anos.

Havia tempos o pesquisador brasileiro reunia evidências, em testes com animais e seres humanos, de que episódios sucessivos de depressão causavam danos gradativos a neurônios e outras células cerebrais, lembrando uma espécie de envelhecimento acelerado, fenômeno que Kapczinski denominou neuroprogressão (*ver Pesquisa FAPESP nº 197*). “Em uma conferência realizada em 2018 no Pasteur, apresentei a hipótese da neuroprogressão e soube que o grupo de Lledo tinha disponível uma molécula que funcionaria como um rejuvenescedor de neurônios”, conta o pesquisador, que integra o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Translacional em Medicina (INCT-TM), financiado pela FAPESP e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

NOVAS VÍTIMAS À VISTA





Imagem de microscopia de partículas do Mpox (magenta) em células infectadas (verde)

Uma em cada quatro pessoas infectadas por Mpox em Sergipe tem menos de 18 anos

Carlos Fioravanti

Em algumas regiões do país, a varíola dos macacos, ou monkeypox, renomeada como Mpox em novembro de 2022 pela Organização Mundial da Saúde (OMS), pode estar se expandindo para outros grupos, além do até agora majoritário, formado por homens homo e bissexuais. Essa conclusão emerge de uma análise da população infectada pelo vírus causador dessa doença infecciosa em Sergipe.

Das 71 pessoas que contraíram o vírus naquele estado entre 22 de agosto de 2022 e 18 de janeiro de 2023, 15 eram crianças e adolescentes com até 18 anos. Conforme relato de 4 de fevereiro na *Journal of Paediatrics and Child Health*, a proporção de crianças e adolescentes em relação ao total, 21%, é cinco vezes maior que a verificada até agora no Brasil. Até o início de fevereiro, o país era o segundo em número de casos da doença (10.758), após os Estados Unidos (29.993).

De acordo com a OMS, o surto que começou em maio de 2022 atingiu mais de 85 mil pessoas e causou 93 mortes até fevereiro, no mundo. Mas abrandou no início de 2023, com 403 casos registrados na quarta semana do ano (23 a 29 de janeiro) e 159 na quinta (30 de janeiro a 5 de fevereiro). Desde o início do ano, o número de casos aumentou em 13 países, principalmente no Chile, mas outros 70 não registraram mais pessoas infectadas. Crianças e adolescentes respondem por cerca de 1% do total de pessoas infectadas no mundo.

“Os sintomas em crianças são mais brandos do que em adultos”, observa o epidemiologista Paulo Ricardo Martins-Filho, da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e um dos autores do relato à revista *Journal of Paediatrics and Child Health*. Diagnosticadas pelo Laboratório Central de Saúde Pública (Lacen), em Aracaju, todas as crianças tiveram lesões de pele e 12 sintomas gerais, principalmente febre, dor de cabeça, muscular ou de garganta. Não houve mortes nem internação para tratamento desde que o primeiro caso foi confirmado em Aracaju, em 22 de agosto.

SINTOMAS LEVES

“As lesões e outros sintomas, muito semelhantes aos da catapora, geralmente desaparecem em alguns dias, apenas com tratamento sintomático”, diz Martins-Filho. Segundo ele, nos adultos as lesões se concentram na região genital, anal e perianal, mas nas crianças aparecem com mais frequência no peito, nas costas, nos membros e, às vezes, na face.

Quatro crianças se infectaram após contato com pessoas contaminadas, três semanas antes do aparecimento das lesões, mas as formas de transmissão para a maioria delas não foram rastreadas. “Esse tipo de informação tem sido pouco registrado nos prontuários”, lamenta Martins-Filho. “Muitas vezes o paciente não quer contar, porque a principal forma de transmissão entre homens é por contato com as lesões durante as relações sexuais.”

As equipes da UFS, do Lacen e da Secretaria Estadual de Saúde também têm observado que

as mulheres respondem por cerca de 20% dos casos de Mpox em Sergipe. Essa constatação ajudaria a explicar a alta proporção de infecção entre crianças e adolescentes, por causa do contato contínuo das mães com os filhos.

“Deve haver casos subnotificados de Mpox em crianças e mulheres, especialmente em lugares onde a vigilância epidemiológica não é intensa nem há condições de fazer exames laboratoriais adequados”, diz Martins-Filho. Segundo ele, algumas mulheres podem ter se infectado ao ter contato com as lesões dos homens bissexuais. Elas têm apresentado menos lesões genitais que no grupo masculino.

RASTREAMENTO

“O aumento da proporção de casos em crianças e mulheres era de certo modo esperado, levando em conta o comportamento do vírus nos países da África onde já é endêmico”, comenta o infectologista Marco Aurélio Sáfadi, presidente do Departamento Científico de Infectologia Pediátrica da Sociedade Brasileira de Pediatria (SBD). Surtos de Mpox em adultos e crianças têm sido registrados em países da África Ocidental e Central desde a década de 1970.

“É importante fazer uma investigação epidemiológica profunda para identificar os mecanismos de transmissão, ver se houve mesmo uma mudança de perfil epidemiológico ou se são casos isolados, relacionados ao modo de vida local”, ressalta Sáfadi. “Chama a atenção a elevada proporção de casos descritos em mu-

lheres e em crianças e adolescentes no Brasil em relação ao que se observa em outros países”, acrescenta.

Segundo ele, o aparecimento do vírus em crianças e adolescentes pode ser o resultado tanto de contágio domiciliar quanto de início precoce da vida sexual. Nos casos registrados em Sergipe, porém, a concentração das lesões em locais diferentes dos verificados em adultos sugere que o mecanismo de transmissão tenha sido provavelmente por contato domiciliar e não por via sexual.

“O aumento dos casos em crianças e adolescentes pode caracterizar uma mudança de perfil epidemiológico, com novos grupos de pessoas atingidas”, comenta a infectologista Lídia Maria Reis Santana, do Centro de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo e da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

Desde junho de 2022 até 9 de fevereiro de 2023, São Paulo foi o estado que mais registrou casos no Brasil: 4.318, dos quais 186, o equivalente a 4,3%, em menores de 18 anos. Crianças e pré-adolescentes até 15 anos apresentaram lesões disseminadas pelo corpo e os adolescentes de 15 a 18 anos tiveram lesões nas regiões genital e anal, como os adultos.

Os três adultos que morreram após a infecção com Mpox estavam com as defesas do organismo bastante baixas – eram imunossuprimidos. “Eles ou tiveram um diagnóstico tardio e descobriram que tinham HIV quando souberam que estavam com Mpox ou tinham abandonado o tratamento para HIV”, comenta Santana.

Intenso em julho e agosto de 2022, quando o número de casos dobrava a cada sete dias, o surto no estado de São Paulo arrefeceu. “De dezembro até fevereiro, temos no máximo quatro casos novos por dia”, relata. “A transmissão caiu

Sala de atendimento a pacientes com suspeita ou diagnóstico confirmado de Mpox no Instituto Emílio Ribas, na cidade de São Paulo



AUMENTO DE CASOS EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES INDICA QUE OUTROS GRUPOS DA POPULAÇÃO PODEM SER ATINGIDOS



Lesões típicas de infecção por Mpox em mãos de um recém-nascido

em adultos e crianças, o que indica que não houve transmissão sustentada entre outros grupos populacionais.”

A cientista política Lorena Barberia, da Universidade de São Paulo (USP), faz uma ressalva: “Não podemos nos apoiar inteiramente na notificação para ver se há realmente um controle efetivo de uma epidemia”. Segundo ela, “para saber se está realmente caindo, temos que examinar quantos testes estão sendo feitos e quantas pessoas são testadas”.

Em um artigo publicado na *Lancet Regional Health Americas* em 17 de janeiro, um grupo de pesquisadores da USP alertou que a infecção por Mpox, apesar da baixa letalidade, poderia ampliar o preconceito e o estigma contra homens que fazem sexo com homens e alimentar a discriminação contra as comunidades LGBTQIA+.

“Sim, corremos esse risco”, concorda Santana. “Temos de aprender novas formas de comunicar riscos sem incorrer em estigmatização, que afasta as pessoas dos serviços de saúde. Se encarássemos de forma mais aberta a saúde sexual da população, não enfrentaríamos essa situação.”

Barberia, uma das autoras do artigo, sugere que as estratégias de comunicação promovam a busca pelos serviços de saúde. “As imagens das lesões de pele, no caso Mpox, podem tanto motivar as pessoas a fazer os testes diagnósticos quanto criar uma imagem assustadora da doença e afugentar as pessoas”, comenta. “É mais importante diferenciar a forma de transmissão do que as pessoas atingidas ou transmitir a ideia de que há grupos específicos de risco.”

Na mesma edição da *Lancet Regional Health Americas*, um grupo da Universidade Federal de

ESPECIALISTAS SUGEREM MAIS ATENÇÃO À COMUNICAÇÃO DO RISCO DE INFECÇÃO E DAS FORMAS DE TRANSMISSÃO DO VÍRUS

Campina Grande (UFCG), na Paraíba, comentou que a baixa capacidade de testagem prejudica a identificação dos casos e o controle da disseminação do vírus.

O Mpox pode ser transmitido entre as pessoas por meio, principalmente, do contato com fluidos corporais, lesões de pele ou na boca e garganta, gotículas de saliva liberadas com a respiração ou espirros ou, mais raramente, contato com objetos contaminados, de acordo com a OMS.

Excluídas as crianças, o perfil do Mpox no Brasil tem sido semelhante ao de outros países. Em um levantamento nacional, publicado na edição de março-abril da revista científica *Travel Medicine and Infectious Disease*, o grupo de Sergipe observou que essa doença tem atingido predominantemente homens (92%), brancos (44%), com idade entre 20 e 39 anos (73%) e autoidentificados como homo ou bissexuais (67%), causando lesões cutâneas (92%) ou genital/anal (61%) e febre (60%). Conforme artigo do grupo da UFS, os registros até novembro se concentraram no Distrito Federal (10,8 casos por grupo de 100 mil habitantes), São Paulo (8,9 por 100 mil), Goiás (7,6 por 100 mil) e Rio de Janeiro (7,3 por 100 mil).

Em agosto do ano passado, o Ministério da Saúde anunciou ter comprado 50 mil doses da vacina MVA-BN, também chamada de Jynneos, fabricada pela empresa dinamarquesa Bavarican Nordic, para iniciar a vacinação de pessoas com pelo menos 18 anos contra varíola comum e Mpox. Até o início de 2023, haviam chegado apenas 20% das doses, destinadas inicialmente para estudos de avaliação de efetividade e segurança da vacina. ■

Artigos científicos

MARTINS-FILHO, P. R. et al. Monkeypox in children and adolescents in Northeast Brazil: A case-series. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 4 fev. 2022.

MARTINS-FILHO, P. R. et al. Incidence, geographic distribution, clinical characteristics, and socioeconomic and demographic determinants of monkeypox in Brazil: A nationwide population-based ecological. *Travel Medicine and Infectious Disease*. v. 52, 102517. mar.-abr. 2023.

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

NUTRIÇÃO



O PESO DOS
ULTRAPROCESSADOS

Estudos associam o consumo desse tipo de comida a 10% das mortes precoces no Brasil e à aceleração do declínio cognitivo

Guilherme Eler

Dois trabalhos recentes feitos no Brasil apontam uma associação estatística significativa entre o consumo em excesso de alimentos ultraprocessados e a ocorrência de mortes evitáveis, somada à aceleração do processo de declínio cognitivo na população brasileira. Um artigo publicado em novembro passado na revista *American Journal of Preventive Medicine* estima que, em 2019, pelo menos 57 mil óbitos prematuros no país teriam sido causados pela ingestão em demasia de ultraprocessados. Outro estudo, que saiu em dezembro de 2022 na revista científica *JAMA Neurology*, sugere que o consumo exacerbado desse tipo de alimento acelera em 28% o declínio da cognição geral dos adultos.

Os alimentos ultraprocessados apresentam pouco do valor nutritivo de seus ingredientes originais. A categoria, genérica, abrange um conjunto de comidas às quais foram adicionados altos teores de açúcar, gordura, sal ou compostos químicos com a finalidade de aumentar sua durabilidade ou palatabilidade. Como exemplos desse tipo de alimento, figuram embutidos como salsichas, nuggets de frango, bolachas recheadas, refrigerantes, salgadinhos, sorvetes e doces industrializados. Os ultraprocessados são altamente calóricos. Comer um hambúrguer congelado de 80 gramas (g), por exemplo, equivale a ingerir 25% da quantidade diária recomendada de gordura. Uma lata de refrigerante representa 12% do total de açúcar que deveria ser consumido por uma pessoa em 24 horas.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define como mortes prematuras aquelas que ocorrem entre 30 e 69 anos e, portanto, não estão associadas apenas à velhice. Acidentes de carro, homicídios, quedas, envenenamentos estão entre as

causas mais comuns de óbitos preveníveis, além das chamadas doenças não transmissíveis, como os problemas cardíacos, a obesidade e o câncer.

A partir de uma modelagem epidemiológica, os pesquisadores calcularam o número de mortes não naturais ligadas ao consumo de ultraprocessados no Brasil em 2019. “Nossa modelagem considera como fator de risco para a ocorrência de mortes prematuras quanto uma população consome de ultraprocessados e associa esse dado à estimativa de risco e morte por todas as causas, segundo a literatura científica internacional”, explica o biólogo Eduardo Nilson, pesquisador associado ao Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde, da Universidade de São Paulo (Nupens-USP) e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), em Brasília, autor principal do primeiro estudo.

O trabalho considerou a Pesquisa de Orçamento Familiar 2017-2018, feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como indicador do nível de consumo de comidas ultraprocessadas no país. O levantamento estimou que o percentual diário da dieta composta por ultraprocessados varia entre 13% e 21% na população brasileira, de acordo com a idade e o sexo dos entrevistados. Esses dados, mais as informações do DataSUS, do Ministério da Saúde, permitiram estimar que cerca de 57 mil mortes prematuras estavam associadas, em 2019, ao consumo de ultraprocessados. O número equivale a 10,5% de todos os óbitos precoces de brasileiros no período. Se forem consideradas apenas as vítimas fatais atribuídas a doenças não transmissíveis, o consumo de alimentos industrializados responderia por uma fatia substancialmente maior: 21,8% dos óbitos dentro dessa categoria.

O artigo, que também contou com a colaboração de colegas da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e da Universidade Católica do Chile, projeta, ainda, como seriam três cenários

Alimentos ultraprocessados recebem a adição de altos teores de açúcar, gordura, sal ou compostos químicos

em que os brasileiros diminuíssem a média total de calorias obtidas por meio do consumo desse tipo de alimento pouco saudável. Reduzir em 10% o peso desses itens na dieta evitaria 5,9 mil mortes precoces. Uma redução de 20% pouparia 12 mil óbitos. Um corte mais significativo, de 50% no consumo de ultraprocessados, implicaria 29,3 mil vidas salvas por ano.

Os pesquisadores defendem a adoção de medidas que desestimulem a ingestão de comida ultraprocessada. Desde outubro passado, a legislação brasileira passou a exigir a adoção de um selo frontal nas embalagens de alimentos para informar a quantidade elevada de três nutrientes em sua composição: açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio (ver Pesquisa FAPESP nº 319). As grandes indústrias têm 12 meses para se adaptar à nova norma. Para os pequenos produtores, o prazo é de dois anos. “Outras medidas saudáveis incluem a regulamentação da comercialização de alimentos em ambientes escolares e de trabalho, a adoção de subsídios para a produção e a venda de produtos locais frescos e uma tributação maior para os ultraprocessados”, diz Nilson.

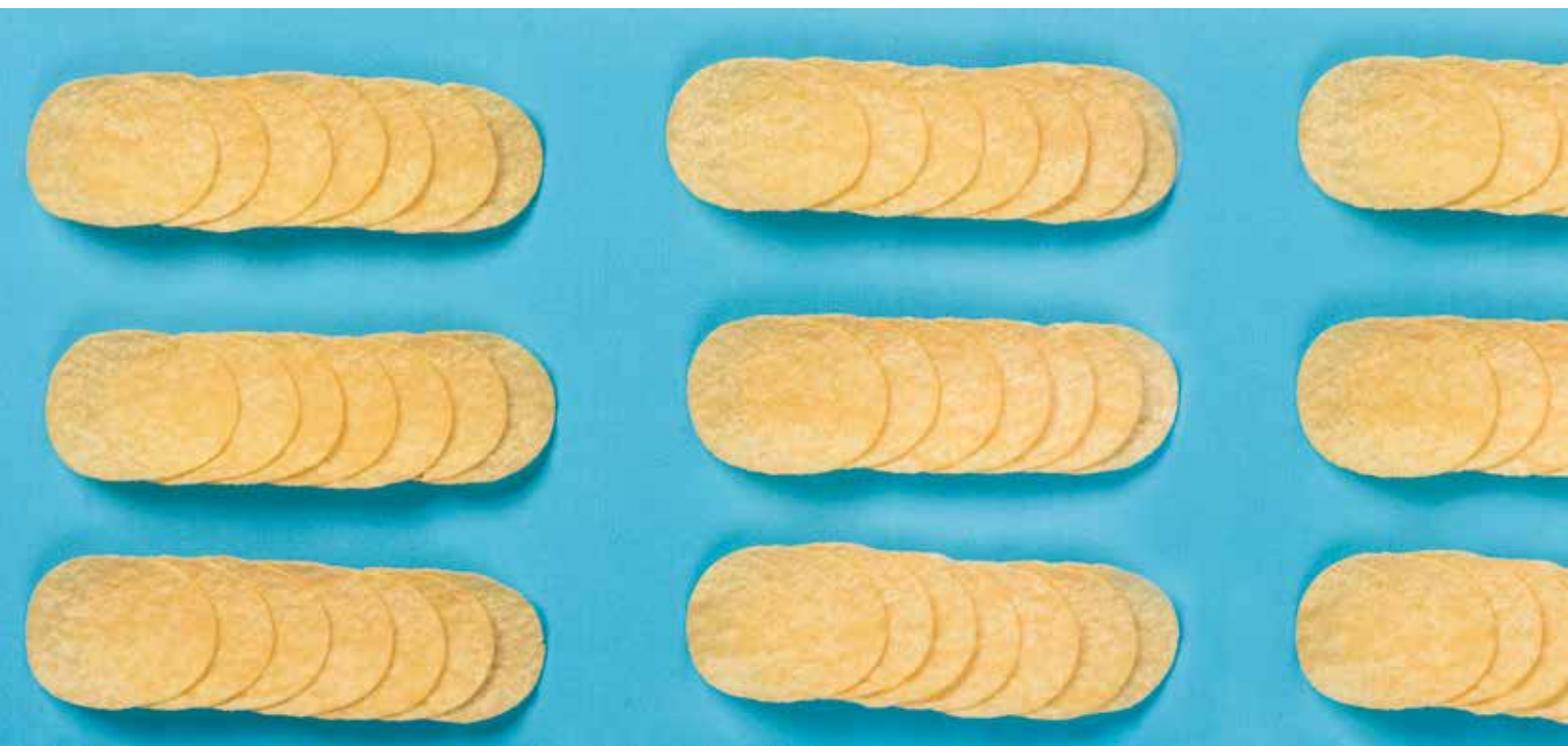
Para Gunter Kuhle, professor de nutrição e ciência alimentar da Universidade de Reading, no Reino Unido, que não participou do estudo, não se pode descartar que os consumidores de ultraprocessados tenham outros fatores de risco, como o hábito de fumar ou a falta de atividade física, que também favorecem a ocorrência de mortes precoces. “Não sabemos até que ponto a

comida ultraprocessada é responsável por problemas de saúde ou se é mais um marcador de um estilo de vida não saudável”, pondera Kuhle, em entrevista a *Pesquisa FAPESP*.

O segundo artigo indica ter encontrado uma associação do consumo excessivo de ultraprocessados com um problema mais sutil: uma piora da performance cognitiva. O grupo investigou se uma dieta farta em comida industrializada poderia acelerar o declínio dos domínios de faculdades mentais, sobretudo das chamadas funções executivas. Além de serem importantes para o raciocínio e a capacidade de resolver problemas, essas funções regulam habilidades ligadas à autonomia, como o controle consciente de ações, pensamentos e emoções.

Os dados do trabalho foram coletados entre 2008 e 2017 pelo Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (Elsa), que conta com financiamento da FAPESP e do Ministério da Saúde. Foram analisadas informações de 10.775 pessoas, de seis cidades brasileiras – as capitais do Sudeste, além de Porto Alegre e Salvador. Todos os voluntários eram funcionários universitários ativos ou aposentados com mais de 35 anos. A média de idade de todos os participantes era de 50,6 anos. Cada voluntário foi acompanhado por oito anos, em média, e avaliado em três momentos diferentes.

Inicialmente, as pessoas responderam a um questionário com 114 itens sobre seus hábitos alimentares. As perguntas tinham como objetivo entender quanto de sua dieta era composta por comida não processada (como frutas, grãos integrais e vegetais frescos) e ultraprocessados. Em seguida, os participantes foram divididos em quatro grupos, de acordo com o nível de ingestão de comida industrializada. O grupo que mais con-





Estudo indicou uma diminuição de 28% das funções cognitivas em adultos cuja dieta era composta por mais de um quinto de ultraprocessados

sumia ultraprocessados, no geral, era composto por voluntários mais jovens, mulheres e brancos. Tinham maior escolaridade, fumavam menos e bebiam menos álcool. Faziam menos atividade física e tinham menos comorbidades, mas apresentavam sintomas depressivos.

“Nos Estados Unidos, a tendência é que pessoas com menor renda tenham maior consumo de ultraprocessados. Por lá, esses produtos são muito baratos. Aqui no Brasil, percebemos a tendência inversa: quanto maior a renda, maior o consumo de ultraprocessados”, diz a bióloga Natália Gonçalves, pesquisadora do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da USP, autora principal do estudo.

O desempenho cognitivo de cada grupo foi colocado à prova em testes de cognição. Quem obtinha mais de 20% de suas calorias diárias comendo ultraprocessados apresentou uma taxa de declínio geral da cognição 28% mais rápida do que o grupo que retirava menos de 20% de sua energia por meio do consumo desse tipo de alimento. O declínio da função execu-

tiva, mais ligada ao controle dos pensamentos e das ações, foi 25% mais rápido nas pessoas que ingeriam muitos ultraprocessados.

Segundo os pesquisadores, as perdas cognitivas mensuradas no trabalho podem tornar um pouco mais difícil a realização de tarefas como armazenar e relacionar informações no curto prazo, retomar uma atividade após uma interrupção ou ler um texto em um ambiente barulhento. O declínio da capacidade cerebral, sobretudo nas funções executivas, começa a ocorrer, ainda que de forma lenta, a partir dos 25 anos e se

acentua com o avanço da idade. “Isso é normal. O que estamos tentando entender é se uma boa alimentação, com poucos ultraprocessados, pode impedir que esses efeitos apareçam antes da hora”, comenta Gonçalves.

Os trabalhos que exploram a associação entre dois parâmetros, como o consumo de ultraprocessados e a ocorrência de doenças ou mortes, têm limitações. Eles indicam que há fortes correlações estatísticas de que a alteração de uma variável leva a mudanças na outra. No caso, a quantidade de comida industrializada ingerida parece influenciar no aparecimento de doenças e na quantidade de mortes prematuras. Esses estudos, no entanto, não conseguem demonstrar qual seria o mecanismo por trás dessa aparente correlação.

A geriatra Claudia Suemoto, da Faculdade de Medicina da USP, que coordenou o estudo do Elsa sobre ultraprocessados e desempenho cognitivo, espera superar essa limitação em breve. Serão feitas imagens do cérebro de voluntários para ver se o alto consumo de ultraprocessados pode causar eventos isquêmicos ou pequenos derrames cerebrais, que, ao longo do tempo, poderiam comprometer as funções cognitivas. “Dessa forma, poderemos investigar possíveis mecanismos que expliquem a associação do ponto de vista estrutural”, conta Suemoto. ■

Projeto

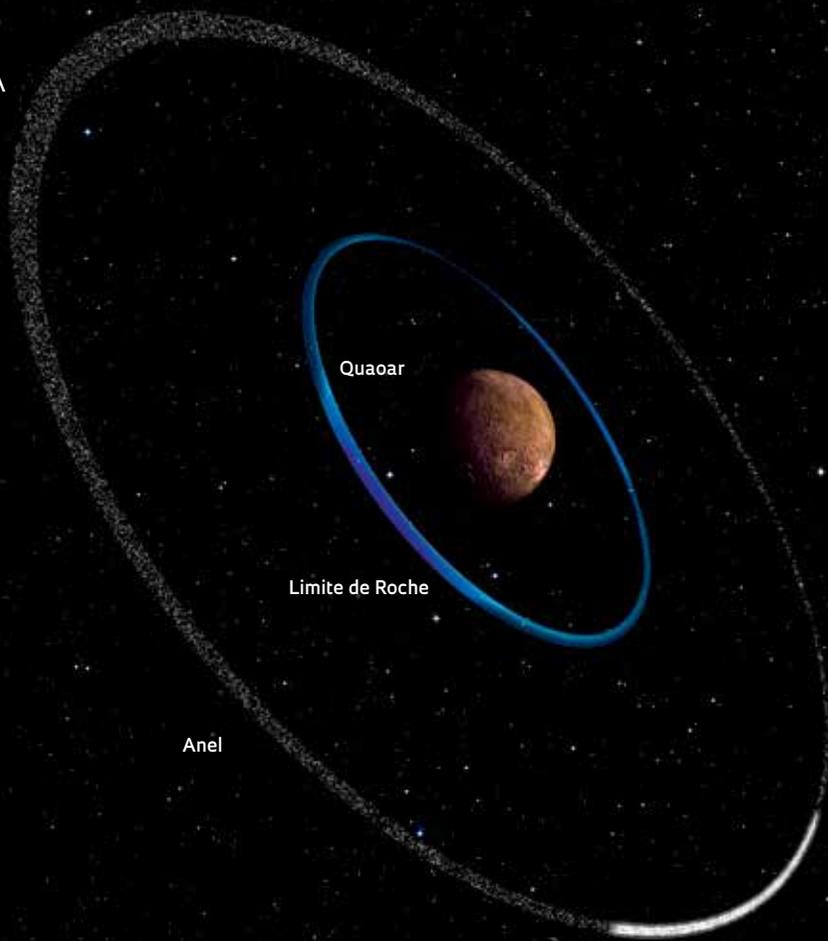
Os determinantes do envelhecimento cerebral saudável no Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (Elsa-Brasil) (nº 20/09468-9); Modalidade Projeto Temático; Pesquisadora responsável Alessandra Carvalho Goulart (USP); Investimento R\$ 4.202.332,88.

Artigos científicos

NILSON, E. A. F. *et al.* Premature deaths attributable to the consumption of ultraprocessed foods in Brazil. *American Journal of Preventive Medicine*. v. 64, n. 1. jan. 2023.

GONÇALVES, N. G. *et al.* Consumption of ultra-processed foods and cognitive decline in the Elsa – Brasil study: A prospective study. *JAMA Neurology*. 5 dez. 2022.





Segundo o limite de Roche, o anel poderia estar a uma distância máxima de 1.780 km de Quaoar. A estrutura, no entanto, foi registrada a 4.100 km do centro do objeto

ANEL FORA DO LUGAR

A estrutura circular se encontra ao redor de Quaoar, um corpo gelado situado no cinturão de Kuiper

Marcos Pivetta

Um grupo internacional de 59 astrônomos, liderado por brasileiros, encontrou um anel denso, formado por pequenos blocos de gelo e rocha, girando a uma distância de 4.100 quilômetros (km) de um objeto longínquo do Sistema Solar. A presença da estrutura circular em uma órbita tão afastada do centro de Quaoar, nome do gélido objeto, está em total desacordo com um resultado fundamental da mecânica celeste. Segundo o limite de Roche, uma fórmula usada desde meados do século XIX para calcular a posição esperada de estruturas celestiais em torno de objetos maiores, como anéis e satélites naturais (luas), o anel ao redor de Quaoar deveria estar localizado a uma distância máxima de 1.780 km.

“Nunca se observou um anel denso na órbita de um objeto que estivesse fora do limite de Roche”, explica o astrofísico Bruno Morgado, do Observatório do Valongo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (OV-UFRJ), autor principal da descoberta, descrita em artigo publicado em 8 de fevereiro na revista *Nature*. “A essa

distância de mais de 4 mil km de Quaoar, o que deveria ter se formado é uma lua, não um anel.” O achado deve levar a um refinamento das teorias que preveem a formação de anéis e satélites em torno de planetas e de outros objetos celestes.

Descoberto em 2002, Quaoar é um pequeno mundo gelado, com 1.121 km de diâmetro, aproximadamente 11,5 vezes menor do que o da Terra. Seu nome é uma referência ao deus da criação na mitologia dos Tongva, povo originário das Américas que vive nos atuais Estados Unidos. Quaoar é classificado de forma genérica como um objeto transnetuniano. Está situado no cinturão de Kuiper, que começa logo depois da órbita de Netuno, o oitavo planeta do Sistema Solar (Plutão, que também está dentro do cinturão, foi considerado o nono planeta até 2006, quando foi rebaixado à condição de planeta anão). O cinturão é constituído de trilhões de pedaços de matéria (rochas e gelo) que sobram do processo de formação do Sistema Solar, há 4,6 bilhões de anos. Seus fragmentos de maior destaque podem ser classificados como cometas ou planetas anões. Quaoar, que tem metade do diâmetro de Plutão, é um candidato a ser reconhecido oficialmente como um planeta anão.

Não há imagens do anel de Quaoar, mas evidências indiretas de sua presença. Os pesquisadores observaram em vários telescópios espalhados pela Terra reduções no brilho de estrelas sempre que Quaoar e seu anel passavam em frente a elas. “É um fenômeno semelhante a um eclipse”, compara o astrofísico Felipe Braga Ribas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), outro autor do estudo. “Registramos a assinatura típica de uma ocultação provocada pela passagem de um objeto com um anel.”

A assinatura de uma ocultação ocasionada por um objeto dotado de um anel se caracteriza pela ocorrência, ao longo de 1 minuto, de três reduções consecutivas do brilho da estrela: uma menor, causada pela passagem de uma parte do anel; uma maior, provocada pelo cruzamento do objeto em si (no caso, Quaoar); e outra menor, produzida pela outra parte do anel. As duas diminuições menores da luminosidade de estrelas ocasionadas pelo anel de Quaoar apresentaram intensidade ligeiramente diferente. “O anel não é totalmente simétrico”, diz o astrofísico Rafael Sfair, da Faculdade de Engenharia

e Ciências da Universidade Estadual Paulista (Unesp), que também assina o estudo. “Um de seus lados é mais largo do que o outro.” As pesquisas de Sfair, que estuda as características e a dinâmica orbital de anéis, são parcialmente financiadas por um projeto da FAPESP.

O valor do limite de Roche é calculado a partir de alguns parâmetros, sobretudo do raio e da densidade do objeto principal e da espessura das estruturas que o orbitam (luas ou anéis). *Grosso modo*, dentro do limite, a influência da força gravitacional do corpo maior impede que os fragmentos de matéria em sua órbita se juntem e formem uma lua. Há apenas uma ou duas exceções conhecidas a essa regra. Nesse caso, o padrão dominante é que surja um anel em volta do corpo maior. Fora do limite de Roche, os pedaços de matéria são capazes de se agregar e gerar luas. O próprio Quaoar tem um satélite natural, Weywot, que obedece a essa fórmula.

Quando um satélite ou um cometa cruza o limite de Roche de um planeta, ele tende a se desintegrar por ação da gravidade do objeto maior. Em julho de 1992, o cometa Shoemaker-Levy 9 se fragmentou em mais de 20 partes ao adentrar o limite de Roche de Júpiter. Dois anos depois, seus pedaços se chocaram contra o planeta.

Saturno, um dos planetas do Sistema Solar, tem o maior e mais espetacular sistema de anéis. Urano, Júpiter e Netuno também apresentam essas estruturas circulares em seu entorno. Neste século, anéis têm sido encontrados em outros tipos de objetos, como planetas extrassolares, luas, estrelas e outros corpos celestes. Em 2013, Ribas foi o autor principal de um trabalho que descobriu o primeiro anel em torno de um asteroide que se situa entre as órbitas de Saturno e Urano, um objeto de 250 km de diâmetro

denominado Chariklo. “Mas aquele anel está dentro do limite de Roche”, comenta o astrofísico da UTFPR.

Por ora, os astrofísicos não têm explicação para a localização tão afastada do anel de Quaoar. Uma possibilidade é haver alguma influência gravitacional sobre o sistema que impeça os pedaços do anel de se juntarem e gerar, como se esperaria, um satélite natural. Isso poderia ser causado por uma irregularidade de Quaoar, por sua lua Weywot, ou ainda por um pequeno satélite desconhecido.

“Se for uma estrutura transitória, o anel deve desaparecer gradualmente à medida que seu material se agrega”, escreve o astrofísico Matthew Hedman, da Universidade de Idaho, nos Estados Unidos, em um artigo de comentário publicado também em 8 de fevereiro na *Nature*. “No entanto, se for de longa duração, as variações de opacidade ao longo de sua extensão podem ser rastreadas com o tempo para restringir exatamente com que rapidez o material do anel está orbitando em torno de Quaoar.”

Os brasileiros Morgado, Ribas e Sfair argumentam que os fragmentos de um anel, como o encontrado ao redor desse corpo gelado do cinturão de Kuiper, teoricamente se aglutinariam e formariam uma lua em cinco ou 10 anos. Não se sabe a idade exata de Quaoar, mas é razoável supor que exista há milhões ou mesmo bilhões de anos. “Seria quase impossível termos tido a sorte de encontrar o anel pouco antes de seus fragmentos se juntarem e darem origem a um satélite”, comenta o astrônomo da UFRJ. ■

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



Imagem de 1994 mostra fragmentos do cometa Shoemaker-Levy 9, que se despedaçou ao cruzar o limite de Roche de Júpiter

BIOTECNOLOGIA



VEM AÍ A MARIPOSA TRANSGÊNICA

A lagarta-do-cartucho
(*Spodoptera frugiperda*)
é responsável por
perdas de até 50% em
plantações de milho

Empresa desenvolve nova tecnologia para combater a principal ameaça à lavoura do milho

Frances Jones

Os agricultores brasileiros poderão contar dentro de algum tempo com uma nova ferramenta para combater o que é considerada pelo agronegócio a principal praga da cultura do milho. A empresa Oxitec do Brasil prepara-se para fazer o lançamento comercial de uma mariposa geneticamente modificada a ser liberada nas plantações com a finalidade de combater a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Presente em todas as regiões do país em que se cultiva milho, o inseto é responsável por perdas de até 50% em uma lavoura. A mariposa transgênica, chamada de Spodoptera do Bem, recebeu em 2021 a aprovação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), a instância do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) responsável por recomendar ou não a liberação de organismos geneticamente modificados no Brasil.

“A Spodoptera do Bem é um produto seguro e eficaz”, afirma a geneticista Natalia Ferreira, diretora-geral da Oxitec do Brasil. “Estamos em uma fase de engajamento de agricultores, de conversa com distribuidores e continuamos com ensaios em fazendas para entendermos como esse produto se encaixa na rotina do produtor rural”, informa. O lançamento comercial, segundo a empresa, deve ocorrer nos próximos anos.

Spodoptera do Bem é o nome comercial das mariposas da linhagem geneticamente modificada OX5382G, desenvolvida pela empresa matriz no Reino Unido e testada em duas fazendas brasileiras – uma em Mato Grosso e outra em São Paulo. Spin-off da Universidade de Oxford criada em 2002, a Oxitec é hoje uma subsidiária da empresa norte-americana Third Security, com sede na Virgínia.

O Brasil é o primeiro e único país do mundo a liberar as mariposas transgênicas no campo.

Elas são uma versão geneticamente modificada da própria lagarta-do-cartucho que ataca o milho e, em seu código genético, carregam dois genes diferentes, introduzidos em laboratório. Um deles, conhecido como tTAV, impede o desenvolvimento de fêmeas e faz com que, dos ovos da nova geração, só vinguem os machos, afetando drasticamente a reprodução do inseto.

“Nós aprimoramos em laboratório um gene que já está na *Spodoptera* e em outros insetos e aracnídeos, colocando um promotor [determinada sequência de DNA] que sinaliza para a célula produzir muito daquele gene”, afirmou Ferreira. “É como uma overdose. Como se eu, no meu corpo inteiro, em vez de produzir as células dos órgãos, passasse a produzir só colágeno, por exemplo”, diz. “O resultado é que não produziria mais sangue, saliva ou nada que garanta a minha vida; então morreria exatamente por falta dessas substâncias.”

O segundo gene inserido, DsRed2, é um marcador, derivado de uma espécie de coral marinho que produz uma proteína fluorescente e ajuda a distinguir os animais modificados dos insetos selvagens.

A técnica de combate à praga consiste em liberar machos geneticamente modificados no campo para copular com as fêmeas selvagens. Do cruzamento, vingam apenas lagartos machos, que, após a fase de pupa, viram mariposas portadoras do gene letal ou autolimitante no genoma, que mais uma vez matará as descendentes fêmeas. Dessa forma, em algumas gerações, segundo a empresa, a população do inseto diminuirá.

A tecnologia é a mesma utilizada no produto Aedes do Bem, vendido pela empresa no Brasil desde 2021, que busca reduzir a população de *Aedes aegypti*. Nesse caso, o objetivo é diminuir os casos de dengue e de outras doenças transmitidas pelo mosquito, como zika e chikungunya (ver reportagem na página 66). *Spodoptera* mo-

dificada, duas versões de *Aedes aegypti* criadas pela Oxitec e o salmão da empresa canadense AquaBounty compõem o restrito grupo de animais transgênicos cuja venda já foi liberada no Brasil pela CTNBio.

A médica veterinária Maria Lúcia Zaidan Dagli, do Laboratório de Oncologia Experimental e Comparada da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP) e membro da CTNBio, avalia como positiva a liberação no país da *Spodoptera* do Bem. Ela participou da decisão de aprovação da primeira versão de *Aedes aegypti* da Oxitec.

Para obter a liberação comercial, explica Dagli, é preciso que as quatro áreas setoriais da CTNBio que verificam o impacto do produto sobre a saúde humana, a saúde animal, os vegetais e o ambiente atestem a segurança do produto com base em dados e estudos apresentados pela companhia interessada. Após a liberação comercial do produto, há ainda um acompanhamento e a empresa deve enviar relatórios anuais à CTNBio ao longo de cinco anos.

“É o mesmo processo que ocorre com novos medicamentos liberados pelas respectivas agências regulatórias. Se algum problema for relatado, dependendo do que for, o produto pode ser suspenso”, salienta a pesquisadora. Ela ressalta que nunca ocorreu a suspensão de um produto aprovado pela CTNBio.

Como parte da estratégia dos produtores rurais de combate à lagarta-do-cartucho, há no mercado em torno de 200 produtos para controle químico do inseto, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

No entanto, *Spodoptera* tem demonstrado resistência aos inseticidas convencionais. E ainda há a preocupação com os efeitos indesejados desses agrotóxicos sobre a saúde de organismos não alvos e ao ambiente.

Além dos inseticidas, há nove produtos para controle biológico registrados no país e outros quatro estão prestes a ser lançados. Desde a safra de 2008/2009, também se usa a tecnologia do milho transgênico – que expressa proteínas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) para matar as lagartas. Só que os insetos já mostram resistência à planta modificada.

“Quando utilizamos inseticidas ou plantas transgênicas para controle de uma praga, acabamos selecionando involuntariamente no campo indivíduos capazes de sobreviver a essas tecnologias”, explica o engenheiro-agrônomo Alberto Soares Corrêa, coordenador do Laboratório de Ecologia Molecular de Artrópodes da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), da USP. “Uma única fêmea de *Spodoptera frugiperda* pode colocar até 1.500 ovos em seu ciclo de vida. Além disso, é uma espécie extremamente complexa de manejar devido a sua polifagia [habilidade de se alimentar em diferentes espécies de plantas] e capacidade de dispersão. Nativa do continente americano, recentemente ela se tornou uma praga cosmopolita com relatos de detecção em países da África, Ásia, Europa e Oceania”, informa Corrêa.

Para retardar a evolução da resistência ao milho transgênico, recomenda-se que o agricultor reserve uma parte da área – entre 10% e 20%, embora não haja consenso quanto a esses valores – para o cultivo de plantas convencionais, não transgênicas, o chamado refúgio. O objetivo

Além do milho, a mariposa pode se alimentar de cerca de 50 variedades de plantas





Colaboradores da Oxitec em campo conduzindo o estudo-piloto da *Spodoptera do Bem*

2

dessa estratégia é que os insetos copulem com aqueles que não têm os alelos que conferem a resistência (alelos são as diferentes formas de um determinado gene). “O fato é que muitas vezes o produtor abre mão de plantar o refúgio e, com isso, a evolução da resistência é acelerada”, diz o pesquisador da Esalq.

De acordo com a Oxitec, *Spodoptera frugiperda* transgênica deverá ser um método bastante eficaz para controlar a resistência a plantações de milho Bt. “A *Spodoptera do Bem* nunca viu inseticida, nunca viu Bt na vida dela, é totalmente suscetível”, observa Ferreira. “Quando o macho transgênico vai a campo e acasala com uma fêmea e deixa um descendente macho, que herda a parte do genoma do pai que não tem resistência, recuperamos o efeito de todos os inseticidas, agrotóxicos e do próprio milho Bt. É uma tecnologia que vai ajudar a usar menos agrotóxicos e a resgatar ou estender a vida útil das sementes biotecnológicas.”

Corrêa explica que o controle auto-cida, no qual um inseto modificado reduz a população de animais da mesma espécie por meio dos cruzamentos, é uma técnica antiga. “O exemplo clássico é o da mosca-da-bicheira [*Cochliomyia hominivorax*], erradicada dos Estados Unidos após a liberação de milhões de insetos estéreis a partir da década de 1950”, afirma.

A diferença importante é que, em vez de transgênicos, foram soltos no campo machos tornados estéreis pela irradiação de raios gama. A utilização de insetos transgênicos, contou ele, vem com o objetivo, pelo menos inicial, de superar algumas fragilidades desse método. “A exposição à radiação pode trazer vários malefícios a esses insetos, comprometendo características biológicas e compor-

tamentais e afetando seu desempenho no campo. A ideia do inseto transgênico é ter indivíduos com melhor desempenho e capacidade de competir com os machos selvagens, acasalar com as fêmeas e, assim, não deixar descendentes, reduzindo a população da espécie-alvo da tecnologia.”

Corrêa prefere não fazer previsões sobre os riscos e as possíveis consequências ecológicas da liberação de um inseto transgênico na natureza. “Não temos dados científicos disponíveis na literatura para responder às principais perguntas. Isso nunca foi feito em larga escala”, afirma o pesquisador. “No caso de *Spodoptera frugiperda*, se a CTNBio aprovou, acredito que julgaram ter a mínima segurança para a tecnologia ser aplicada.”

De acordo com ele, os mesmos questionamentos surgiram com as plantas transgênicas. “Hoje sabemos que elas têm elevada segurança. Tanto é que o uso delas tem sido ampliado em várias regiões do mundo. Com animais, contudo, há uma diferença grande nas questões reprodutivas e bioquímicas e na estrutura do genoma. Não podemos simplesmente falar: com planta transgênica funcionou, com animal transgênico vai funcionar.”

O biólogo José Maria Gusman Ferraz, pesquisador convidado do Laboratório de Engenharia Ecológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), estudou *Spodoptera frugiperda* durante seu doutorado. Para ele, a nova tecnologia pode ser um instrumento a mais no combate à praga. Pondera, contudo, que deverá ser pouco eficiente, uma vez que o inseto adulto tem elevada capacidade de deslocamento e o milho é plantado em grandes áreas abertas. “O histórico desse tipo de tecnologia é de que funciona bem apenas em áreas insulares, ou seja, com característica de ilhas”, diz.

Ferraz também gostaria de ver mais dados sobre possíveis danos aos parasitoides – os inimigos

naturais da mariposa – antes da liberação e sobre os riscos de o material genético transgênico permanecer no ambiente. “As novas tecnologias podem funcionar em um espaço de tempo curto, mas também podem causar efeitos negativos e, em seguida, deixar de funcionar”, opina. “O princípio básico da vida é a diversidade e, quando eu reduzo essa diversidade, o sistema fica frágil.”

Uma vantagem dos organismos geneticamente modificados (OGM) em relação aos irradiados são a praticidade e o custo, explica a bioquímica Margareth Capurro, do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da USP, coordenadora técnica de um estudo na Bahia sobre *Aedes* transgênico. Segundo ela, 44 países estão se preparando para usar a liberação de machos estéreis para o controle de população de insetos, embora nenhum deles adote técnicas de produção de OGM.

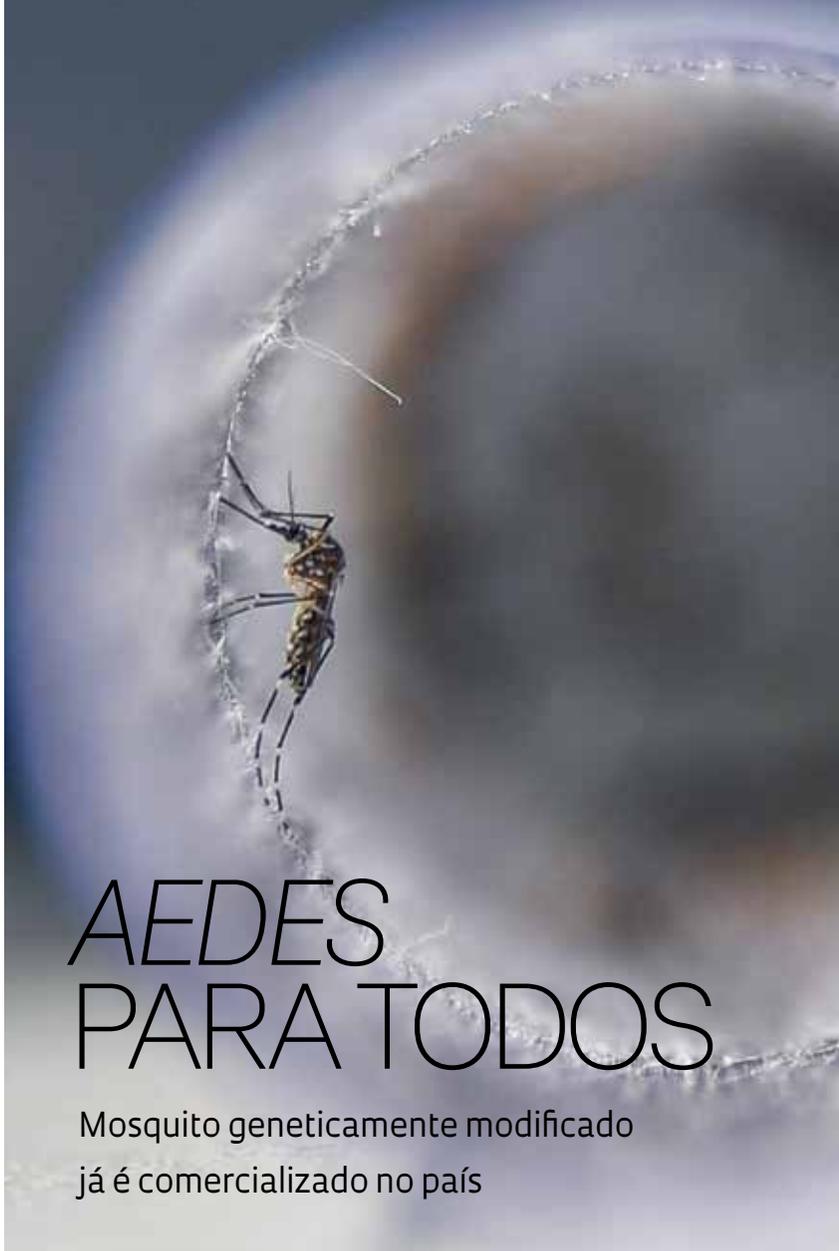
“Para o macho estéril, basta montar uma biofábrica e manter o custo de produção; o transgênico tem que pagar para a empresa que o fabrica. O transgênico, entretanto, facilita a vida, porque eliminamos a necessidade de um equipamento que custa entre US\$ 100 mil e US\$ 200 mil. Como vai ter um irradiador em cada estado do Brasil?”, questiona. “Não é viável. A logística do macho estéril, no caso de *Aedes aegypti*, exige que se faça a produção do inseto perto do irradiador e ele tem de ser transportado e liberado em até 24 horas.”

Uma distinção entre a mosca-da-bicheira, erradicada dos Estados Unidos no século passado, e *Spodoptera frugiperda* é que a primeira é monogâmica, ou seja, a fêmea copula uma única vez com apenas um macho. Já a segunda pode fazer múltiplas cópulas. E, diferentemente de *Aedes aegypti*, que é um animal exótico, proveniente da região do Egito, a mariposa que ataca o milho é nativa do continente americano. Além de se hospedar na espiga, *Spodoptera* também causa problemas a outras culturas importantes, como algodão, soja, trigo, arroz e feijão. Pode se alimentar de cerca de 50 variedades de plantas de mais de 20 famílias botânicas, segundo dados da Embrapa.

Para ocorrer a erradicação do inseto, no entanto, seria preciso uma política pública que pensasse uma ação em todo o território nacional e ainda nos países vizinhos do continente americano. “O Brasil é uma nação continental com uma fronteira terrestre gigantesca. Temos problemas em unir os órgãos governamentais, empresas e produtores para implementar estratégias de monitoramento e controle de pragas” pondera Corrêa. “Erradicar o inseto no Brasil é praticamente impossível. Creio que a empresa não tem isso como objetivo.” ■

Artigo científico

REAVEY, C. E. *et al.* Self-limiting fall armyworm: A new approach in development for sustainable crop protection and resistance management. *BMC Biotechnology*. 27 jan. 2022.



AEDES PARA TODOS

Mosquito geneticamente modificado
já é comercializado no país

O Brasil é pioneiro na liberação de *Aedes aegypti* transgênicos, com testes sendo feitos desde a década passada em cidades na Bahia e no interior paulista. Um artigo controverso foi publicado em 2019 sobre um estudo com os mosquitos em Jacobina (BA) na revista *Scientific Reports*. Na conclusão do texto, era dito que se constatou a transferência dos genes transgênicos para a população selvagem de *Aedes*, gerando mosquitos híbridos. Após repercussão, a publicação anexou ao original, em 2020, uma nota de preocupação editorial, expressando críticas ao texto, apoiada por seis dos 10 autores do artigo (ver Pesquisa FAPESP nº 285).

Dois anos depois da polêmica, a Oxitec foi autorizada pelo governo brasi-



Liberação de *Aedes aegypti* transgênico procura conter surtos de dengue

é composto por duas caixas, suficientes para 5 mil metros quadrados (m²). Cada caixa vem com cerca de 2,3 mil ovos, mas apenas 1,2 mil mosquitos machos são liberados de cada unidade; as fêmeas não sobrevivem. O refil com os ovos de *Aedes* deve ser substituído a cada 28 dias.

Quatro sachês específicos para o controle e a qualidade da água essenciais ao ciclo de desenvolvimento dos mosquitos também compõem o kit. Cada caixa vendida pela Detecta custa R\$ 460 e o refil sai por R\$ 196. Valério ressalta, porém, que o custo total varia muito. “Depende do tamanho da área de abrangência, da necessidade de deslocamento do produto, de quem vai operar as caixas. É feito um projeto individualizado.”

Nos Estados Unidos, a liberação ainda é feita em caráter experimental e apenas na Flórida. Em 2020, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) autorizou a Oxitec a fazer testes-piloto da tecnologia com o mosquito de segunda geração (da linhagem OX5034) em regiões dos estados da Flórida e da Califórnia.

A agência norte-americana, porém, tomou a precaução de proibir a liberação dos mosquitos em áreas situadas a menos de 500 m de possíveis fontes do antibiótico tetraciclina, como estações de tratamento de esgoto, áreas produtoras de maçãs, peras e frutas cítricas e instalações para gado bovino, suínos e granjas. Bastante usado tanto na saúde humana como na terapia animal e em alguns casos na agricultura, as moléculas dos antibióticos podem ser excretadas sem sofrer metabolização no trato digestivo e contaminar o ambiente, no solo ou na água, mesmo que em baixas concentrações.

leiro, a partir de parecer favorável da CTNBio, a vender o mosquito geneticamente modificado em todo o território brasileiro, para empresas e pessoas físicas. “Estamos apresentando o *Aedes* do Bem para um grande grupo de clientes e ele está tendo aceitação em muitos deles. Já vendemos para pessoas físicas”, informa Matheus Valério, biólogo da Detecta, especializada em controle de pragas. “Temos que demonstrar um conceito novo, porque as pessoas estão acostumadas com os produtos de aplicação convencional.” Com sede em Campinas (SP), a Detecta começou a vender o produto como distribuidora parceira da Oxitec em outubro de 2022.

A distribuidora recomenda a liberação dos mosquitos por pelo menos oito meses seguidos, de preferência de outubro a março. O kit de tratamento básico

O mosquito transgênico foi desenvolvido e é criado num ambiente rico em tetraciclina. Assim como no caso de *Spodoptera*, o gene letal introduzido é o tTAV, feito a partir de DNA sintético baseado em uma fusão de sequências da bactéria *Escherichia coli* e do vírus do herpes simples. “Em laboratório, o antibiótico, em alta concentração, é capaz de inibir a expressão do gene letal que ele carrega. No campo, o inseto macho transgênico copula com a fêmea, que depois coloca os ovos. Os ovos eclodem e viram larvas, que são de vida aquática. Só que essa prole não encontra nesse meio a concentração elevada de tetraci-

clina. Então o gene letal é expressado e a larva morre. Esse é um resumo geral do processo”, diz o engenheiro-agrônomo Alberto Soares Corrêa, da Esalq.

Em um comunicado de 2022, a agência norte-americana argumentou que “há uma chance remota de que fontes ambientais de tetraciclina podem ter tetraciclina o suficiente para funcionar como um antídoto para a característica letal à fêmea do mosquito OX5034”. Com isso, haveria a possibilidade de fêmeas transgênicas sobreviverem e se reproduzirem. Apenas as fêmeas de *Aedes* picam os humanos e transmitem doenças.

No Brasil, não há nenhuma restrição de local para a liberação dos insetos transgênicos, tanto da mariposa quanto do mosquito. O agrônomo e entomologista Fernando Hercos Valicente, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, que integrou a CTNBio na época das deliberações para a aprovação da primeira versão de *Aedes aegypti* da Oxitec, contou que o assunto foi discutido na época. “Alguém mencionou o caso das rações de cachorro, que podem conter tetraciclina. Mas é uma quantidade muito discrepante entre o que havia na ração e o que era preciso para o inseto sobreviver. Seria preciso uma dose muito maior. Isso não é um problema”, afirma Valicente. Para ele, “os resultados positivos dos testes feitos no Brasil mostram o benefício da tecnologia”.

Já o biólogo José Maria Gusman Ferraz, que também fez parte da CTNBio e votou contra a liberação do mosquito transgênico no país, afirma que há um grande descuido por parte das autoridades e que seria preciso pesquisar muito mais o que pode acontecer com o ecossistema como um todo. “O princípio da precaução não está sendo levado em conta. A liberação só será reavaliada se houver um problema muito grave. Mas pode ser tarde. Quando liberamos um produto, não liberamos apenas a planta ou o inseto transgênico. Liberamos uma tecnologia que pode levar a uma alteração no ambiente.” ■ Frances Jones

Artigo científico

EVANS, B. *et al.* Transgenic *Aedes aegypti* mosquitoes transfer genes into a natural population. *Scientific Reports*. 10 set. 2019.

EMPREENDEADORISMO



O UNIVERSO DAS AGTECHS

Startups desenvolvem alimentos e aprimoram o gerenciamento e a comercialização da produção agropecuária, segundo mapeamento da Embrapa

Sarah Schmidt

Em 2014, o bacharel em direito Thiago Rosolem ouviu a expressão “carne de caju” em uma música do compositor pernambucano Alceu Valença e resolveu fazer dessa ideia um negócio. A partir de um estudo realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em Fortaleza, no Ceará, e com o apoio de pesquisadores e especialistas em gastronomia, ele preparou bolinhos e hambúrgueres vegetais com a massa fibrosa da fruta, a tal “carne”, obtida após a extração da polpa, que geralmente é descartada. Agora à frente da empresa Amazonika Mundi, Rosolem pretende usar neste ano 30 toneladas de fibras do bagaço do caju, o triplo utilizado em 2022, para produzir substitutos de carne, enriquecidos com extrato de açaí e óleos de plantas da Amazônia e vendidos em supermercados de 10 estados.

A Amazonika é uma das 281 startups do setor agropecuário – também chamadas de agtechs ou agrifoodtechs – da categoria de alimentos do Radar Agtech Brasil 2022, mapeamento lançado em novembro pela Embrapa. “A busca por alimentos mais saudáveis, menos poluentes e específicos para dietas personalizadas é uma tendência e está favorecendo a inovação no setor agropecuário”,

observa o administrador de empresas Cleidson Dias, da Embrapa, um dos autores do estudo, feito em colaboração com a consultoria Homo Ludens e o fundo de investimento SP Ventures. O trabalho teve o apoio da plataforma de startups Distrito e do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae).

Empresas que fazem produtos como carnes vegetais, leites a partir de castanha-de-caju ou alimentos com melhores índices nutricionais são o maior (16,5%) entre os cinco principais grupos dessa versão do Radar, que reúne 1.703 startups. O número total de agtechs brasileiras mais do que quintuplicou desde o primeiro mapeamento feito pela Embrapa, em 2018 (ver gráficos). As empresas são identificadas por meio do registro no Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ), sites, redes sociais e formulários preenchidos pelos próprios empresários.

Na apresentação do estudo, dois diretores da SP Ventures, Felipe Guth e Francisco Jardim, comentaram que a extensão do país, a diversidade de solos e climas e as diferenças de tamanho entre as propriedades rurais “tornam ineficiente o processo de importar tecnologias e inovações, fortalecendo o desenvolvimento local de soluções”.

Muitas vezes nascidas de projetos acadêmicos, as empresas de apoio aos proprietários rurais se concentram nas cidades de São Paulo (21,6%), Curitiba (4,1%), Piracicaba (3,6%), Rio de Janeiro (3,3%) e Campinas (3%). A capital paulista se destacou como a única cidade da América Latina classificada entre os 30 ecossistemas mais relevantes do mundo, de acordo com dois levantamentos citados no mapeamento da Embrapa, o Ranking dos Ecossistemas de Startups de 2022, publicado pelo centro israelense de pesquisas sobre ecossistemas de inovação globais Startupblink, e o Relatório Global dos Ecossistemas de Startups, da empresa norte-americana de consultoria em inovação Startup Genome. A capital paulista figura nas 16ª e 28ª posições, respectivamente.

Divididas em 34 categorias, as startups agrícolas se dedicam a atividades diversas, como desenvolvimento de sementes, de novos alimentos para o gado ou de técnicas para reduzir os resíduos agrícolas, acompanhamento da produção por meio de imagens de satélite e o uso de drones para aplicar agrotóxicos ou de aparelhos com internet para detectar pragas, prever o clima e planejar a irrigação.

Na introdução do Radar, Celso Luiz Moretti, presidente da Embrapa, e Tiago Toledo Ferreira, diretor-executivo de negócios, observaram: “O ecossistema de inovação agrícola nacional é cada vez mais complexo e abrangente, impulsionado pela participação significativa de startups (agtechs) e de investidores”.

Em 2021, agtechs brasileiras receberam investimentos públicos, privados e estrangeiros da ordem de US\$ 1,3 bilhão, de acordo com a AgFunder, empresa norte-americana de capital de risco citada no estudo. O Brasil é o sexto país que mais recebe investimentos, após Estados Unidos, China, Índia, Alemanha e Reino Unido.

O mapeamento da Embrapa examinou o faturamento de 168 empresas. Com base nessa amostra, a maioria (62,5%) declarou uma receita anual de até R\$ 360 mil, quase metade (43,4%) de até R\$ 81 mil e 16,7% até R\$ 16 milhões. A conclusão é de que “empresas nascentes, de baixo faturamento, são frequentes”.

DE SEMENTES A DRONES

O estudo examina três segmentos de empresas: antes, dentro e depois da fazenda. O primeiro engloba atividades prévias ao trabalho no campo, como o desenvolvimento de materiais genéticos (sementes, mudas ou sêmen) e novos métodos de análises laboratoriais de nutrientes do solo. O segundo envolve atividades ligadas diretamente à produção agropecuária, como a gestão da propriedade, da plantação ou do gado. O terceiro, os serviços de distribuição e venda dos produtos agrícolas, como os mercados on-line.

“Desde 2019, quando começamos o mapeamento, a diferença entre o número das agtechs

EXPANSÃO CONTÍNUA

Número de agtechs nacionais mapeadas cresceu mais de cinco vezes desde 2018



*Levantamento feito com dados do biênio em razão da pandemia

FONTE RADAR AGTECH BRASIL 2019, 2020/21 E 2022

nos dois principais segmentos, dentro e depois da fazenda, tem diminuído, mas as possíveis causas ainda precisam ser pesquisadas em profundidade”, comenta Dias. De 2019 a 2022, a participação das startups de dentro da porteira foi de 35% para 41,4%, enquanto a proporção das agtechs depois da fazenda caiu de 47% para 44%.

A Terra App Solutions, de Belém, no Pará, enquadra-se em dois segmentos – antes e dentro da fazenda. Criada em 2014 por pesquisadores do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), desenvolve programas para gestão da produção, análise de risco socioambiental e climático de crédito rural e monitoramento de áreas preservadas em propriedades rurais.

Em fase final de validação, seu mais recente software, desenvolvido a pedido dos potenciais usuários, poderá reunir dados de 2 mil produtores que trabalham com 20 culturas diferentes, como cupuaçu, cacau, açaí e mandioca, potenciais compradores nacionais e internacionais e duas instituições financeiras. “Os produtores podem solicitar financiamento com base em sua safra e os gerentes de bancos terão a segurança para fornecer o crédito seguindo as exigências dos órgãos reguladores”, explica o administrador de empresas Andrew Breno, gerente comercial.

Segundo ele, a empresa acompanha o uso do programa, interessada em eventuais ajustes. “As equipes das agtechs precisam trabalhar com os usuários, para criar confiança e bons produtos”, diz Breno. Para Dias, da Embrapa, a colaboração pode evitar um erro comum: “Muitas vezes as empresas criam soluções desconectadas das necessidades do produtor e depois precisam mudar de rumo”.

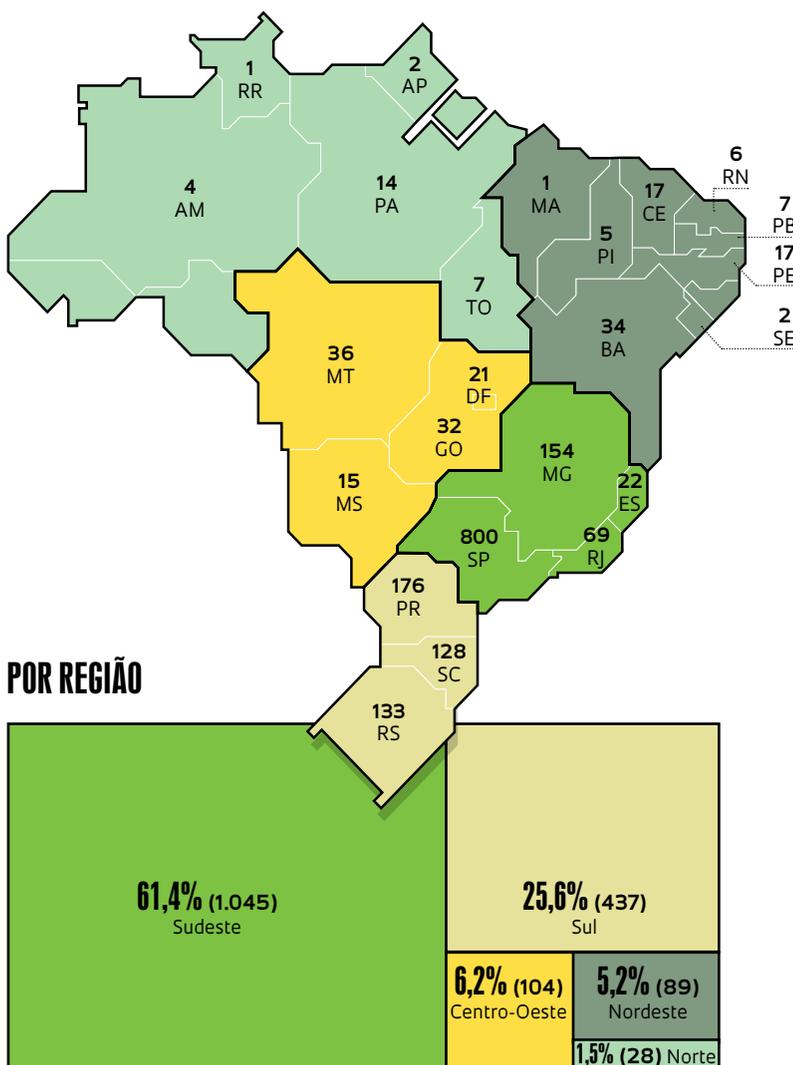
Um problema a ser enfrentado é o acesso das propriedades rurais à internet, que passou de 5% em 2020 (ver Pesquisa FAPESP nº 287) para 23% em 2022.

Depois das empresas de alimentos e de tecnologia, o segundo maior grupo de agtechs, a terceira maior categoria é formada pelos espaços on-line de venda de serviços e de produtos agrícolas, incluindo alimentos. São os chamados marketplaces. “A pandemia obrigou muitos setores a usar mais os serviços on-line que conectam fornecedores de insumos agrícolas, produtores rurais, mercearias, restaurantes e consumidores”, conta Dias.

A Muda Meu Mundo, de Fortaleza, começou em 2019 e hoje reúne 650 pequenos produtores rurais que negociam com 60 varejistas e outras empresas de alimentação de 170 cidades das regiões Nordeste, Sudeste e Sul. “Eliminamos os intermediários da cadeia de produção, como os

CONCENTRAÇÃO NA REGIÃO SUDESTE

No Radar 2022, São Paulo é o estado com mais agtechs



FONTE: RADAR AGTECH BRASIL 2022

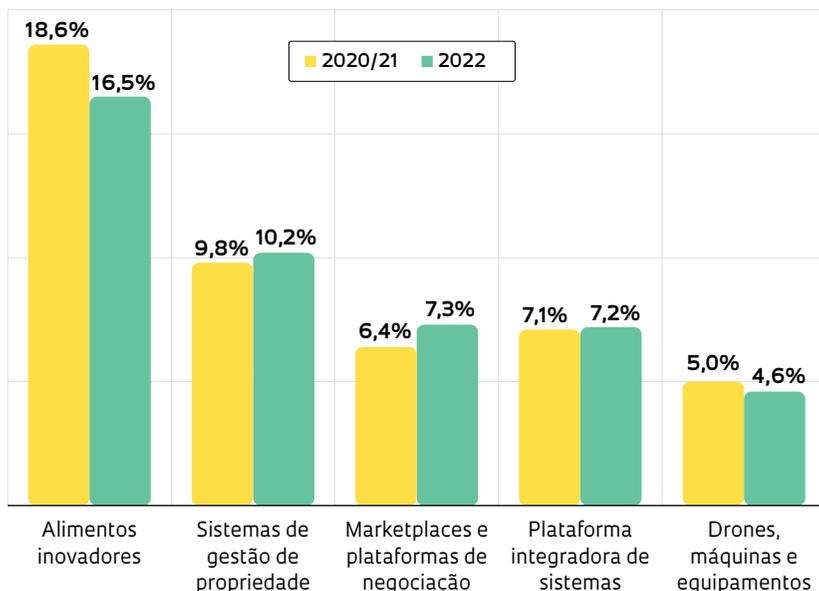


Equipe da Terra App Solutions em trabalho de campo em Santa Bárbara do Pará, na Região Metropolitana de Belém

FOTO: TERRAS APP SOLUTIONS; INFOGRÁFICOS: ALEXANDRE AFFONSO / REVISTA PESQUISA FAPESP

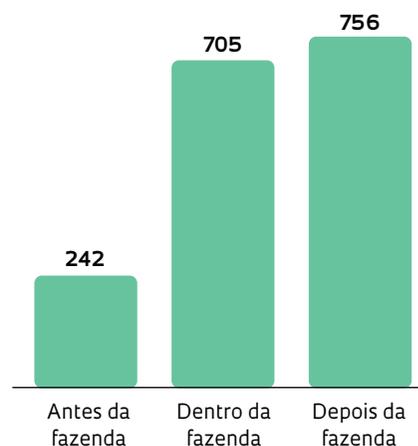
AS CINCO PRINCIPAIS CATEGORIAS DE AGTECHS NO BRASIL

A de alimentos inovadores continua a maior, enquanto as de sistemas de gestão e de marketplaces crescem um pouco



ANTES, DENTRO OU DEPOIS DA FAZENDA

No Radar 2022, o maior grupo é o de serviços de distribuição e venda de produtos agrícolas



FONTE: RADAR AGTECH BRASIL 2022

ESTRATÉGIAS DE CRESCIMENTO

“Em 2020, quando entrevistei gestores de agtechs brasileiras para meu doutorado, notei que são homens que dirigem a maioria delas”, diz o agrônomo Paulo Ramos, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), *campus* de Lagoa do Sino, que não participou da elaboração do mapeamento da Embrapa.

Ao começar o doutorado, em 2019, ele não tinha encontrado nenhum levantamento sobre as agtechs brasileiras. Foi quando saiu a primeira versão do Radar, que o pesquisador usou para identificar semelhanças entre 28 empresas que haviam atingido o chamado nível de escalabilidade, que define a possibilidade de crescer, com pelo menos 10 funcionários e crescimento anual da receita de 20% por pelo menos três anos seguidos.

Como descrito em um artigo publicado em janeiro de 2022 na *Revista de Gestão*, Ramos identificou cinco pontos decisivos para o crescimento dessas empresas. O primeiro é a estrutura de governança bem definida, com conselhos consultivo e deliberativo que avaliam periodicamente o plano estratégico.

O segundo é a formação de equipes especializadas. O terceiro, a definição clara do papel de cada departamento e funcionário, algo que, segundo o pesquisador, não ocorre em muitas startups, onde uma mesma pessoa desempenha várias atividades. O quarto, a atenção com os recursos humanos, aprimorados continuamente por meio de cursos e motivados com a participação nos lucros da empresa. Por fim, um modelo de negócios validado com os clientes, com o conhecimento do público-alvo e de suas necessidades. “A falta de um plano de negócios consistente antes de se estruturar é o erro mais comum das startups agrícolas”, avalia Ramos.

centros de distribuição, para que o agricultor familiar possa obter um valor mais justo pelos seus produtos”, diz a pedagoga Priscilla Veras, diretora da empresa. “Em 2021 a demanda aumentou e triplicamos nosso faturamento.”

Com base em sua experiência anterior com produtores rurais, quando trabalhou em uma organização não governamental, Veras prepara indicadores sobre os ganhos dos agricultores, produtividade e venda, além de áreas de reflorestamento e de participação da mão de obra feminina. Ela é uma das 28,7% de mulheres que são sócias de agtechs no país, um mundo com predomínio dos homens (71,3%), segundo o levantamento da Embrapa, que em 2022 trouxe pela primeira vez o recorte de gênero. Apesar da participação menor, já existem fundos de investimento ou de capital de risco focados em startups de mulheres, como os da Microsoft, We Ventures, EB Capital, Mubius e Sororitê, citados no mapeamento.

O Radar reconhece: “As produtoras rurais enfrentam mais obstáculos do que os homens no acesso a recursos e serviços produtivos, tecnologia, informações de mercado e ativos financeiros. As mulheres estão sub-representadas em instituições locais e nos mecanismos de governança”. ■

Artigo científico

RAMOS, P. H. B. e PEDROSO, M. C. Main elements involved in the startup scalability process: A study on Brazilian agtechs. *Revista de Gestão*. v. 29, n. 3, p. 220-37. jan. 2022.



**TETOS
DE VIDRO E PAREDES
DE CRISTAL**

Mulheres enfrentam barreiras para a ascensão no serviço público brasileiro

Diego Viana | ILUSTRAÇÃO Clarice Wenzel

Embora já correspondam a mais de metade da força de trabalho na burocracia brasileira (59%), as mulheres ocupam menos de 20% dos cargos de direção. O número, divulgado em dezembro no estudo “Mulheres líderes no setor público da América Latina e do Caribe”, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), coloca o país em posição inferior à da maioria dos vizinhos na região. Países como Argentina (40,7%), Colômbia (47,1%) e Costa Rica (53,5%) caminham, pelo menos à primeira vista, para a paridade de gênero no setor público.

Os dados revelam o quanto o fenômeno conhecido como “teto de vidro” ainda impõe barreiras à ascensão profissional para lideranças femininas no continente, barreiras ainda mais difíceis de transpor para as negras. A metáfora do teto de vidro foi cunhada em 1978 pela consultora norte-americana Marilyn Loden (1946-2022) para se referir ao setor privado, denunciando os obstáculos muitas vezes invisíveis que impedem a ascensão das mulheres aos cargos mais altos. Mas o teto também cobre a cabeça das profissionais da administração pública.

O relatório aponta que as mulheres compõem 52% do funcionalismo dos países estudados. No entanto, são apenas 23,6% nos cargos classificados como de nível 1 (equivalente a ministro) e 44,2% nos cargos de nível 4 (diretor). No Brasil, embora as mulheres, de acordo com o *Atlas do Estado brasileiro*, produzido pelo Ipea, sejam quase 59% dos servidores, são apenas 18,6% nos cargos de liderança, nos quatro níveis, conforme o relatório do BID. Separando pelos níveis estudados, em 2022 elas eram 19,3% no nível 4, 22,1% no nível 3 (subsecretária) e 9,1% no nível 2 (secretária).

No nível mais alto, o BID considerou ministérios de 12 setores, como Fazenda, Desenvolvimento Social, Trabalho, Educação e Relações Exteriores. Por isso, não foram contabilizadas as três ministras que integraram o governo anterior, e o Brasil figura no relatório como não tendo nenhuma mulher ocupando essa posição em 2022. Atualmente, há 11 ministras, de um total de 37 (29,7%).

“A péssima posição do Brasil não surpreende. Também está entre os países mais mal avaliados da América Latina no que diz respeito aos direitos políticos das mulheres e à paridade política entre homens e mulheres. Até 2006, nem sequer dispunha de legislação específica sobre violência

contra a mulher, ao passo que 17 países da região já legislavam sobre o tema”, afirma a economista Daniela Verzola Vaz, da Escola Paulista de Política, Economia e Negócios da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

“Há pouco reconhecimento de que a desigualdade de gênero seja um problema no setor público brasileiro e, como consequência, existem poucas políticas públicas a respeito”, observa. Vaz acrescenta que, nos cargos em comissão do grupo Direção e Assessoramento Superiores (DAS) do Poder Executivo federal, a proporção de mulheres no nível 6, mais alto na hierarquia, era de 22% no final do ano passado. “Esse percentual pouco avançou na última década: estava em 20,9% em novembro de 2009”, diz.

O resultado também reflete a falta de profissionalização na alta administração pública, explica a cientista política Gabriela Lotta, coordenadora do Núcleo de Estudos da Burocracia da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (FGV) e pesquisadora do Centro de Estudos da Metrópole (CEM), da USP. As políticas de gênero adotadas em países como Chile, México e Peru compõem uma estratégia de profissionalização que envolveu a criação de processos seletivos e critérios claros para preencher cargos comissionados, que são de livre indicação e correspondem a funções de alta remuneração. Isso ainda não ocorreu no Brasil. “Não é uma política de Estado. Por isso o tema de gênero fica fora”, afirma Lotta, acrescentando que o presidencialismo de coalizão vigente no país dificulta a profissionalização, na medida em que favorece a ocupação política dos cargos comissionados.

A segregação de gênero não é só vertical. Os setores em que as mulheres estão mais presentes e conseguem ascender são os tradicionalmente associados ao feminino, aqueles principalmente ligados ao cuidado, como educação e saúde. Já os espaços que a cultura associa ao masculino, como a economia e a defesa, continuam majoritariamente ocupados por homens. Nesses, a remuneração também costuma ser mais alta. É a chamada “segregação horizontal”.

Mesmo nos países com maior igualdade de gênero, a segregação horizontal persiste, aponta o BID. Na América Latina, as mulheres ocupam 45,9% dos cargos de liderança dos setores de desenvolvimento social, educação, saúde e trabalho. Já em setores como planejamento, relações internacio-

nais, segurança e obras públicas são apenas 38%. No Brasil, conforme o *Atlas do Estado brasileiro*, as mulheres são 34,6% das advogadas da União, 27,7% das auditoras de finanças e 15,3% das delegadas da Polícia Federal, funções mais bem remuneradas. Em carreiras de salário menor, como no ensino público básico, são 73%, e no atendimento da saúde 70%. Esses dados são parte da explicação para a diferença de aproximadamente 25% na remuneração de homens e mulheres no funcionalismo brasileiro, um vão que praticamente não se alterou desde o início deste século.

A segregação horizontal também é objeto de uma metáfora arquitetônica. Não só o teto é de vidro, mas também as paredes. Algumas autoras usam a expressão labirinto de cristal. “Embora menos usado, esse conceito é igualmente importante para explicitar os problemas que as mulheres enfrentam, que não se limitam à ascensão. Nas ocupações tradicionalmente masculinas, as mulheres se defrontam com todo tipo de barreira, como a dupla jornada, os preconceitos e diversos tipos de violência”, enumera a cientista política Leticia Godinho, uma das coordenadoras do Grupo de Pesquisa Estado, Gênero e Diversidade da Fundação João Pinheiro (FJP).

Menos quantificável que o teto de vidro, o labirinto de cristal transparece de outras maneiras, caso do documentário *Exteriores: Mulheres brasileiras na diplomacia*, lançado em 2018 pelo Grupo de Mulheres Diplomatas. O filme mostra

as profissionais de relações exteriores tentando se desenvolver no ambiente masculino do Itamaraty. Os problemas vão desde chefes que recusam a indicação a postos aos quais teriam direito até o direcionamento para funções de menor prestígio.

Ampliar a presença de mulheres em posições de liderança na burocracia diz respeito também à capacidade que o Estado tem de oferecer serviços adequados à população. O vínculo entre a composição da sociedade, em termos de gênero, raça, religião e outras categorias, e a dos funcionários públicos é estudado sob a rubrica da “burocracia representativa”.

De acordo com Godinho, o conceito foi desenvolvido pela ciência política por influência do livro *The concept of representation (O conceito de representação, 1967)*, da cientista política norte-americana Hanna Pitkin, e inicialmente se referia à representação parlamentar. Pitkin questionava se a representação estaria relacionada apenas a ideias e interesses do eleitorado ou se também à composição da sociedade. Na década de 1990, outra cientista política norte-americana, Anne Phillips, ampliou o argumento, com o livro *The politics of presence (A política da presença, 1995)*, mostrando que determinados grupos sociais têm experiências e vivências que outros grupos não conseguem representar.

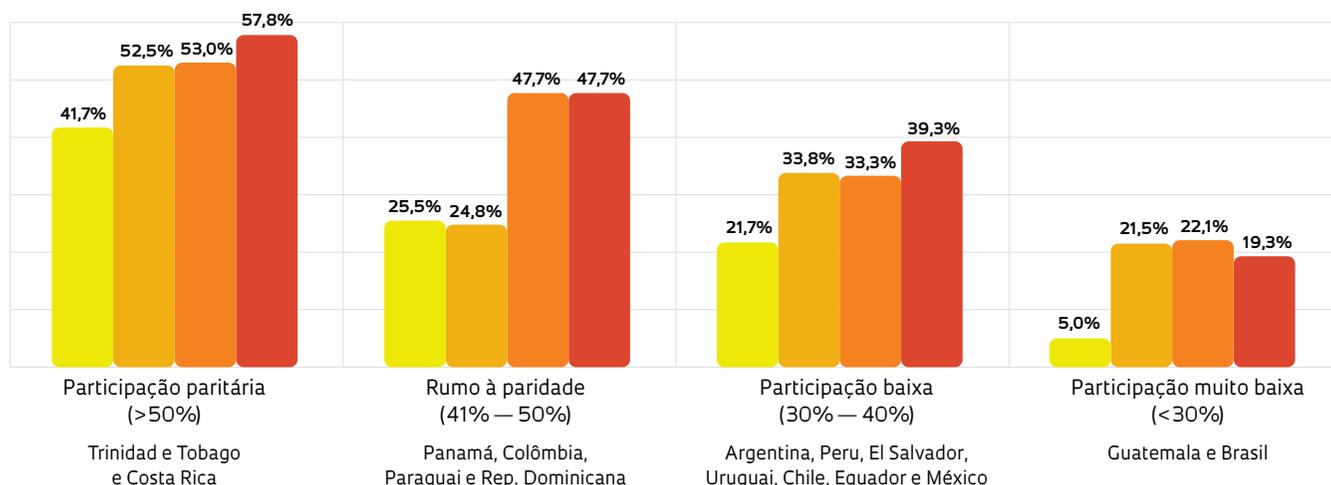
Não demorou para o princípio ser adotado pelos estudos da administração pública para analisar o que muda quando policiais, professores e agentes da saúde são oriundos do mesmo gênero, raça, classe, religião ou território dos receptores das políticas públicas. “A atuação do burocrata não é só técnica.

PARTICIPAÇÃO DE MULHERES EM CARGOS DE LIDERANÇA

Percentuais indicam a presença e distribuição, por nível hierárquico, de mulheres no Executivo federal da América Latina e Caribe

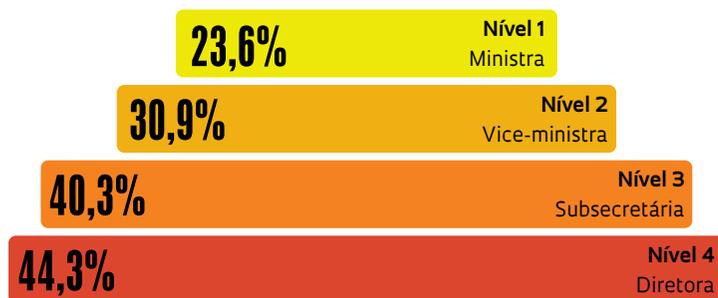
■ Nível 1 ■ Nível 2 ■ Nível 3 ■ Nível 4

FONTE: BID



PERCENTUAL DE MULHERES NOS DISTINTOS NÍVEIS DE LIDERANÇA

Pirâmide mostra que cargos elas ocupam no Executivo federal da América Latina e Caribe



FONTE BID

Trata-se de um sujeito social, carregado de valores e histórias. Isso determina como ele desempenha seu papel”, resume Godinho. “Uma pergunta que os estudos sobre burocracia representativa buscam responder é: como garantir que as pessoas que trabalham em nome do público produzam políticas públicas pertinentes para esse público?”

A pesquisadora ressalta que é necessária uma abordagem interseccional, ou seja, não limitada a uma única categoria. “Apesar de ser mãe, se eu fosse vereadora, nunca teria pensado em propor a criação de creches noturnas”, comenta, à guisa de exemplo. “Mas foi o que propôs Marielle Franco [1979-2018] em 2017 no Rio de Janeiro. Para mães como eu, a creche é importante durante o dia, mas muitas mulheres pobres, a maioria negra, precisam ter onde deixar os filhos durante a noite.”

O mesmo vale para o alto escalão. O princípio da burocracia representativa explica por que “a presença de mulheres em cargos de liderança torna visíveis experiências até então invisíveis e, com elas, interesses, prioridades e perspectivas diferentes das de seus homólogos masculinos”, conforme o relatório do BID. A participação igualitária não é apenas um fim em si mesmo, mas também um instrumento que “promove objetivos adicionais de cobertura, eficiência e eficácia dos serviços”, prossegue o documento.

Um episódio ilustrativo ocorreu nos primeiros dias deste ano, quando a ministra do Planejamento, Simone Tebet, começou a montar seu secretariado. Tebet se deparou com uma dificuldade: nomear mulheres negras para cargos de direção. Ato contínuo, o gabinete da ministra da Igualdade Racial, Anielle Franco, enviou uma lista com nomes de potenciais candidatas. O resultado da interação entre as ministras foi anunciado em 24 de janeiro, com

a nomeação da economista Luciana Servo como primeira negra a presidir o Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (Ipea).

Porém a mera presença de indivíduos de um grupo social nas carreiras públicas não é garantia de que as condições de vida e os problemas daquele grupo serão reconhecidos, alerta Lotta, diferenciando a “representação passiva”, que apenas reflete nos representantes a origem demográfica dos representados, da “representação ativa”, que produz resultados capazes de refletir os anseios da população.

Nos Estados Unidos, as pesquisas que investigam a relação entre a representação ativa e a passiva têm resultados inconclusivos, explica Lotta. Foi identificada correlação muito variada entre as funções exercidas e a capacidade de responder aos anseios de segmentos sociais que depende do setor de políticas e do grupo representado. No caso das forças de segurança, por exemplo, algumas pesquisas mostram poucos sinais de que policiais negros ajam de maneira menos discriminatória do que os brancos. No caso de professores, os indícios são mais fortes. “No Brasil, esses estudos são muito raros e é ainda mais difícil tirar conclusões”, diz a professora da FGV. Godinho assinala que, no caso do Legislativo, as pesquisas sugerem que um maior número de mulheres parlamentares tende a produzir mais políticas voltadas para as mulheres.

Como o processo de entrada no serviço público brasileiro se dá por meio de concursos, e muitas carreiras na administração do Estado têm planos claros de progressão, existe a ideia de que esse setor seria imune a questões de gênero e raça e, por isso, tenderia a ser igualitário. Embora não seja uma noção de todo equivocada, ela é menos verdadeira quanto mais os concursos são prestigiados e concorridos, aponta Lotta.

Um motivo é a realidade social em que esses concursos ocorrem. Para ser aprovado, é preciso estudar intensamente e, muitas vezes, abdicar de outras atividades profissionais durante alguns anos. “A trajetória das mulheres torna quase inconcebível parar para estudar quando se tem cerca de 25 anos”, diz a cientista política. As regras internas de progressão também não costumam levar em conta diferenças como o tempo dedicado à maternidade. Assim, as desigualdades da sociedade se refletem na composição do funcionalismo.

Outras barreiras são ainda mais explícitas. Em 2013, o Supremo Tribunal Federal invalidou concursos da polícia sul-mato-grossense que reservavam vagas de formação de oficiais apenas a homens. “Também há critérios, na prática, que acabam excluindo a mulher do concurso, porque ela se vê em desvantagem e prefere nem participar”, comenta Lotta.

Godinho cita o caso da “Carta europeia para a igualdade das mulheres e dos homens na vida local”, publicada em 2006 pelo Conselho de Mu-

LEGISLAÇÃO RELACIONADA À IGUALDADE DE GÊNERO NA AMÉRICA LATINA E CARIBE, POR PAÍS



Paridade na constituição



Cotas de gênero na administração pública



Medidas na legislação pública de emprego



Leis ou decretos sobre igualdade de gênero



FONTE BID

nicipios e Regiões da Europa, como exemplo de iniciativa que visa remover barreiras como essas. Há também guias como o *Manual de boas práticas para promoção de igualdade de gênero*, publicado pelo Ministério Público do Trabalho em 2018, visando, entre outras coisas, reduzir a ocorrência de questões discriminatórias em entrevistas de contratação. Entre as proscritas, estão: “É casada? Tem filhos? Pretende ter?”.

Os mecanismos de promoção da igualdade de gênero no Brasil são escassos, em comparação com os vizinhos. Conforme o BID, países como Bolívia, México e Equador inscreveram a paridade de gênero em seus textos constitucionais. Colômbia, Haiti e Panamá têm cotas de gênero na administração pública. Outros países têm medidas de paridade na legislação do emprego público. No Brasil, desde 1997 há cotas apenas para candidaturas legislativas. A Lei de Cotas do Serviço Público, de 2014, reserva 20% de vagas em concursos para candidaturas de pessoas negras, mas não contempla o gênero.

“Não tem panaceia para obter a igualdade. É um erro pensar que basta os concursos não privilegiarem os homens para as mulheres ocuparem os espaços”, alerta Lotta. “O problema é multidimensional. É preciso recorrer a vários mecanismos articulados.” Para ela, essa é a função de ações afirmativas, como cotas de admissão e de preenchimento de cargos, além de programas de formação de lideranças femininas, manuais de boas práticas, regras claras de progressão, entre outras.

Entre as medidas a adotar, as pesquisadoras são unânimes em mencionar a urgência de equiparar a licença-maternidade e a licença-paternidade. No serviço público brasileiro, a mãe tem direito a 180 dias, enquanto o pai pode tirar apenas 20. Essa diferença condena muitas mulheres à estagnação profissional. A legislação considerada mais avançada é a da Suécia, onde os pais têm direito a 480 dias, divididos segundo a escolha de ambos, mas com um mínimo de 90 dias para cada um e bônus caso a partilha seja igualitária. “Assim, o casal pode revezar igualmente o tempo de trabalho com o tempo dedicado ao cuidado com os filhos”, argumenta Vaz.

Outra iniciativa que tem apresentado bons resultados é a mentoria, em que profissionais mais experientes apadrinham colegas em início de carreira. A mentoria ocorre frequentemente no contexto de programas de formação de lideranças femininas, que procuram ativamente as profissionais com mais potencial, oferecem cursos e auxiliam no enfrentamento das barreiras. Lotta recorre ao impasse do Ministério do Planejamento este ano para ressaltar a importância desses programas. “Se o problema é não conseguir encontrar essas mulheres, então vamos formá-las.” ■

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



HISTÓRIA

ARTE × ESCRAVIDÃO

Estudos mostram como o teatro e a música participaram do processo de emancipação de escravizados no Brasil do século XIX

Ana Paula Orlandi

“E u não gosto de dar pancadas”, disse Clemência aos convidados na volta à sala de estar, após chicotear e bater em duas escravizadas que haviam quebrado a louça na cozinha. A cena está em *Os dois ou o inglês maquinista*, comédia escrita pelo dramaturgo carioca Martins Pena (1815-1848), encenada em 1845, no Rio de Janeiro. “Com essa passagem, Martins Pena ratifica o que todos os seus espectadores à época já sabiam: a violência física contra os escravizados era habitual e rotineira. Há aí claramente uma crítica à escravidão e não apenas um registro dos costumes”, afirma o historiador João Roberto Faria, autor do recém-lançado *Teatro e escravidão no Brasil* (editora Perspectiva, 2022).

O livro é resultado de cinco anos de pesquisa. Nele, o estudioso investiga um período de 50 anos de atividades teatrais no país, de 1838

até a decretação da Lei Áurea, em 13 de maio de 1888. Dentre as fontes utilizadas por Faria está material publicado na imprensa da época e também textos – 20 deles estão depositados no site Raros e inéditos – da dramaturgia brasileira do século XIX, projeto do Centro de Documentação Teatral da Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA-USP), coordenado pelo historiador e por Elizabeth Ribeiro Azevedo, professora da mesma unidade. “Busquei mostrar que o teatro brasileiro colaborou intensamente para a formação de uma consciência antiescravista nos espectadores, bem como atuou na linha de frente do abolicionismo na década de 1880, por meio de mais de uma centena de peças teatrais escritas, publicadas e encenadas em todo o Brasil naquele momento”, explica Faria, professor aposentado de literatura brasileira da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da USP.

O ponto de partida do livro é *Juiz de paz da roça*, escrita em 1833 e apontada como a primeira comédia de costumes do teatro brasileiro. A peça também marcou a estreia de Martins Pena como dramaturgo e entrou em cena em 1838, no Rio. “O enredo nada tem a ver com a escravidão, mas o assunto é introduzido já na cena de abertura quando uma das personagens se queixa do excesso de trabalho do marido, um lavrador pobre que tem apenas um escravizado”, conta Faria.

“Nos anos 1830 e 1840, quando Martins Pena produziu sua obra, era tabu falar de escravidão, instituição aceita pela maioria da população brasileira naquele momento”, comenta o historiador Antonio Herculano Lopes, pesquisador da Fundação Casa de Rui Barbosa (FCRB). “O foco principal de Martins Pena estava na sociedade livre, branca e mestiça, mas aqui e ali a questão da escravidão aparece em seus enredos. Mesmo que o tema da escravidão fosse abordado de forma lateral, isso não era pouco para a época”, prossegue Lopes, especialista em história do teatro brasileiro.

De acordo com o livro, várias peças críticas à escravidão foram proibidas pelo Conservatório Dramático Brasileiro (CDB), criado em 1843, no Rio de Janeiro, por um grupo de intelectuais, escritores e jornalistas, como o poeta Gonçalves de Magalhães (1811-1882). “Planejado para ser uma associação que reunia homens interessados nas artes cênicas, logo o CDB foi encampado pelo governo imperial como órgão oficial de

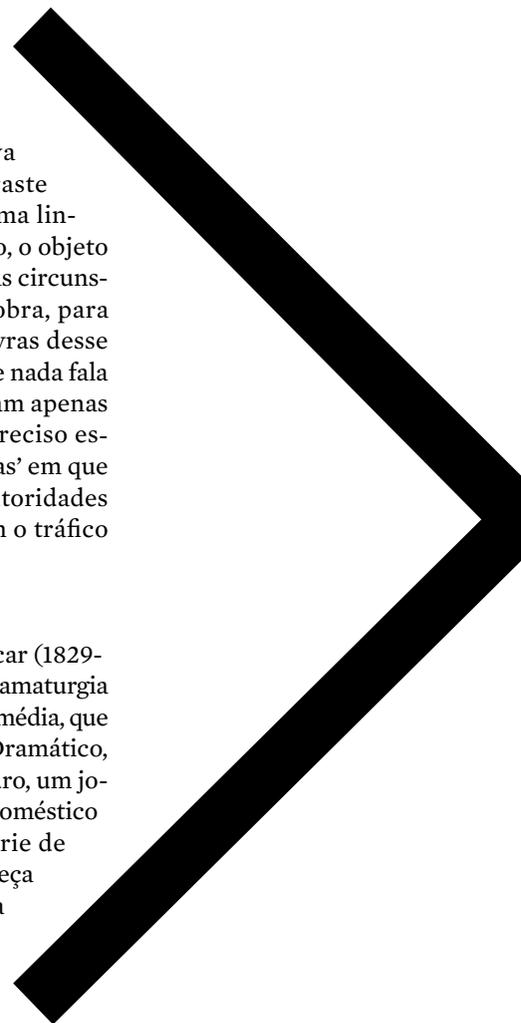
censura”, relata a historiadora Silvia Cristina Martins de Souza, da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Dentre os censores da instituição figuravam intelectuais como o próprio Martins Pena e Machado de Assis (1839-1908). Um dos textos vetados foi *O marujo virtuoso ou os horrores do tráfico da escravatura*, de João Julião Federado Gonnet, francês radicado no Brasil. Censurada em 1844 nos palcos do Rio de Janeiro, mas publicada em 1851, a peça compilava depoimentos de vários traficantes de escravizados colhidos pelo autor. “Dois censores foram designados para dar os pareceres e ambos negaram a licença [para a peça ser apresentada no Rio de Janeiro]. Um deles afirmou que a peça apresentava ‘um tecido de maldades sem contraste nenhum’, que era escrita em ‘péssima linguagem’ e que, ‘quando não fora isso, o objeto da peça não me parece admissível nas circunstâncias do país’”, anotou Faria na obra, para depois prosseguir: “As poucas palavras desse parecer, que não discute a peça, e que nada fala de seu enredo e personagens, indicam apenas vagamente a razão da censura. É preciso esclarecer quais eram as ‘circunstâncias’ em que vivia o país, ou seja, dizer que as autoridades e a população eram coniventes com o tráfico ilegal de africanos.”

SEM EMPATIA

O demônio familiar, de José de Alencar (1829-1877), trouxe pela primeira vez na dramaturgia brasileira um protagonista negro. A comédia, que estreou em 1857, no Teatro Ginásio Dramático, no Rio de Janeiro, é centrada em Pedro, um jovem escravizado que fazia trabalho doméstico e, com suas intrigas, gerava uma série de problemas para seu proprietário. “A peça tem um tom moralista: Alencar mostra homens e mulheres corrompidos pela convivência com escravizados e defende que a única forma de extirpar esse mal seria eliminar a escravidão do interior da família brasileira”, conta Souza, autora de livros como *O palco como tribuna: Uma interpretação de O demônio familiar, de José de Alencar* (Aos quatro ventos, 2003). “Ao final, Pedro é castigado com a alforria, para que cuidasse sozinho da própria vida. Alencar não demonstra empatia pelo escravizado, mas, sim, pelo senhor.”

Faria concorda. O historiador lembra que o autor cearense escreveu a peça aos 28 anos de idade, antes de se tornar o político conservador que se colocaria contra a Abolição abrupta da escravidão e a Lei do Ventre Livre (1871).



“*O demônio familiar* abriu caminho para uma discussão sobre as inconveniências da escravidão doméstica e como acabar com ela. Para os contemporâneos de Alencar, era o bastante para enxergar na peça um conteúdo antiescravista”, diz.

O espetáculo atraiu a atenção da crítica e foi apresentado em diversas cidades brasileiras até a década de 1880. “Foi um sucesso retumbante, o maior da carreira dramaturgica de Alencar”, diz Souza. Segundo a historiadora, em 1860 a peça ganhou adaptação em Portugal e o papel de Pedro coube à atriz Emília Adelaide (1836-1905). No Brasil, o personagem foi interpretado, por exemplo, pelas atrizes-mirins Julieta dos Santos e Gemma Cuniberti – esta última, em italiano. “Como o personagem é negro e os elencos das companhias eram mestiços e brancos, tudo nos leva a crer que os atores tenham feito o uso de maquiagem *blackface* para interpretar Pedro”, observa a pesquisadora.

GRANDE ALCANCE

“Com o passar do tempo, a forma de falar sobre a escravidão foi mudando em nosso teatro”, avalia Souza. “A partir da campanha abolicionista essa denúncia tornou-se mais nítida.” Assim, em 1879, os teatros cariocas acolheram as primeiras conferências emancipadoras, depois conhecidas como matinês abolicionistas. Encabeçadas por Vicente de Souza (1853-1908), José do Patrocínio (1853-1905) e André Rebouças (1838-1898), líderes abolicionistas, tinham na programação concertos, declamação de poemas, apresentação de pequenas comédias e trechos de peças. “O teatro lotava, às vezes com gente do lado de fora”, registrou em artigo Angela Alonso, da FFLCH-USP, autora do livro *Flores, votos e balas – O movimento abolicionista brasileiro (1868-88)*, publicado em 2015, pela Companhia das Letras.

São dessa época espetáculos como *A emancipadora*, do paraense José de Lima Penante (1840-1892), que estreou em Fortaleza, em 1881, no Teatro São José, inspirado na greve dos jangadeiros que se recusaram a transportar escravizados para os navios, em janeiro daquele ano, na capital cearense. “Mesmo em peças que não abordavam essa temática, a estrela da montagem costumava anunciar ao final do espetáculo mensagens a favor da Abolição ou mesmo que a companhia teatral iria comprar a carta de alforria de escravizados”, diz Lopes, da FCRB.

Os espetáculos tinham grande alcance, sobretudo em uma sociedade pouco alfabetiza-

da como a brasileira de então, de acordo com o historiador. “Os teatros brasileiros atraíam um público bem variado, da elite aos mais pobres. Era um lugar não apenas para se assistir ao espetáculo, mas também para ver e ser visto. Sem contar que as críticas publicadas na imprensa reverberavam o conteúdo desses espetáculos para quem não tivesse visto a peça”, relata Lopes.

O MAESTRO DA ABOLIÇÃO

“Na década de 1880 o movimento abolicionista contou com o apoio expressivo de músicos, muitos deles de ascendência africana”, informa a historiadora Manuela Areias Costa, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (Uems). Era o caso do regente, instrumentista e compositor baiano Manoel Tranquilino Bastos (1850-1935), conhecido como o “maestro da Abolição”.

Filho de um imigrante português e de uma liberta, Bastos fundou em 1870 a banda de música Sociedade Euterpe Ceciliania, em Cachoeira, sua cidade natal, cujos integrantes eram oriundos de camadas populares. Defensor da monarquia, Bastos se engajou no movimento abolicionista em 1884, quando ingressou na Sociedade Libertadora Cachoeirana, criada naquele mesmo ano. “*O hino abolicionista* [1884], uma das várias músicas que escreveu, foi tocado em festividades e encontros públicos promovidos pela entidade para arrecadar fundos e alforriar escravizados. Ele compôs outras músicas de mesmo teor”, diz Costa, que pesquisou a trajetória de Bastos em seu doutorado, defendido na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 2016.

Conforme a pesquisadora, Bastos não esteve sozinho na empreitada musical pelo fim da escravidão. Em 1881, por exemplo, aconteceu um concerto em São Paulo, organizado pelo maestro João Pedro Gomes Cardim (1832-1918), em prol da Caixa Emancipadora Luís Gama, fundada naquele ano. Para a festa, Cardim compôs o *Hino da Abolição*, com letra de Brazil Silvano. “Essas iniciativas exerceram um papel fundamental para que a campanha contra a escravidão saísse da esfera político-parlamentar e chegasse à população de forma geral, inclusive às camadas populares”, conclui Costa. ■

Artigo científico

SOUZA, S. C. M. de. *O demônio familiar*, de José de Alencar, no Teatro D. Maria II (Lisboa, 1860). *Topoi*. v. 22, n. 46. 2021.



POLÍTICAS PÚBLICAS

AMPLITUDE DA SIRENE

Estudo revela uma cobertura disseminada, mas ainda desigual e imperfeita, do sistema de ambulâncias do Samu

Veículo do Samu chega com paciente ao Hospital das Clínicas de São Paulo: 19 milhões de ligações por ano

Com quase duas décadas de atividade, o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu), uma importante porta de entrada do Sistema Único de Saúde (SUS), teve seu desempenho avaliado pela primeira vez em uma pesquisa de abrangência nacional. De acordo com um levantamento realizado pela enfermeira Marisa Malvestio, pesquisadora do Programa de Pós-doutorado da Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo (EE-USP), o serviço público de ambulâncias acionado pelo telefone 192 transformou-se em um microcosmo tanto das grandes realizações quanto das dificuldades do SUS.

O Samu foi o primeiro fruto da Política Nacional de Urgências, criada em 2003,

e atualmente assiste 85% da população em 67,3% dos municípios do país. Em 2019, seus serviços foram requisitados em ligações telefônicas feitas por mais de 19 milhões de brasileiros. Isso resultou em quase 4,3 milhões de atendimentos realizados por ambulâncias, UTIs móveis e, em quantidade bem inferior, helicópteros, embarcações e motocicletas – cerca de um atendimento para cada quatro ligações.

Os números extraordinários do Samu escondem, contudo, uma desigualdade persistente no serviço que proporciona. Em um artigo publicado em julho de 2022 na revista *Ciência & Saúde Coletiva*, Malvestio e sua supervisora, Regina Márcia Cardoso de Sousa, docente da EE-USP, reuniram dados do Ministério da Saúde e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e mostraram que, embora a cobertura tenha aumentado mais de 5% no período de 2015 a 2019, alcançando 178 milhões de brasileiros, ainda existem lugares sem nenhum suporte ou onde há disponíveis poucas ambulâncias compartilhadas por vários municípios.

Em 2019, contavam-se 1.820 cidades sem acesso ao serviço, principalmente na região Norte – há exceções, como os estados de Roraima e Acre, com boa cobertura de ambulâncias, mas poucas UTIs móveis disponíveis. Em 1.938 cidades, o Samu ele era oferecido por consórcios municipais, seguindo a lógica de regionalização de atendimento do SUS. “Essa lógica é cruel, já que uma ambulância pode estar a 90 quilômetros do local em que é feita a chamada”, explica a pesquisadora, que trabalha no atendimento pré-hospitalar por ambulâncias na cidade de São Paulo desde 1990 e participou da implantação do Samu a partir de 2003.

A pesquisa de pós-doutorado de Malvestio originou outros dois estudos divulgados no repositório SciELO Preprints, cujo conteúdo está sendo avaliado por periódicos científicos. Um deles mostra a evolução da força de trabalho do Samu, que cresceu 14% entre 2015 e 2019, mobilizando 41,4 mil profissionais, como médicos, enfermeiros, técnicos em enfermagem, telefonistas, condutores de ambulância, entre outros. Os recursos humanos são claramente insuficientes para a operação dos 3.648 veículos disponíveis. Nas ambulâncias de suporte básico, acionadas em casos de menor complexidade, o contingente atual de técnicos

de enfermagem e motoristas socorristas seria capaz de utilizar no máximo 67% dos veículos. Já no suporte avançado, composto por UTIs móveis, há médicos suficientes para apenas 36% da frota. Assim, enfermeiros, acompanhados ou não por técnicos de enfermagem, acabam atuando em ambulâncias de suporte avançado sem a presença de médicos em cerca de 60% dos atendimentos.

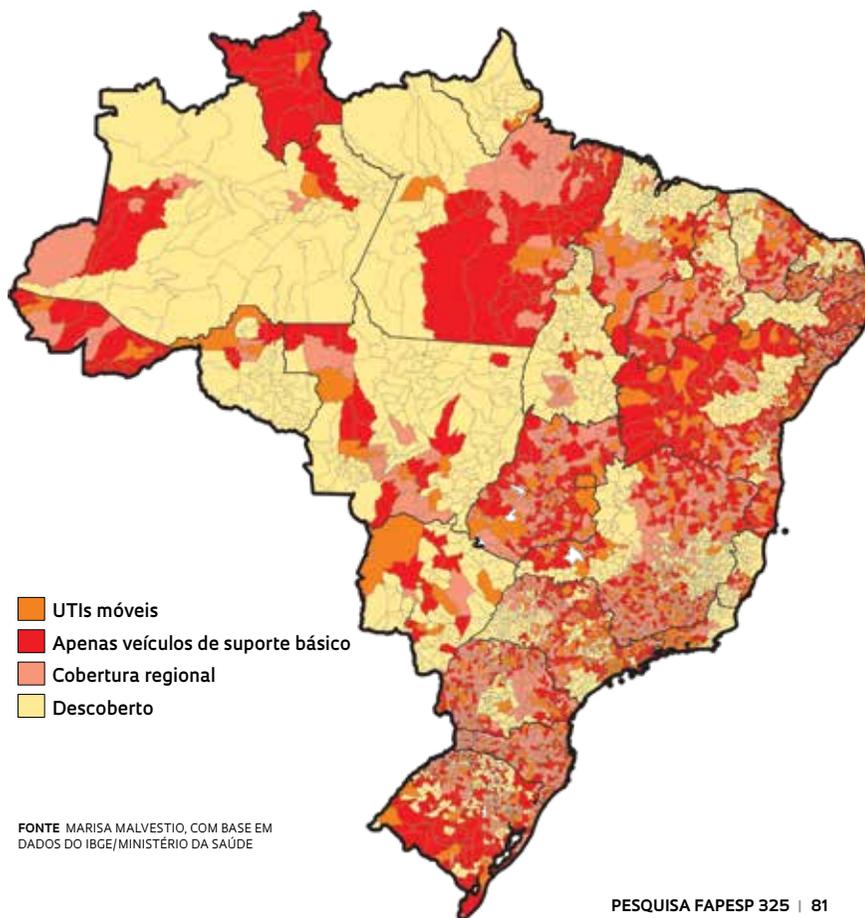
A pesquisadora destaca que o socorro chega, em média, em aproximadamente 30 minutos. “Isso é insuficiente para a pior das emergências, a parada cardiorrespiratória, que precisa ser revertida em seis minutos. Embora essas limitações gerem riscos para muitos pacientes, o Samu salva vidas o tempo todo e tem uma força de trabalho que atua de forma apaixonada. A Força Nacional do SUS, que agora está socorrendo a emergência sanitária do povo Yanomami em Roraima, é composta, em grande parte, por profissionais do Samu que se candidataram para essa missão”, diz.

No outro *preprint*, ela observou que o número de procedimentos realizados aumentou 28,5% entre 2015 e 2019. “Com o envelhecimento da população, a demanda por serviços de emergência aumenta bastante. Isso vem ocorrendo em muitos países e começa a acontecer no Brasil também”, afirma.

Diariamente, as unidades de suporte básico realizam 3,3 atendimentos e as de suporte avançado 2,7. “A média internacional é de sete atendimentos diários. No sistema da Inglaterra, chega a 11. Provavelmente, só temos 3,3 porque muitos dos recursos móveis não têm equipes para operá-las 24h por dia ou cobrem áreas muito extensas, o que acarreta longos deslocamentos, entre outros motivos”, sugere. O telefone 192 dá acesso a uma central de regulação de urgência e emergência, em que telefonistas atendem as ligações e as repassam a um profissional com formação médica. Ele identifica a gravidade, faz um primeiro diagnóstico e define a prioridade e a necessidade de

SOCORRO DESIGUAL

Distribuição de municípios com ambulâncias de suporte básico, também com suporte avançado (UTIs móveis), com atendimento compartilhado por cidades vizinhas e sem cobertura do Samu



enviar um recurso móvel – uma ambulância comum ou uma UTI móvel.

O custeio do sistema deveria ser tripartite, com o governo federal bancando 50% dos custos – os repasses anuais do Ministério da Saúde estão na casa de R\$ 1,3 bilhão. Estados e municípios dividiriam a outra metade. Na prática, algumas unidades da federação arcam com a parte dos municípios. “O Ministério da Saúde define como deve ser a organização do serviço, compartilha custeio e investimento, distribui ambulâncias e fiscaliza, mas quem opera, faz a gestão e tem o poder decisório é o município ou um conjunto deles, associados em consórcios”, afirma Malvestio.

A médica Gisele O’Dwyer, pesquisadora da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz (Ensp-Fiocruz), diz que um dos méritos da investigação de Malvestio é apresentar uma análise do Samu de forma integral. “Foram feitos vários estudos de caráter regional, mas eles são incompletos porque o país é muito diverso. Há serviços muito frágeis Brasil afora”, afirma ela, que no início da década passada coordenou pesquisas sobre a implantação e situação do serviço no estado do Rio de Janeiro. A ausência de um sistema universal e uniforme frustrou uma das ambições iniciais do Samu, que era se

tornar um grande observatório da saúde pública. “A ideia era que, se soubéssemos quais eram os problemas, a sua gravidade e o local onde ocorriam, seria possível conhecer os principais desafios da saúde pública do país e preparar o SUS para enfrentá-los”, afirma O’Dwyer.

O atendimento de urgência em ambulâncias tem dois modelos principais no mundo. Um deles, o dos Estados Unidos, baseia-se num tipo de profissional treinado para o atendimento pré-hospitalar: o paramédico. O outro, que de certa forma inspira a experiência brasileira, é o vigente em países da Europa. “Na França, os veículos precisam ter um médico, o que torna o serviço muito mais caro”, diz Marisa Malvestio. O sistema francês, implantado em 1986 com o nome Service d’Aide Médicale Urgente (serviço de assistência médica urgente), emprestou ao nosso sistema a sigla Samu. “Em outros países, como Inglaterra e Suécia, há presença maior de enfermeiros e com isso é possível cuidar de mais gente”, afirma.

O médico Oswaldo Tanaka, do Departamento de Política, Gestão e Saúde da Faculdade de Saúde Pública (FSP) da USP, diz que o fato de a maioria dos atendimentos ser feita no país por técnicos de enfermagem e enfermeiros não é um problema. “Eles são muito bem treinados para seguir protocolos, que buscam encurtar o tempo de assistência, salvar vidas e prevenir sequelas”, explica. Ele observa que, na situação atual de financiamento do SUS, seria difícil ampliar

PARA ENTENDER O SAMU

CENTRAL DE REGULAÇÃO DE URGÊNCIA (CRU)

Atendimento telefônico responsável por receber demandas

RECURSOS MÓVEIS

Ambulâncias de suporte básico ou avançado, motolâncias, embarcações, aeromédicos

UNIDADE DE SUPORTE BÁSICO TERRESTRE (USB)

Ambulâncias de atendimento de pacientes de menor complexidade

UNIDADE DE SUPORTE AVANÇADO TERRESTRE (USA)

UTIs móveis usadas no transporte de pacientes de alto risco em emergências pré-hospitalares ou entre hospitais. Conta com um médico e um enfermeiro, além do motorista socorrista

MOTOLÂNCIA

Motocicletas conduzidas por enfermeiros ou técnicos de enfermagem treinados para acesso rápido ou em locais onde ambulâncias não chegam

EMBARCAÇÃO

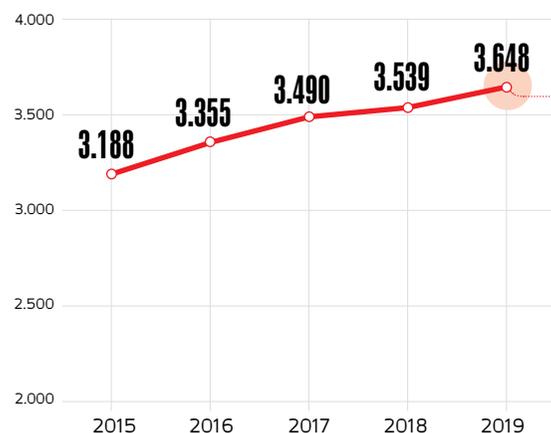
Unidades de atendimento a populações onde o acesso só é possível por rios. Se for de suporte básico, é composta por condutor e técnico de enfermagem. Se o suporte for avançado, é necessário ter um médico e um enfermeiro

AEROMÉDICO

Atendimento de urgência feito por médicos e enfermeiros treinados por meio de helicóptero ou avião

A ESTRUTURA

A evolução dos recursos móveis



191 Centrais de Regulação de Urgência

Recursos móveis (em 2019)

2742 Unidades de Suporte Básico Terrestre

614 Unidades de Suporte Avançado Terrestre

262 Motolâncias

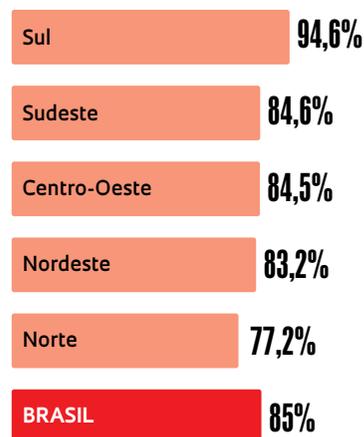
18 Aeromédicos

12 Embarcações

FONTE: MARISA MALVESTIO, COM BASE EM DADOS DO IBGE/MINISTÉRIO DA SAÚDE

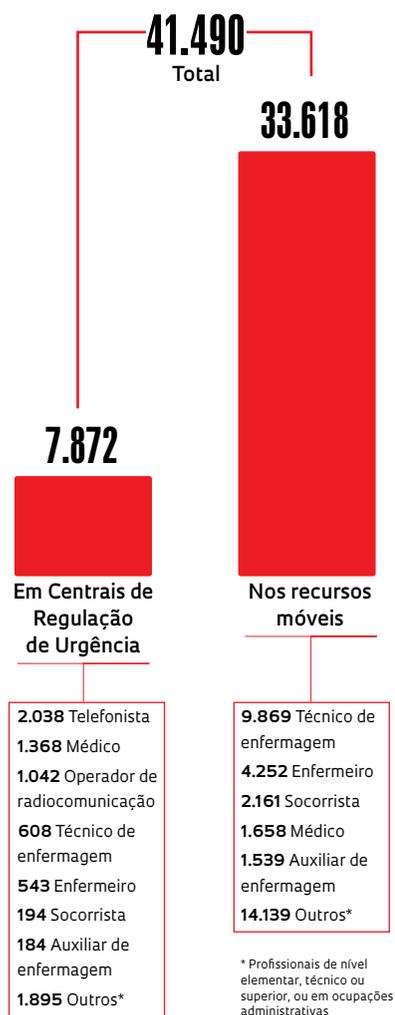
A COBERTURA

População coberta (em 2019)



OS RECURSOS HUMANOS

Profissionais do Samu em 2019



muito o número de médicos disponíveis no suporte móvel. “Temos que pensar em formas de melhorar a capacidade de fazer o diagnóstico e de chegar rápido ao hospital”, afirma.

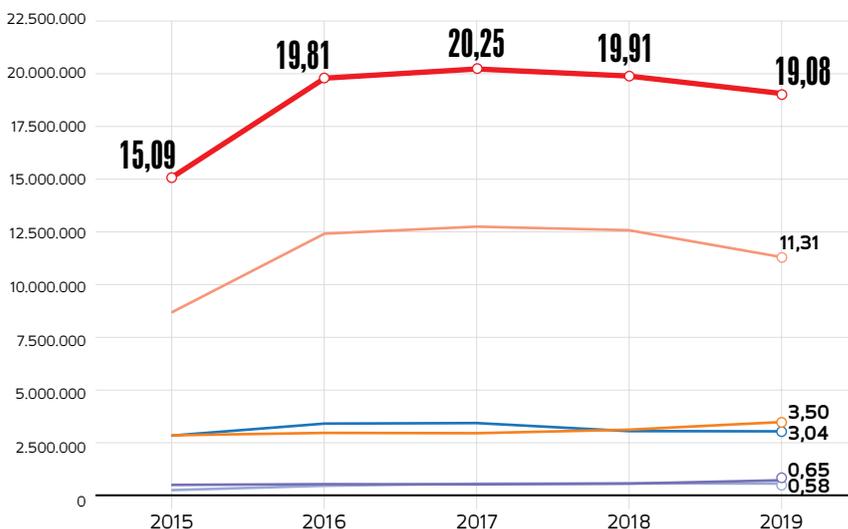
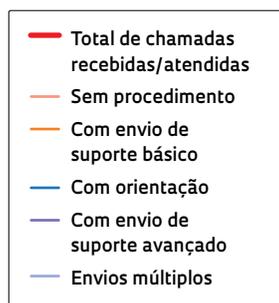
Não se trata, naturalmente, de uma tarefa corriqueira. Tanaka classifica as dificuldades enfrentadas pelo serviço como um *wicked problem*, expressão usada para classificar problemas de resolução muito difícil ou mesmo impossível, cuja formulação exige premissas instáveis, complexas ou contraditórias. “O Samu talvez seja a parte mais complicada do SUS. Ele tem que estar preparado para qualquer emergência que atinja qualquer pessoa a qualquer momento – e dar a melhor resposta possível no espaço mais curto de tempo”, explica Tanaka, que, em meados da década passada, estudou o desempenho do serviço na cidade de São Paulo com sua orientanda de doutorado Flávia Saraiva Leão Fernandes, hoje professora da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Esse trabalho registrou uma aparente contradição: nos atendimentos de UTIs móveis, que dispõem de um médico e equipamentos de suporte avançado, parte significativa dos casos resultava em morte. “Muitos casos eram bastante complicados e, mesmo com todos os esforços, não se conseguia evitar o desfecho ruim.”

Na avaliação do pesquisador, os estudos de Malvestio contribuem para a compreensão de diferentes desafios do Samu, mas, para melhorá-lo, seria necessário buscar métricas diferentes das tradicionais. “A meu ver, dados sobre a cobertura do território e da população não ajudam muito a planejar o atendimento. O ponto de partida devem ser as queixas recebidas pelo 192 – quantos são acidentes de trânsito, fraturas, síncope cardíacas, crises epiléticas, problemas relacionados a altas precoces de cirurgias e à drogadição”, diz Tanaka. “É preciso avaliar quando elas acontecem e quantas foram resolvidas. Até mesmo o dia da semana e as condições de trânsito no momento de emergência são importantes para o planejamento.”

O serviço, de todo modo, tem sido essencial para salvar vidas, como já ocorreu com o próprio pesquisador. Em 17 de agosto de 2021, Tanaka, então diretor da FSP-USP, participava de uma reunião virtual com outros docentes para discutir o retorno às atividades presenciais, quando foi interpelado por uma colega. “Sua voz está ficando pastosa”, ele ouviu. Em seguida a professora afirmou: “Você parece estar sofrendo um AVC. Deite no chão agora”. Ele, que estava sozinho em casa, obedeceu, perdeu a consciência e acordou em um hospital. Permaneceu na UTI por vários dias e se recupera de sequelas do incidente. “Fui salvo pelo Samu. A rapidez no socorro foi crucial”, afirma. ■ **Fabício Marques**

OS ATENDIMENTOS

Evolução de procedimentos realizados pelas Centrais de Regulação de Urgência (em milhões)

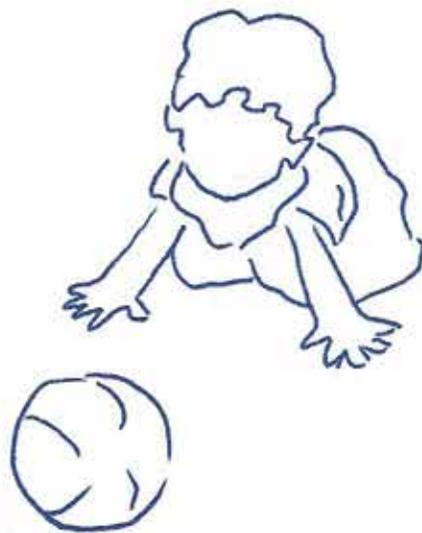
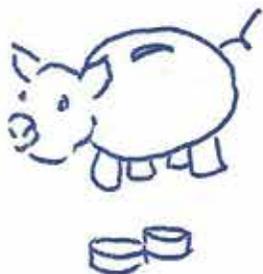




SEMENTES DO DESENVOLVIMENTO

Pesquisas calculam orçamento federal destinado à primeira infância e mensuram a importância de investimentos para essa faixa etária

Christina Queiroz | ILUSTRAÇÕES Bruno Novaes





Especialistas de diferentes áreas do conhecimento têm procurado evidenciar a importância da primeira infância para o desenvolvimento da vida adulta. Isso porque, quando cresce, a criança que foi bem cuidada e estimulada até os 6 anos de idade tende a ter menos problemas de saúde, conseguir melhores oportunidades profissionais e demandar menos assistência governamental. Considerando esse contexto, um grupo formado por pesquisadores do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e do Centro de Estudos da Metrópole (CEM), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP, criou uma metodologia para calcular quanto o governo brasileiro investe nessa faixa etária da população. A principal constatação: em 2021, esse investimento não chegou a 1% do orçamento federal.

“Políticas públicas voltadas aos primeiros anos de vida trazem resultados econômicos positivos para o indivíduo, no futuro. É preciso deixar de enxergá-las como gasto e passar a compreendê-las como investimento”, diz a jurista Líliliana Chopitea, do Unicef e coordenadora do Grupo de Trabalho de Orçamento Público pela Primeira Infância da Comissão Interinstitucional da Frente Parlamentar Mista da Primeira Infância. Criado em 2021, o grupo de trabalho é coordenado pelo Unicef e reúne 17 instituições, entre órgãos públicos, de ensino superior e pesquisa, como o CEM, e organizações da sociedade civil. Segundo Chopitea, em 2021 a Lei Orçamentária Anual, que estabelece receitas e despesas do governo federal, destinou apenas R\$ 420 milhões exclusivamente para crianças de até 6 anos. O estudo também identificou que, naquele ano, o

investimento direcionado à primeira infância correspondeu a 0,41% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e a 0,92% do Orçamento Geral da União. Ainda de acordo com o levantamento, 94% do total investido na primeira infância concentrou-se nas áreas da saúde, assistência social e educação. “Sem orçamento não há como formular e implementar políticas públicas. Ao criar uma metodologia para identificar o montante destinado à primeira infância, a ideia é estimular o poder público a ampliar os investimentos nessa parcela da população”, enfatiza Chopitea. Ao destacar o pioneirismo da iniciativa, ela esclarece que metodologias anteriores, como o Orçamento da Criança e Adolescente, foram desenvolvidas para orçamentos municipais e consideravam, por exemplo, recursos totais do Bolsa Família, enquanto a ferramenta atual permite identificar especificamente qual montante dos recursos desse programa federal beneficia crianças dessa faixa etária, excluindo da contagem jovens e adultos que também são atendidos pelo programa.

A administradora pública Ursula Dias Peres, da Universidade de São Paulo (USP) e do CEM, explica que para investimentos que envolvem outros públicos, o desafio foi estabelecer indicadores que tornassem viável realizar “a delimitação adequada de gastos com crianças em ações que não as beneficiam de modo exclusivo”. “Investimentos em vacinação infantil são diretos, mas no caso de programas de moradia, por exemplo, foi preciso identificar quantas crianças são impactadas por eles”, detalha. No final de 2022, o Unicef capacitou 50 servidores de ministérios, incluindo os da Educação e Saúde, no funcionamento da nova metodologia.

Chopitea destaca que o Brasil dispõe de marcos legais que protegem crianças e adolescentes e são



referências no mundo. A Constituição Federal de 1988 determina, em seu artigo 227, que crianças devem ser priorizadas no momento de formulação de políticas públicas. Além do Estatuto da Criança e do Adolescente (ver Pesquisa FAPESP nº 296), Peres, da USP, menciona o Marco Legal da Primeira Infância, lei aprovada em 2016 que estabelece garantias específicas e diretrizes para políticas públicas voltadas a crianças de até 6 anos. Entre outras ações, o marco legal deu origem à criação da Frente Parlamentar Mista da Primeira Infância. “Por meio dos esforços da frente parlamentar, a primeira infância foi priorizada nos Planos Plurianuais [PPA] de 2020 a 2023”, comenta, citando que os PPA estabelecem objetivos que devem ser seguidos pelos governos federal, estaduais e municipais no prazo de quatro anos. Partindo desses planos, um decreto presidencial estabeleceu a Agenda Transversal e Multissetorial da Primeira Infância, que envolve um conjunto de ações governamentais implementadas por meio de políticas públicas articuladas. Além disso, desde 2014 o país conta com metas específicas à educação infantil no Plano Nacional de Educação (PNE). Apesar dos marcos legais, nem todas as garantias e diretrizes são cumpridas. De acordo com o relatório “Pobreza na infância e na adolescência”, elaborado pelo Unicef em 2018, 39,7% das crianças de até 5 anos têm seus direitos violados no Brasil.

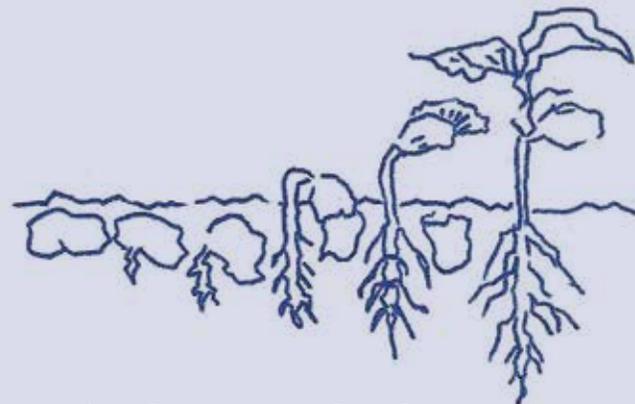
Olhando para o contexto latino-americano, Chopitea, do Unicef, explica que a composição de orçamentos destinados à infância é complexa. “O Peru, por exemplo, afirma gastar 0,23% de seu orçamento público federal com a primeira infância, enquanto o México, 10%. Porém cada um faz a apuração dos valores considerando itens específicos”, observa. Além das dificuldades para se comparar o orçamento brasileiro com o de outros países, existem discrepâncias internas, envolvendo os investimentos estaduais e municipais, porque no Brasil cada tribunal de contas utiliza metodologia específica para esses cálculos. “Temos a expectativa de que a nova metodologia abra caminho para a criação de ferramentas que permitam a estados e cidades um cálculo mais preciso e sistemático”, diz Peres, da USP. Ela conta que o CEM integra um grupo de trabalho constituído para elaborar metodologias e orçamentos com foco em gênero e raça. “A ideia é poder acompanhar a evolução do orçamento voltado a diferentes públicos, incluindo mulheres, indígenas, negros, entre outros”, diz.

A psicóloga Maria Beatriz Martins Linhares, da USP, explica que os primeiros 3 anos de vida são especialmente sensíveis para o desenvolvimento humano. Por isso, defende que os governos priori-

zem a alocação de recursos para essa faixa etária da população. “Situações de pobreza, violência e privação de afeto na infância vão impactar o indivíduo durante a vida toda, incluindo a sua integridade neurológica e a capacidade de aprendizagem”, informa.

Pioneiros nessa linha de trabalho, os estudos do economista norte-americano James Heckman, feitos em parceria com psicólogos, estatísticos e neurocientistas, têm demonstrado que, para cada dólar investido na primeira infância, o retorno estimado é de US\$ 7, quando essa criança completar 20 anos de idade. “Vencedor do prêmio Nobel no ano 2000, as constatações de Heckman abriram caminho para outras pesquisas que procuram mensurar os impactos que experiências na infância causam na vida adulta”, detalha Linhares.

Como parte dessas novas abordagens, a psicóloga Carolina Ziebold, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), participou de uma pesquisa coordenada por David McDaid, da London School of Economics and Political Science, que identificou uma associação entre problemas de saúde mental na infância e maior probabilidade de repetência



Mais da metade das crianças e adolescentes no Brasil vive na pobreza

O Brasil tem 32 milhões de crianças e adolescentes na pobreza, conforme levantamento do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), divulgado em fevereiro. O número corresponde a 63% da parcela da população de até 18 anos e inclui meninas e meninos que experimentam as múltiplas dimensões da pobreza, incluindo viver em famílias sem renda suficiente, não ter acesso à educação, alimentação, água e saneamento, residir em moradias precárias e exercer trabalho infantil. Para reverter esse cenário, o Unicef defende a necessidade de elaboração de políticas públicas voltadas não apenas às crianças e adolescentes, mas também às suas famílias e responsáveis. A pesquisa “As múltiplas dimensões da pobreza na infância e na adolescência no Brasil” foi realizada a partir de bases de dados oficiais, como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (Pnad Contínua) e a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF).

Novo centro vai medir o desenvolvimento infantil

Com vistas a acompanhar o desenvolvimento infantil, uma pesquisa de coorte para avaliar indicadores psicológicos, comportamentais, biológicos, epigenéticos, entre outros, de crianças de até 6 anos será um dos primeiros estudos a serem realizados pelo Centro Brasileiro de Pesquisa Aplicada à Primeira Infância (Cpapi). Criado em 2021 pelo Insper (Instituto de Ensino e Pesquisa) com o apoio da FAPESP, o centro agrega outras sete organizações e 18 pesquisadores, a maioria da USP. “Com os resultados das pesquisas desenvolvidas no Cpapi queremos incentivar a formulação de políticas públicas baseadas em evidências científicas”, explica o economista Naércio Menezes, do Insper e coordenador do centro. Ele observa que o país não sabe se as crianças brasileiras estão se desenvolvendo adequadamente, apesar da existência de avaliações como o

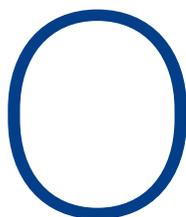
Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), que mede o aprendizado e o fluxo escolar, e indicadores de mortalidade infantil e incidência de doenças na área da saúde. De acordo com Menezes, o Brasil também desconhece o percentual de crianças com atraso no desenvolvimento.

A psicóloga Maria Beatriz Martins Linhares, da USP, também pesquisadora do Cpapi, comenta que outro estudo do centro envolve a Caderneta da Criança, documento do governo federal criado em 2005 que registra todas as informações sobre o atendimento à criança em serviços de saúde até os 9 anos. “A caderneta é subutilizada. Estamos desenvolvendo uma metodologia e um programa de treinamento para auxiliar profissionais da saúde a otimizar o seu uso, especialmente na parte de vigilância do desenvolvimento infantil”, diz. Ela destaca

que um dos desafios da formulação de políticas públicas para essa faixa etária é que elas precisam envolver diferentes áreas e devem ter início antes do nascimento das crianças, incluindo atenção a gestantes, puericultura, vacinação, assistência social, em uma agenda integrada, transversal e multissetorial.

“É urgente que o país desenvolva políticas que assegurem menos desigualdade no começo da vida e ofereçam ações efetivas para reduzir o impacto de experiências negativas na infância”, sustenta a psicóloga. Desde 2020, a pesquisadora coordena, em parceria com a psicóloga Elisa Rachel Pisani Altafim, também da USP, a implementação de um programa de prevenção de violência contra crianças, elaborado pela American Psychological Association, em serviços públicos de 24 municípios do Ceará.

escolar. “Usamos dados de análise contínua de uma coorte brasileira de jovens desfavorecidos para modelar os custos, para o sistema educacional, de problemas de saúde mental não tratados”, explica. Estudo de coorte compara um grupo de pessoas exposto à determinada situação com outro não exposto ao longo de vários anos. Considerando o valor do dólar em 2019, ano da pesquisa desenvolvida para o Fórum Econômico Mundial por Ziebold e outros pesquisadores, o custo estimado para o Estado para um ano de repetência entre jovens sem problemas de saúde mental era de US\$ 3,5 mil. Para jovens que vivenciaram situações crônicas de medo, angústia ou transtornos mentais durante a infância esse valor variava entre US\$ 4,4 mil e US\$ 6,3 mil.



Outro estudo, coordenado por uma equipe da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e publicado na revista *The Lancet*, analisou as consequências da pobreza na infância, na saúde e no desenvolvimento do indivíduo, partindo de estudos realizados em 95 países de baixa e média rendas, seguindo uma classificação do Banco Mundial. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), pobres são as pessoas que vivem com menos de US\$ 1,25 por dia. A pesquisa identificou que crianças nessa condição correm de duas a três vezes mais risco de morrer até os 5 anos. “Constatamos que os efeitos da pobreza no início da vida são, na maioria dos países, persistentes e geram grandes

problemas de saúde e desenvolvimento humano, no decorrer da vida”, explica o epidemiologista Fernando Hartwig, da UFPEL e um dos autores da pesquisa. Além disso, os resultados mostram que crianças nascidas em famílias de baixa renda têm maior risco de desnutrição crônica, atrasos no desenvolvimento, baixa escolaridade e gravidez na adolescência, em comparação com crianças de famílias mais bem situadas economicamente.

Os pesquisadores também avaliaram os efeitos de longo prazo da pobreza na infância em coortes de cinco países de baixa e média renda. Nesses estudos, os indivíduos foram acompanhados desde o nascimento até a fase adulta. “A situação de pobreza na infância segue causando reflexos nos indicadores de saúde e desenvolvimento três décadas depois de experimentada”, reforça Hartwig. Ele explica que, para fazer as análises comparativas, o Centro Internacional de Equidade em Saúde da UFPEL elaborou uma metodologia que permitiu a padronização dos dados dos distintos países envolvidos no estudo. “Esse processo de harmonização é um grande desafio, tendo em vista o grande volume de dados e as especificidades de cada país. Isso é especialmente desafiador em nações de baixa renda, onde as informações, muitas vezes, são precárias. O centro de equidade realiza a tarefa de forma contínua, produzindo um banco de dados comparável que pode ser usado para análises como essa”, finaliza. ■

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

AMOR À ÚLTIMA FLOR DO LÁCIO

Uma das maiores especialistas do mundo em Camões e Fernando Pessoa, a escritora Cleonice Berardinelli morreu aos 106 anos

Dafne Sampaio

Não é todo dia nem qualquer pessoa que ganha um elogio superlativo de um Nobel de Literatura. Sobre Cleonice Berardinelli, o escritor português José Saramago (1922-2010) disse: “Ela faz parte da aristocracia do espírito, essa que, sim, é necessária para a evolução da sociedade”. A mais longeva integrante da Academia Brasileira de Letras (ABL) morreu em 31 de janeiro, aos 106 anos, deixando um grande legado de ensaios e edições críticas, além de muitos estudantes que com ela aprenderam a beleza e a sofisticação da língua e da literatura portuguesas.

Nascida em 28 de agosto de 1916 no Rio de Janeiro, Cleonice passou a infância e a adolescência de cidade em cidade. Seu pai era militar e a família o acompanhava nas frequentes transferências. Estavam em São Paulo quando, apaixonada por poesia desde que aprendeu a ler, decidiu cursar letras neolatinas na nascente Universidade de São Paulo (USP). Graduou-se em 1938. Coisa rara à época, seus pais permitiram que ela seguisse os estudos em vez de se

casar, o que viria a fazer em 1953, aos 37 anos, com o médico Álvaro Berardinelli.

A ensaísta costumava lembrar, nas muitas entrevistas que concedeu, um diálogo marcante que teve com o marido: “Ele preferia que eu deixasse os alunos particulares e as turmas do ginásio. ‘E a faculdade?’, perguntei. ‘A faculdade não. É a sua vida’, ele disse”. Foi assim que, em 1959, tornou-se livre-docente em literatura portuguesa pela Faculdade Nacional de Filosofia da então Universidade do Brasil, hoje Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). À época, tal título outorgava automaticamente o de doutora e a tese que defendeu sobre a poesia e a poética de Fernando Pessoa (1888-1935) foi a primeira no Brasil, e a segunda no mundo, sobre o autor português.

Pessoa foi o primeiro a ser escarafunchado pelas análises inquietas e elegantes de Cleonice, sempre procurando descobrir faces ocultas dos autores por quem era apaixonada. Outros se sucederam nas décadas seguintes: Gil Vicente (1465-1536), Luís Vaz de Camões (1524-1580), padre Antônio Vieira (1608-1697), Eça de Quei-

roz (1845-1900) e Mário de Sá-Carneiro (1890-1916). A partir daí surgiram livros que seguem sendo utilizados em salas de aula, como *Estudos camonianos* (MEC, 1973) e *Fernando Pessoa: Outra vez te revejo...* (Lacerda, 2004). Por anos, foi convidada a assumir uma cadeira na ABL e sempre declinou. Aceitou em 2009, quando passou a ocupar a cadeira de número 8.

Presidente da ABL de 2018 a 2021 e atual presidente da Biblioteca Nacional, o poeta Marco Lucchesi passou a conviver regularmente com Cleonice desde que se tornou “imortal” em 2011, mas já era íntimo de seus livros. “Conheci Cleonice a partir dos mares salinos de Camões, das máscaras e sombras luminosas de Fernando Pessoa e depois, presencialmente, na ABL. Foi um convívio extraordinário, pois ela era atenta às delicadezas e, ao mesmo tempo, capaz de iluminar partes das mais obscuras de um autor. Ela era uma pessoa luminosa e iluminadora, sempre caminhando por essa densa e delicada, forte e sutil, língua portuguesa, que corre nas veias das línguas praticadas no Brasil, África, Portugal e além-mar”, afirmou.



Berardinelli:
a paixão pela palavra
surgiu ainda na infância

Em uma constante e apaixonada relação com os livros e a sala de aula, Cleonice foi professora de instituições como a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), a Universidade Católica de Petrópolis e o Instituto Rio Branco, além da UFRJ. Na década de 1980, lecionou na condição de visitante nas universidades da Califórnia, em Santa Bárbara, nos Estados Unidos, e de Lisboa, em Portugal. Orientou mais de uma centena de teses de doutorado e dissertações de mestrado, estabelecendo relações intelectuais e de amizade que influenciaram estudantes por toda a vida.

“Conheci dona Cléo, como a chamávamos carinhosamente, em 2005, quan-

do entrei na PUC para fazer o mestrado em literatura portuguesa. Como grande admiradora de Pessoa, e por ser também professora de inglês e adorar Walt Whitman [1819-1892], queria fazer uma dissertação que unisse esses elementos”, lembrou Maria do Carmo Facó, professora aposentada que lecionou em várias universidades do Rio. “A princípio ela não aceitou, pois dizia que não conhecia Whitman o suficiente para orientar meu trabalho, embora soubesse que o próprio Pessoa era seu leitor e admitia, inclusive, ter sido por ele influenciado.” Segundo Facó, como ela tinha muita curiosidade em se aproximar do “poeta do cosmo” norte-americano, não foi difícil conven-

cê-la. Na época da orientação Berardinelli tinha mais de 90 anos.

“Seu legado é de extrema importância. Pessoa, apesar de ter tido 136 heterônimos compilados, permanece a ser desvendado, porque ainda persiste material inédito em sua famosa arca”, diz. “Dona Cléo foi uma das maiores autoridades nessa imensurável aventura, não só ao divulgar a obra do poeta português como de nos ajudar a entendê-la em toda sua complexidade”, resume Facó.

O poeta Carlos A. Pittella, pesquisador da Universidade Concordia, em Montreal, Canadá, relembrou os poucos mais de 10 anos de convívio intenso com a imortal da ABL, que foi sua orientadora no mestrado e no doutorado. “Cleonice foi decisiva na minha formação. Sem ela não teria estudado literatura. Ela me mostrou o horizonte desses estudos e como era possível ampliar esse mesmo horizonte, pois ofereceu tanto material de fonte primária, como suas edições críticas, quanto um modelo amplo de metodologia e seriedade de pesquisa. Ou seja, a Cleonice e o trabalho da Cleonice foram e são fontes incontornáveis nos estudos pessoais. Sempre na vanguarda, e sempre aberta a revisões, o que não é muito comum nesse meio”, afirmou Pittella.

“Cleonice não é só um legado. Legado é algo que foi deixado e ela, para mim, abriu muitas portas, foi também ponte entre os países de língua portuguesa”, comentou. “Para se ter uma ideia, ela nos contou que o Saramago ligava para ela logo que lançava um livro. Alguns dias antes de publicar *Ensaio sobre a cegueira*, enviou-lhe uma cópia, telefonou e perguntou: ‘Então, Cleonice, o que é que achou?’. Ela respondeu: ‘Foi uma pancada na boca do estômago’. Intrigado, Saramago retrucou: ‘Gostou?’. Ela respondeu: ‘Às vezes, nós gostamos de apanhar’.” ■

MEMÓRIA

RETRATO DAS ROCHAS QUE FORMAM O PAÍS

Primeiro mapa geológico feito
apenas por brasileiros,
de 1940, expressa o esforço
do país em encontrar petróleo

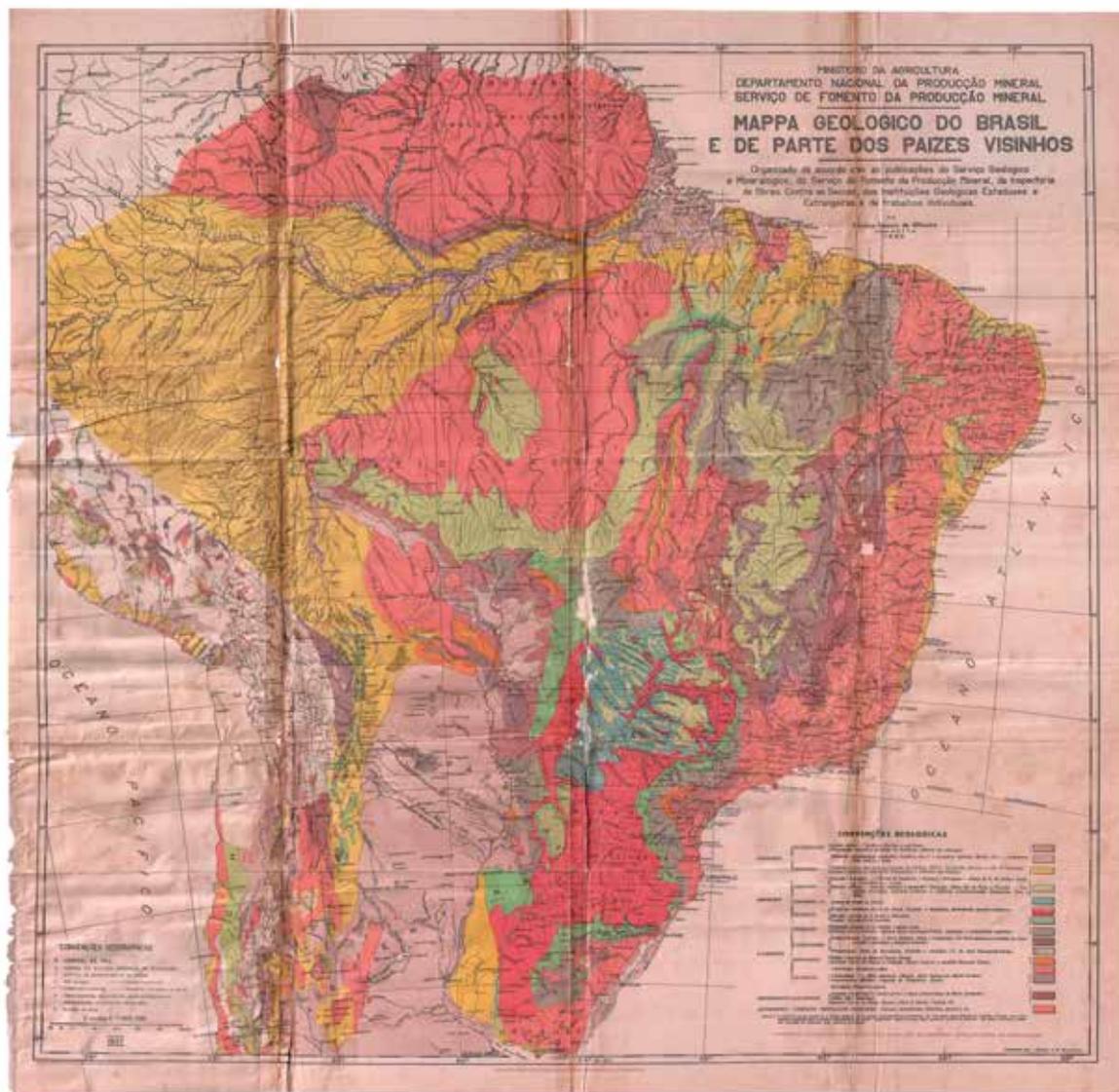
Carlos Fioravanti

1



O poço DNPM-163,
em Lobato, bairro de
Salvador, Bahia, do qual
saiu petróleo pela
primeira vez no Brasil,
em 1939

Mapa de Avelino Oliveira e Othon Leonardos publicado como encarte no livro *Geologia do Brasil*



2

Mineiro de Uberaba, formado pela Escola de Minas de Ouro Preto, Avelino Ignácio de Oliveira (1891-1970) trabalhava no Conselho Nacional do Petróleo, criado em 1938. O niteroiense Othon Henry Leonardos (1899-1977), graduado na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, era um professor recém-chegado ao Museu Nacional. Por 20 anos os dois percorreram o país em levantamentos geológicos e trabalharam no Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Anos depois se encontraram novamente e fizeram o primeiro mapa elaborado apenas por brasileiros com os grandes conjuntos de rochas, também chamados de estruturas geológicas, que sustentam o relevo, enfatizando as áreas potenciais para exploração de petróleo, uma prioridade do Estado Novo (1937-1945).

A obra deles, intitulada *Mapa geológico do Brasil e de parte dos países vizinhos*, foi publicada como encarte colado à contracapa do livro *Geologia do Brasil*, coordenado pelos dois engenheiros e publicado pelo Ministério da Agricultura em 1940. Das 815 páginas, 36 estão ocupadas com fotos de fósseis de moluscos, peixes ou do mastodonte *Cuvieronius humboldti*, encontrados no interior da Paraíba e em Mato Grosso do Sul, respectivamente. Os fósseis ajudam a determinar a idade das rochas.

Além de identificar as jazidas de carvão, manganês, ferro, ouro, carvão, cobre, alumínio e outros minerais, o livro detalha os limites e os tipos de rocha das estruturas geológicas detalhadas de todas as regiões do país. “O mapa e o livro eram uma forma de divulgar os mapeamentos feitos durante décadas pelos técnicos do DNPM, ainda pouco valorizados”, diz a geóloga Maria Mar-

garet Lopes, do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP) e autora de um artigo de novembro na revista *Earth Sciences History* sobre o mapa de 1940. “Era também um meio de mostrar que os geólogos do Brasil sabiam fazer mapas, antes feitos apenas por estrangeiros.”

Segundo ela, os brasileiros pretendiam também completar o mapa do geólogo norte-americano John Casper Branner (1850-1922). Publicada em 1919 no *Bulletin of the Geological Society of America* e em 1920 pelo então chamado Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, transformado em 1934 no DNPM, a obra continha áreas em branco, por causa da dificuldade de acesso a regiões cobertas por floresta, e já se valia de fósseis para estimar a idade de rochas sedimentares.

“Branner e o geólogo norte-americano Orville Derby [1815-1915, primeiro diretor do Serviço Geológico do Brasil] per-



Reunião na Associação dos Geógrafos Brasileiros, sem data: em pé, da esquerda para a direita, Leonardos é o sexto e Oliveira o oitavo

correram a Amazônia, mas ainda havia grandes áreas sem informação”, atesta o geólogo Carlos Schobbenhaus Filho, do Serviço Geológico do Brasil. Coautor do livro *Geologia do Brasil* (DNPM, 1984), ele coordenou a produção do *Mapa geológico do Brasil*, de 1981, da *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*, de 2004, e da versão mais recente do mapa geológico da América do Sul, de 2019.

Em um capítulo do livro *Geologia do continente sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida* (Beca, 2004), Schobbenhaus argumenta que o primeiro mapa geológico do Brasil foi elaborado pelo geólogo austríaco Franz Foetterle (1823-1876). Publicado em 1854 em Viena, incluía países vizinhos e priorizava as jazidas de ouro, prata e ferro de rochas metamórficas de Minas Gerais.

No mapa de 1940, a escala adotada, de 1 para 7 milhões (1 centímetro no mapa equivale a 70 quilômetros no terreno real), não permite detalhamento, “mas os grandes traços estão corretos”, comenta a geóloga Ana Maria Góes, do Instituto de Geociências da USP. “A norte e a sul da bacia sedimentar amazônica se veem claramente, em vermelho, as rochas mais antigas do cráton amazônico”, observa (cráton é um bloco rochoso antigo da litosfera, a camada externa da superfície terrestre). “Até hoje não conhecemos essas áreas em detalhe, principalmente porque estão cobertas pela floresta amazônica, com raros afloramentos rochosos.”

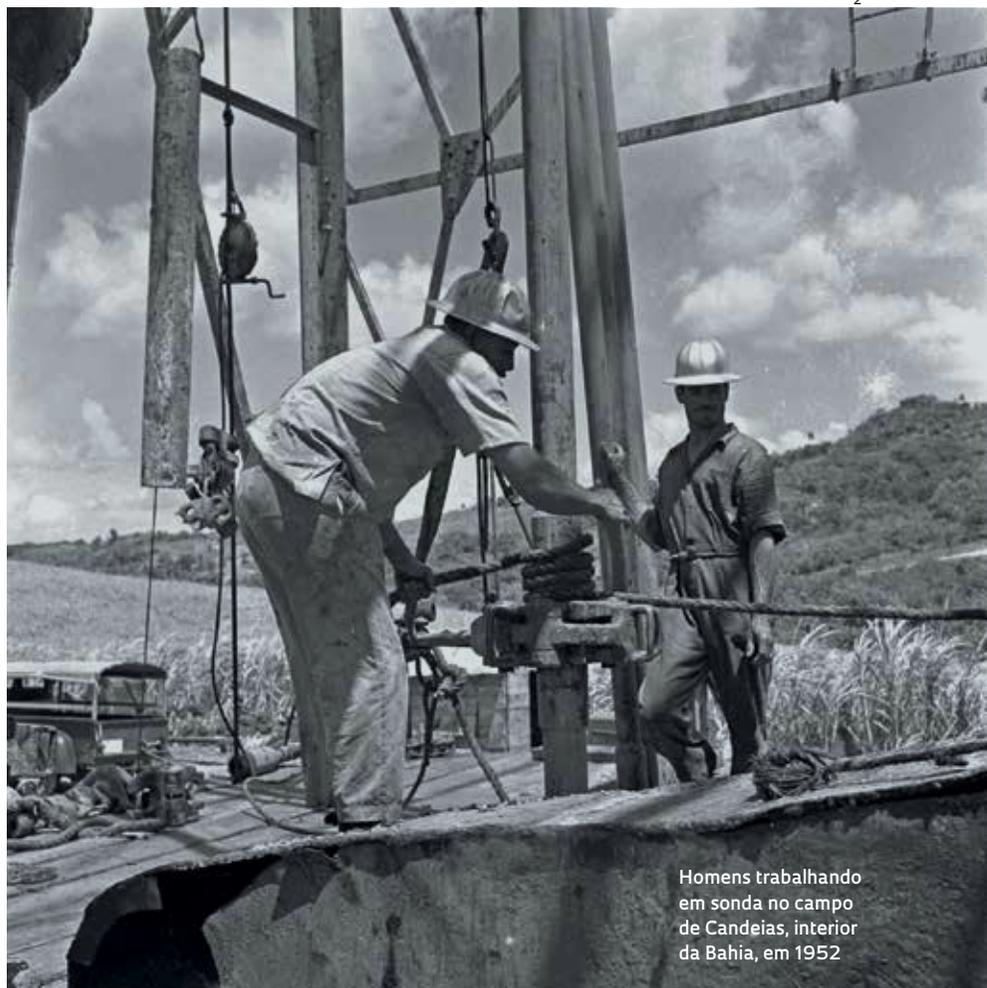
A produção de mapas se intensificou com os cursos de geologia, que começaram no Brasil em 1957 como resultado

de uma comissão nomeada pelo então presidente Juscelino Kubitschek (1902-1976) e chefiada por Leonardos. Os mapeamentos por fotografias aéreas, radar e imagens de satélite forneceram informações nunca sonhadas pelos cartógrafos. “Nos anos 1970, o Projeto Radam [Radar da Amazônia] identificou rios de 100 quilômetros de extensão que vimos pela primeira vez”, diz Schobbenhaus. Aos 82 anos, em sua sala na sede do Serviço

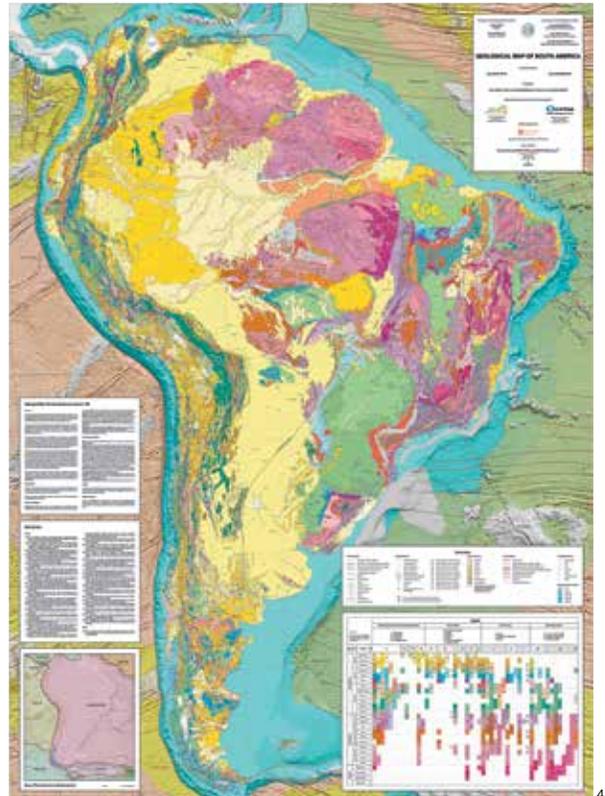
Geológico, em Brasília, ele prepara um mapa sobre os lugares mais relevantes da história geológica do país, que pretende publicar até o final deste ano.

PETRÓLEO

Atento ao interesse pelo também chamado “ouro negro”, Oliveira havia começado em 1938 a preparar um mapa das áreas potenciais de petróleo no Brasil, mas teve de interromper o trabalho por causa de



Homens trabalhando em sonda no campo de Candeias, interior da Bahia, em 1952



Plataforma da Petrobras na bacia de Campos, no litoral do Rio de Janeiro, e mapa geológico de 2019 da América do Sul

mudanças na direção do DNPM. Ele o retomou no fim de 1939, já com Leonardos, que no ano anterior percorrera o rio Tocantins, para ver se era navegável, e fizera levantamentos geológicos no estado de Goiás. Com o apoio do então ministro da Agricultura, Fernando Costa (1886-1946), os dois engenheiros conseguiram uma verba extra para aumentar para 2 mil exemplares a tiragem do livro com o mapa. Metade foi enviada para Lisboa, Porto e outras cidades portuguesas como contribuição brasileira às comemorações da fundação de Portugal, em 1140, e da libertação da Espanha, em 1640.

“Avelino e Othon queriam ajudar os geólogos portugueses a resolver problemas difíceis e ajudar a explorar os recursos do subsolo nas colônias da África”, comentou Lopes. No prefácio do livro, os dois engenheiros argumentavam: “Já que tivemos, ultimamente, a sorte de encontrar petróleo na faixa cretácea costeira, por que não o procurarão, também, os portugueses, no litoral aparentemente semelhante de Angola?”. A identificação de fósseis em terrenos sedimentares nos dois lados do Atlântico reforçava essa possibilidade. A exploração de petróleo em Angola começou em 1958 e hoje é uma das bases da economia do país.

Mil exemplares do *Geologia do Brasil* foram enviados para Lisboa e outras cidades de Portugal

No Brasil, a procura por combustíveis fósseis começou no início do século XX, mas os primeiros 51 poços perfurados por órgãos do governo de 1919 a 1930 foram um fracasso. O petróleo jorrou pela primeira vez somente em janeiro de 1939 de um poço com 210 metros de profundidade no município de Lobato, próximo a Salvador, na Bahia. “Eram apenas indícios de petróleo, mas a propaganda foi intensa, para recuperar a imagem das instituições que haviam trabalhado durante muitos anos sem sucesso”, comenta Lopes. A produção em escala comercial só se viabilizou dois anos

depois com um poço de perfuração em Candeias, interior baiano.

Oliveira, Leonardos e outros especialistas que pesquisavam a região acertaram ao prever as jazidas no Recôncavo Baiano, segundo Lopes. “Para examinar a possibilidade de petróleo no Acre e outras regiões fronteiriças, eles trabalharam com as equipes dos serviços geológicos do Peru, da Bolívia e da Argentina, que já tinham encontrado petróleo em regiões próximas”, observa a pesquisadora. Levantamentos geológicos indicam que poderia haver reservas de hidrocarbonetos no Acre, mas os possíveis impactos sobre o ambiente e territórios indígenas barraram sua exploração. “Por muito tempo os geólogos insistiram em procurar também no Sul do Brasil, onde não havia mesmo, por causa do tipo de rochas.”

Lopes conta que a possibilidade de explorar petróleo no município e no litoral de Campos, no Rio de Janeiro, era cogitada por geólogos desde a década de 1920, mas, por falta de tecnologia adequada e equipes especializadas, a pesquisa sistemática e a exploração começaram nos anos 1970. Em outra grande área produtora atualmente, a bacia de Santos, litoral paulista, a exploração começou na década de 2000. ■

INVESTIGAÇÃO SOLIDÁRIA

A psicóloga Raquel da Silva Barros conta como o contato com pessoas em situação de vulnerabilidade contribuiu para a criação de uma nova metodologia de acolhimento

Nunca me identifiquei como pesquisadora de laboratório ou biblioteca, porque sempre gostei de um tipo de investigação que levasse a pautas mais práticas. Lembro que devia ter uns 10 ou 11 anos quando comecei a acompanhar minha avó, todo final de semana, na distribuição de comida para pessoas carentes, em Sorocaba, cidade do interior paulista em que nasci. Ficava muito impressionada ao ver aquelas pessoas comendo na panela, com a mão, tanta carência de tudo. Ali, ainda criança, comecei a pensar que tinha de fazer algo que pudesse contribuir para mudar a vida das pessoas.

Mais ou menos na mesma época fui visitar uma psicóloga, mãe de uma amiga da escola. Chamou minha atenção sua capacidade de ouvir, ajudar e apoiar. Quando chegou a hora do vestibular, não tive dúvida: inscrevi-me em psicologia em todas as faculdades possíveis e fui aprovada na USP [Universidade de São Paulo].

Foi importante frequentar uma universidade pública. O fato de não pagar mensalidade, por mais paradoxal que possa parecer, despertou em mim uma urgência em trabalhar, tanto para me manter quanto para tentar devolver ao Estado o que estava sendo investido na minha formação. Comecei a lecionar história para o ensino médio, em uma escola pública na periferia de Itapeceira da Serra. Tinha 18 anos e entrei para substituir uma professora. Ninguém queria dar aulas lá. Meus alunos eram justamente as pessoas que minha família

sempre dizia para não ficar perto, como usuários de drogas, por exemplo.

O trabalho na escola pautou minha graduação porque fui percebendo todas essas questões sociais. No meio do curso, tive a oportunidade de fazer uma iniciação científica. Comecei a investigar o efeito da maconha no humor de pessoas em situação de vulnerabilidade. Na mesma época participei de pesquisas cujos resultados foram utilizados pelo Instituto de Medicina Social e Criminologia de São Paulo para apoiar ações com pais de usuários de substâncias psicoativas. Também integrei equipes que desenvolviam investigações etnográficas envolvendo o uso de drogas injetáveis.

Acabei me especializando nessa área de uso de drogas. No mestrado, também desenvolvido na USP, pesquisei a relação e a comunicação entre pais e filhos usuários de drogas. Para tanto, entrevistei 30 pais e mães de jovens usuários e os próprios usuários. Usando técnicas de análise de discurso, cruzei informações dos filhos, a visão que tinham sobre drogas – na épo-

ca, maconha e cocaína –, com a visão dos pais e a percepção de cada um dos jovens sobre o que a família pensava sobre o seu uso de drogas. A investigação também incluiu o fenômeno propriamente dito da dependência e as relações pessoais nesse contexto. Minha hipótese era a de que as relações entre pais e filhos sofriam mais pela falta de comunicação entre eles do que pela droga em si. Reuni muito material sobre o assunto.

Cursei as disciplinas obrigatórias, colhi os dados, mas decidi que gostaria de passar uma temporada fora do país. Optei pela Itália por duas razões: tenho dupla nacionalidade e conhecia um psicólogo italiano que trabalhava com usuárias de heroína. A ideia era ficar seis meses no país, mas acabei morando lá durante sete anos. Depois de um ano fora, período em que tranquei o mestrado, voltei ao Brasil e fiz minha qualificação. Como meu diploma não era válido na Itália, decidi fazer uma segunda graduação em psicologia, na Università di Padova, em Pádua. Até conseguir defender o mestrado, entre

Barros na outra página e, em 2010, de cabelo comprido com a rainha Silvia (no centro), da Suécia, durante homenagem pelo seu trabalho





SAIBA MAIS

PSICOLOGIA
COMUNITÁRIA



depois fiquei grávida de gêmeas. Foi uma fase muito importante na minha vida.

Na Lua Nova desenvolvi o tratamento comunitário que poderia definir como uma metodologia de acompanhamento e desenvolvimento de pessoas em situação de extrema vulnerabilidade a partir de relações não formais, estabelecidas, por exemplo, com os amigos. No tratamento, identificamos e fortalecemos essas relações justamente por serem mais horizontais, mais pessoais e, portanto, mais empáticas. A ajuda é mais efetiva dessa forma. Foi desenvolvendo essa metodologia e construindo indicadores de vulnerabilidade em saúde, educação e moradia, que conseguimos firmar parcerias com a União Europeia. Expandimos esse tratamento para comunidades na Colômbia, México, Costa Rica, Chile, Uruguai e Argentina. Hoje são 78 comunidades em 11 países.

Em 2015 sofri um baque pessoal ao descobrir um câncer de mama que me levou a fechar a Lua Nova e encerrar um capítulo importante na minha vida. Como não queria ficar parada, dois anos depois, entre sessões de quimioterapia, decidi encarar um doutorado na Unifesp. Infelizmente não consegui dar conta do esforço em torno da produção de uma tese e tive de parar. Mas a universidade acabou criando um curso de especialização em tratamento comunitário e me tornei sua coordenadora.

Atualmente, prestes a completar 57 anos, dou aulas de psicologia no Centro Universitário Facens, em Sorocaba, e coordeno uma iniciação científica da instituição. Retomei o doutorado e pretendo defender minha tese em 2023. Estou trabalhando com os dados que coletamos com o tratamento comunitário na América Latina, a partir de uma base de investigação muito disciplinada e organizada. Finalmente estou validando cientificamente a pesquisa-ação de uma vida toda com o objetivo de ajudar a desenvolver políticas públicas para pessoas em situação de vulnerabilidade. ■

DEPOIMENTO CONCEDIDO A DAFNE SAMPAIO

1993 e 1996, vinha ao Brasil uma vez por ano e trabalhava um mês direto na USP.

Eu não falava quase nada de italiano. Chegando lá, o psicólogo que conhecia me disse que eu só conseguiria uma bolsa se falasse a língua, caso contrário, teria de voltar. Fiquei desesperada. Já havia iniciado um estágio em uma cooperativa de trabalho para usuários de heroína. Esses homens e mulheres acabaram por me adotar e todo dia me ensinavam a falar e a escrever algo novo no idioma. Foi assim que pude demonstrar proficiência e conseguir a bolsa. Foi uma experiência muito forte para mim: justamente aqueles que imaginava ter ido ajudar, com quem fui trabalhar, acabaram me dando uma superforça.

Anos mais tarde, virei coordenadora dessa cooperativa e passei a trabalhar com mães usuárias de heroína e sua relação com os filhos, vulnerabilidades e apegos. A experiência foi utilizada em trabalho

de conclusão da segunda graduação em psicologia e exigiu muito de mim, pessoalmente. Estava casada com um italiano e tentando, sem sucesso, engravidar. Vinha frequentemente ao Brasil, estabeleci um grupo de pesquisa na Unifesp [Universidade Federal de São Paulo] e, durante quatro anos, atuei na Cracolândia com mães usuárias de heroína e crack.

Em 2000, regressei definitivamente ao Brasil e passei a me dedicar à estruturação, em Sorocaba, de uma organização para mulheres e seus filhos em situação de vulnerabilidade. Algumas tinham histórico de uso de drogas, mas a maioria era vítima de abusos dos mais variados, de exploração sexual familiar a tráfico de mulheres. À época, pensei: se não vou poder engravidar, terei filhos assim, adotando essas mães. Assim surgiu, em 2001, a Lua Nova. Curiosamente, um ano

Aprendendo ciência com os neutrinos solares

Rafael Alves Batista



Neutrinos solares e o método científico

Pedro Cunha de Holanda
Unicamp
160 páginas
R\$ 56,00

Invisíveis, minúsculos, abundantes e pouco interagentes: estes são os elusivos neutrinos, talvez as mais enigmáticas partículas elementares que permeiam o imaginário popular. Desde 1930, quando foram teoricamente propostos, e 1956, quando foram detectados, até os dias de hoje neutrinos têm se mostrado uma parte integral do abecedário das partículas elementares, desempenhando papéis importantíssimos nos mais variados fenômenos físicos. O nosso Sol, por exemplo, é uma notável fonte de neutrinos, que são produzidos em grandes quantidades por meio do mesmo processo responsável por mantê-lo brilhando: a fusão nuclear. Esses são os neutrinos solares, tema do livro *Neutrinos solares e o método científico*, de autoria do físico Pedro Cunha de Holanda.

Como o título sugere, na obra, o leitor é levado em uma jornada histórica da pesquisa na área de neutrinos, percorrendo as principais descobertas, desde seus primórdios até os dias atuais. De forma didática, Holanda apresenta o desenvolvimento das ideias relacionadas a essas partículas, começando com os conceitos mais fundamentais acerca do que elas são e como são produzidas no interior do Sol. Pouco a pouco, ele avança ao introduzir alguns cálculos simples e, com maestria, conduz o leitor à compreensão de conceitos úteis para entender como se dá a detecção de neutrinos.

Gradativamente a abordagem aprofunda-se, com a introdução do conceito de “sabores” de neutrinos. Com o auxílio de criativas analogias musicais, o leitor aprende como um sabor de neutrino pode oscilar em outro, um dos fenômenos mais contraintuitivos da mecânica quântica. Holanda também introduz com didatismo os efeitos da interação entre neutrinos e matéria presente no interior do Sol.

O autor apresenta gráficos extraídos de publicações originais, ademais de algumas equações, sem que isso torne a obra inacessível ao leitor. O esforço evidencia seu ambicioso projeto de alcançar os mais diversos públicos, o que resulta em uma obra estratificada, que ora atende ao leitor pouco familiarizado com a área, ora a um público especialista. Acredito que essa abrangência tenha valor inigualável para um nicho específico de leitores: os estudantes de física,

principalmente os que estão iniciando na área da física de partículas.

Holanda utiliza os principais desenvolvimentos da área, tanto teóricos quanto experimentais, para ilustrar o método científico, com a intenção de demonstrar, simultaneamente, suas limitações e seu poder. A ênfase na natureza dinâmica da empreitada científica e na maleabilidade do método, que é um constructo humano, é um tema recorrente na obra.

Neutrinos são observados ou detectados? Essa não é uma questão meramente semântica. Com ela, Holanda motiva uma das discussões mais interessantes em filosofia da ciência, contrastando algumas das principais correntes epistemológicas, tais como o realismo e o antirrealismo, e tocando em pontos fundamentais acerca da natureza das coisas e do real significado das leis físicas.

Os interlúdios filosóficos são talvez a característica mais marcante do livro, a despeito da esporádica desarticulação entre os tópicos apresentados e da superficialidade de algumas análises. Ao argumentar a favor de critérios de elegância e estética na ciência, por exemplo, posição de difícil sustentação e objeto de muitas críticas, talvez por brevidade, Holanda deixa escapar a oportunidade de aprofundar a reflexão sobre um tema amplamente debatido na atualidade. Apesar disso, é bem-sucedido em sua missão de analisar episódios pretéritos e presentes da pesquisa em neutrinos solares sob a ótica de várias vertentes contemporâneas do pensamento filosófico.

Com respaldo em sua trajetória acadêmica na área, Holanda fornece ao leitor uma excelente obra de introdução à física de neutrinos solares. Suas excursões em temas filosóficos são boas fontes de informação para leigos e profissionais da área de física, que frequentemente não têm familiaridade com os debates contemporâneos em filosofia da ciência. *Neutrinos solares e o método científico* cumpre bem o propósito de ensinar física de neutrinos e, ao mesmo tempo, de apresentar como, de fato, se dá a construção do conhecimento científico.

Rafael Alves Batista é físico e pesquisador da Universidad Autónoma de Madrid.

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Ronaldo Aloise Pili

CONSELHO SUPERIOR

David Everson Uip, 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

Luiz Eugênio Mello

DIRETOR ADMINISTRATIVO

Fernando Menezes de Almeida

Pesquisa
FAPESP

ISSN 1519-8774

COMITÊ CIENTÍFICO

Luiz Nunes de Oliveira (Presidente), Agma Juçá 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, Lillian Amorim, Lucio Anghes, Luciana Harumi Hashiba Maestrelli Horta, Luiz Henrique Lopes dos Santos, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sliuis, 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 C&T), Glenda Mezarobba (Humanidades), Marcos Pivetta (Ciência), Yuri Vasconcelos (Tecnologia), Carlos Fioravanti e Ricardo Zorzetto (Editores especiais)**REPÓRTERES** Christina Queiroz e Rodrigo de Oliveira Andrade**MÍDIAS DIGITAIS** Fabrício Marques (Coordenador), Maria Guimarães (Editora executiva), Renata Oliveira do Prado (Editora de mídias sociais), Jayne Oliveira (Analista digital), Kézia Stringhini (Redatora on-line), Vitória do Couto (Designer digital) e Sarah Caravieri (Produtora do programa de rádio Pesquisa Brasil)**ARTE** Claudia Warrak (Editora), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecilia 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**REVISÃO** Alexandre Oliveira e Margô Negro**COLABORADORES** Ana Paula Orlandi, Brenda Alcântara, Bruno Novaes, Clarice Wenzel, Dafne Sampaio, Diogo Viana, Frances Jones, Guilherme Eler, Joana Santa Cruz, Julia Jabur, Luis Américo Conti, Sarah Schmidt e Rafael Alves Batista**REVISÃO TÉCNICA** Américo Craveiro, Angela Alonso, Deisy de Souza, Francisco Laurindo, José Roberto Arruda, Julia Jabur, Lillian Amorim, Marta Arretche e Rafael Oliveira**MARKETING E PUBLICIDADE** Paula Iliadis**CIRCULAÇÃO** Aparecida Fernandes (Coordenadora de Assinaturas)**OPERAÇÕES** Andressa Matias**SECRETÁRIA DA REDAÇÃO** Ingrid Teodoro**É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DE TEXTOS, FOTOS, ILUSTRAÇÕES E INFOGRÁFICOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO****TIRAGEM** 28.720 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-SPSECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**Depressão**

Certamente esse trabalho levará a estudos para novas medicações (“Brasileiros e franceses identificam uma nova possível causa biológica da depressão”, disponível no site e na presente edição).

Lenilde Pacheco**Pesquisa em empresa**

A entrevista de Carlos Henrique de Brito Cruz (“Fazer pesquisa na empresa precisa virar um bom negócio”, disponível apenas na versão on-line) é uma leitura super importante para pesquisadores e aqueles que fazem parte de grandes empresas.

Jean Carlos Vargas**Vídeos**O vídeo “A importância dos sonhos para os povos ameríndios” me lembrou o maravilhoso livro *A queda do céu*, de Davi Kopenawa e Bruce Albert.**Oswaldo Goffman**

Li também a reportagem sobre os sonhos ameríndios na revista física. É toda uma dimensão antropológica que não conhecia.

Vagner Roberto**ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇO**Envie um e-mail para assinaturas@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: assinaturas@fapesp.br**LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO**Adquira os direitos de reprodução de textos e imagens de *Pesquisa FAPESP*.
E-mail: redacao@fapesp.br

Impressionante tanta riqueza de espécies na serra do Imeri (“A biodiversidade de uma serra inexplorada na Amazônia”). Parabéns à equipe.

Sebastiana Souza

Projeto maravilhoso sob a batuta do professor Miguel Trefaut Rodrigues na serra do Imeri. Que orgulho desse trabalho pioneiro.

Dione Seripieri

O “Patinho Feio, o primeiro computador brasileiro, completa 50 anos”. Um excelente vídeo sobre uma história que merecia ser mais conhecida.

Claudio R. C. Faria

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

CONTATOSrevistapesquisa.fapesp.brredacao@fapesp.br

PesquisaFapesp

PesquisaFapesp

pesquisa_fapesp

@pesquisa_fapesp

PesquisaFAPESP

pesquisa@fapesp

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.



Um olhar diferente sobre as árvores

Se enxergássemos a luz na faixa infravermelha do espectro luminoso, veríamos árvores assim: vermelhas. Mas nem todas são iguais. Na imagem capturada na ilha do Cardoso, litoral de São Paulo, o manguezal aparece mais acinzentado enquanto as cores mais vivas estão na flora de restinga. Isso reflete, em parte, a densidade de organização das folhas. O grupo do oceanógrafo Luis Americo Conti usa imagens obtidas por um drone com capacidade de alta resolução, em que cada pixel tem cerca de 2 centímetros, para analisar a estrutura da vegetação de diferentes pontos da costa brasileira. É uma forma de monitorar as características e a degradação desses ecossistemas.

Imagem enviada por Luis Americo Conti, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo

DEIXOU ESCAPAR? TEMOS SUGESTÕES

Pesquisa
FAPESP ↙

SUGESTÕES DA REDAÇÃO

por Marcos Pivetta, editor de Ciência



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

Pesquisa
FAPESP ↙

SUGESTÕES DA REDAÇÃO

por Ricardo Zorzetto, editor especial



Pesquisa
FAPESP ↙

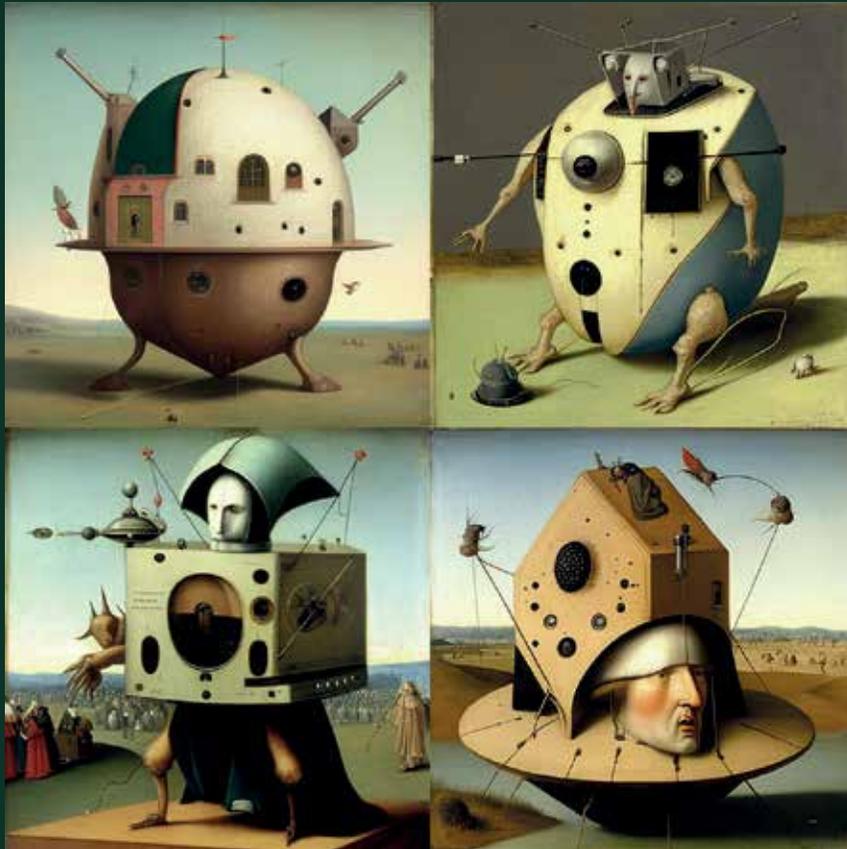
SUGESTÕES DA REDAÇÃO

Uma retrospectiva pelos olhos dos editores



INSCREVA-SE





À VENDA EM BANCAS
DE TODO O PAÍS