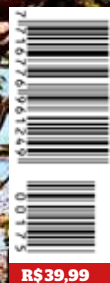


Amazônia



R\$ 39,99

ANO 20
NÚMERO 158
OUTUBRO 2026

**COMO PREVER
MARÉS MAIS QUENTES
INDÚSTRIA LIMPA NÃO BASTA
PARA CONTER O AQUECIMENTO
OCEANOS ANTECIPAM O CALOR
EXTREMO DA AMAZÔNIA EM 7 MESES**



Brazil Windpower

28-30 Outubro/25

São Paulo Expo - SP - Brasil

O **MAIOR EVENTO** de energia eólica da **AMERICA LATINA** espera por você!

MACROTEMA:

COP30 e o papel da Energia Eólica:
Acelerando a descarbonização da economia



140

marcas
expositoras

353

palestrantes

110h

de palestras
e painéis

6800

participantes

**GARANTA A SUA
INSCRIÇÃO!**

brazilwindpower.com.br



Coorganizadores:



Realização e Organização:



TURISMO RESPONSÁVEL

SE CONSTRÓI COLETIVAMENTE.

Um encontro
para discutir
caminhos,
compartilhar
experiências
e ampliar o diálogo
sobre o turismo
na Amazônia.

Fórum Brasileiro de
Turismo Responsável
Edição Amazônia
23 a 25 de novembro
de 2026
INPA, Manaus, AM
Inscrições abertas.
Leia o QR Code
e saiba mais.



FÓRUM
BRASILEIRO
DE TURISMO
RESPONSÁVEL

edição
AMAZÔNIA





OCEANO MAIS QUENTE MUDA AS MARÉS, E A CIÊNCIA CORRE PARA PREVÊ-LAS

Estudo da Universidade Nacional da Austrália mostra que ondas escondidas no interior do oceano freiam ou impulsionam as marés.



NÚCLEO INTERNO DA TERRA ALTERA A DURAÇÃO DO DIA EM MILISSEGUNDOS

Estudo de físicos da Universidade de Alberta, publicado na Nature, mostra que um puxão gravitacional da parte sólida e central do planeta faz o dia encurtar e alongar: ao longo de décadas.



PACÍFICO E ATLÂNTICO AVISAM CALOREXTREMO NA AMAZÔNIA ATÉ SETE MESES ANTES

Estudo com dados de 1950 a 2023 mostra que o aquecimento do Pacífico, na fase de El Niño, e do Atlântico tropical antecede ondas de calor na bacia, sobretudo entre março e maio.



RESTAURAR ECOSISTEMAS ENFRENTA JUNTAS AS CRISES DO CLIMA E DA BIODIVERSIDADE

Estudo liderado por pesquisadores brasileiros e publicado na Nature mostra que recuperar áreas agrícolas nos lugares certos.



LAGOAS COSTEIRAS DO SUL PODEM VIRAR OBSERVATÓRIO GLOBAL DO CLIMA

Pesquisadores do Brasil, do Uruguai, da Alemanha e da Suécia propõem monitorar de forma integrada mais de 100 lagoas rasas.



FRUTAS NATIVAS CHEGAM À MERENDA, MAS A BIODIVERSIDADE SEGUE POUCO APROVEITADA

Uma década depois do projeto que levou espécies da sociobiodiversidade para as políticas públicas, açaí e cupuaçu já estão nas escolas do Pará.

Amazonia

EXPEDIENTE

PUBLICAÇÃO

Editora Cifros SS LTDA
ISSN 1677-758
CNPJ 03.890.275/00-01-35
Rua Timbiras, 1572-A
Fone: (91) 3083-0973
Fone/Fax: (91) 3223-0799
Cel: (91) 9986-7000
CEP: 66033-600
Belém-Pará-Brasil



DIRETOR

Rodrigo Barbosa Höhn
pauta@revistaamazonia.com.br

PRODUTOR E EDITOR

Ronaldo Gilberto Höhn
amazonia@revistaamazonia.com.br

COMERCIAL

Alberto Rocha, Rodrigo B. Höhn
comercial@revistaamazonia.com.br

ARTICULISTAS/COLABORADORES

Agência Brasil, Agência FAPESP, Alana Gandra, André Juliano, EMBRAPA, Ronaldo G. Huhn, Redação Amazonia, Universidade de Göttingen;

FOTOGRAFIAS

Agência Brasil, Agência FAPESP, Agência Santarém, Agricultural and Forest Meteorology (2025), Bruno Batista/VPR, Bruno Garcia Lulze, ChatGPT, Danny Skilton, Dick Cubert/Wikimedia Commons, EMBRAPA/Monitoramento por Satélite, Esri, Foin, Fundação Banco do Brasil, Getty, Getty Images, IISD/ENB, Instituto de Pesquisa Florestal de Baden-Württemberg (FVA), Joe Raedle via Getty Images, Joshua Birchall, Live Science, Martin Maier, Michel Chaves, Nasa, Nature, Neto Lucena/Secom Sudam, OMM, Ohanhan et al. Nature 2025, Paz Arando no Unsplash, Polícia Federal, Rja/Sbe-unsplash, Romário Cunha/VPR, Ronay Vieira/Norte Energia, Science Advances, Sr. Banyat Manakjap via Getty Images, Starmus, Universidades e Institutos de Pesquisa, Universidade da Califórnia-Irvine, Universidade de Göttingen, Universidade Livre de Amsterdã, Unsplash, Usina Hidrelétrica de Belo Monte, Virginia Tec, Win McNamee via Getty Images;

EDITORIAÇÃO

ELETRÔNICA

Editora Cifros SS LTDA

Para receber edições da Revista Amazonia gratuita é só entrar no grupo www.whatsapp.com/channel/01234567890123456789 ou apontar para o QR Code



DESKTOP

Gilson Magno

NOSSA CAPA

Barco encalhado na praia do Maracanã, em Santarém (PA), em 14 de outubro de 2023
Foto: Judison Godinho de Sousa





Nuvem de tempestade formada pelo calor de incêndios florestais (pirocumulonimbo) sobre o estado de Victoria, na Austrália, vista de um voo comercial em 4 de janeiro de 2020, durante a temporada de incêndios do verão de 2019 e 2020.

Não haverá um novo normal no clima, e adaptar-se é urgente

Pesquisadores australianos argumentam que o aquecimento global não vai se acomodar em um patamar previsível e que o passado deixou de servir de guia para os extremos. Na Amazônia, as secas recordes de 2023 e 2024 mostram o tamanho da tarefa.



Fotos: Merrin Macleod · Tiago da Mota e Silva · União Europeia/Copernicus Sentinel-2

O mundo emitiu em 2025 um recorde de 38,1 bilhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) com a queima de combustíveis fósseis, alta de 1,1% sobre o ano anterior, segundo o Orçamento Global de Carbono, levantamento anual de uma rede internacional de cien-

tistas divulgado em novembro. O que resta de margem para segurar o aquecimento em 1,5 °C, 170 bilhões de toneladas, equivale a cerca de quatro anos de emissões no ritmo atual. “Com as emissões de CO₂ ainda em alta, manter o aquecimento global abaixo de 1,5 °C não é mais plausível”, afirma Pierre

Friedlingstein, da Universidade de Exeter, no Reino Unido, que coordena o estudo.

Para três pesquisadores da Universidade de Adelaide, na Austrália, esse quadro exige abandonar uma ideia confortável. Em artigo publicado em 8 de outubro, o engenheiro ambiental James Hopeward e a geógrafa Melissa

Nurse-Bray, ambos professores associados, e o diretor do Instituto de Meio Ambiente da universidade, Andrew Lowe, sustentam que é inútil esperar que o clima se acomode em um “novo normal”, expressão que se tornou comum para descrever enchentes, ondas de calor e incêndios cada vez mais severos.

“Ultrapassar o limite de 1,5 °C não é como passar de um estado para outro”, escrevem. Como as emissões ainda não atingiram o pico, haverá mais calor, mais mudança e mais incerteza. Os autores lembram que a Avaliação Nacional de Risco Climático da Austrália, publicada em 2025, descreve futuros muito diferentes a 1,5 °C, 2 °C e 3 °C de aquecimento. “Pensar em qualquer um desses futuros como um novo normal leva a um perigoso mal-entendido sobre o risco futuro”, afirmam.

Na meteorologia, normal tem definição precisa. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) calcula as normais climatoló-

gicas como médias de 30 anos, e o período de referência em vigor vai de 1991 a 2020. O clima, explicam os pesquisadores, é a impressão digital estatística do tempo ao longo dessas três décadas, do dia típico aos extremos raros. Para muitos fenômenos, porém, não há séries longas e confiáveis. Por isso, eventos chamados de inéditos às vezes estão dentro da variação natural de antes da era industrial, apenas fora do alcance dos registros. Na avaliação do grupo, a humanidade está deixando o velho normal sem dados suficientes para entender o que fica para trás.

Também não se deve esperar uma mudança gradual e previsível, com dias um pouco mais quentes e secas um pouco mais longas. Segundo os autores, surgirão extremos novos e combinações novas, como a passagem brusca da seca para a enchente e as nuvens de tempestade formadas pelo calor de grandes incêndios florestais, os pirocumulonimbos, fenômenos que eram praticamente desconhe-

cidos poucas décadas atrás.

O sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), de 2021, dá a medida. Um pico de calor que, entre 1850 e 1900, acontecia uma vez a cada 10 anos já ocorre 2,8 vezes mais, com o aquecimento de cerca de 1 °C registrado até agora. A 1,5 °C, passa a ocorrer 4,1 vezes mais; a 2 °C, 5,6 vezes; a 4 °C, 9,4 vezes. Para o calor extremo que vinha uma vez a cada 50 anos, o aumento a 4 °C chega a 39 vezes. As chuvas mais intensas de um dia ficam cerca de 7% mais fortes a cada grau de aquecimento. Em 2024, ano mais quente já registrado, a temperatura média global ficou cerca de 1,55 °C acima do nível pré-industrial, segundo a OMM.

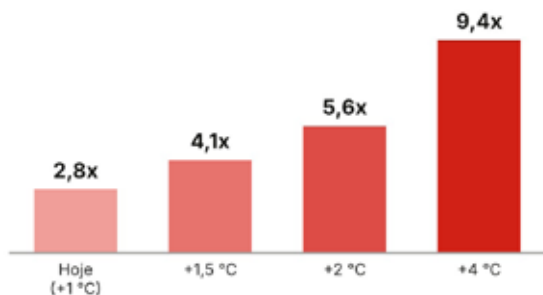
Diante disso, dizem os pesquisadores de Adelaide, não é mais possível tirar a média de 30 anos de extremos passados e projetá-la para o futuro. O risco, acrescentam, já vinha crescendo mesmo sem a mudança do clima,

Os extremos deixam de ser raros

Quantas vezes mais frequente fica um evento extremo da era pré-industrial (1850 a 1900), conforme o nível de aquecimento global

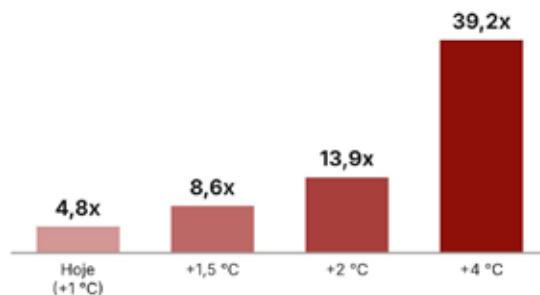
Calor extremo

evento que ocorria 1 vez a cada 10 anos



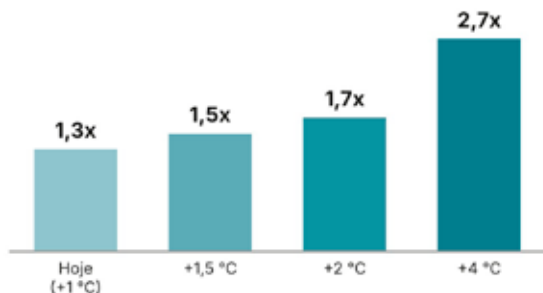
Calor extremo raro

evento que ocorria 1 vez a cada 50 anos



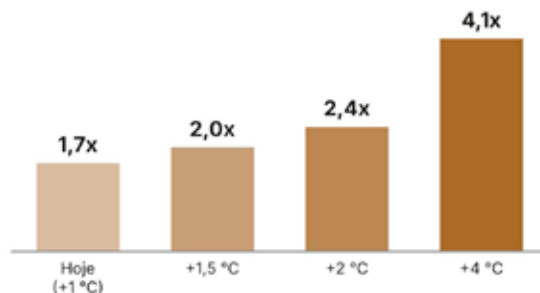
Chuva forte em um dia

evento que ocorria 1 vez a cada 10 anos



Seca agrícola e ecológica

evento que ocorria 1 vez a cada 10 anos



Valores medianos das projeções dos modelos climáticos, sobre os continentes. Seca: 17 regiões do mundo onde o solo tende a ficar mais seco.

Quantas vezes mais frequentes ficam os eventos extremos que, entre 1850 e 1900, ocorriam uma vez a cada 10 ou 50 anos, conforme o nível de aquecimento global. Os números são as medianas das projeções do sexto relatório de avaliação do IPCC.

Porto flutuante no bairro do Tarumã, em Manaus, durante a seca de 2023. Ao fundo, um banco de areia ocupa o lugar onde antes havia rio.



por causa da expansão de cidades, estradas e lavouras. Uma ressaca costeira dentro da faixa histórica atinge hoje mais pessoas, casas e negócios do que há 50 anos, porque há mais gente morando no litoral. Uma onda de calor, uma seca ou um incêndio florestal encontram habitats mais fragmentados e degradados, o que dificulta a fuga dos animais. Nesse cenário, a mudança climática funciona como multiplicadora de riscos.

A Amazônia viveu esse salto em dois anos seguidos. Em outubro de 2023, o rio Negro desceu a 12,70 metros no porto de Manaus, o nível mais baixo da série histórica, segundo boletim do Serviço Geológico do Brasil (SGB). A marca anterior, de 13,63 metros, era de 2010. O recorde durou um ano. Em outubro de 2024, o rio ficou ainda mais baixo, pouco acima dos 12 metros, o menor nível em mais de 120 anos de medições.

No ranking das 10 menores cotas do rio Negro em Manaus publicado pelo SGB em novembro de 2024, quatro são deste século: 2024, 2023, 2010 e 2005.

O Brasil tenta responder com planejamento. Em dezembro de 2025, o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) aprovou o Plano Clima, que orienta a política climática do país até 2035. A parte de adaptação reúne a Estratégia Nacional de Adaptação e 16 planos setoriais, entre eles os de cidades, saúde, recursos hídricos, agricultura e pecuária, povos indígenas, oceano e zona costeira e redução e gestão de riscos e desastres, com 312 metas e mais de 800 ações.

Nas cidades, onde vive 80% da população da Amazônia brasileira segundo o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR), o trabalho é local.

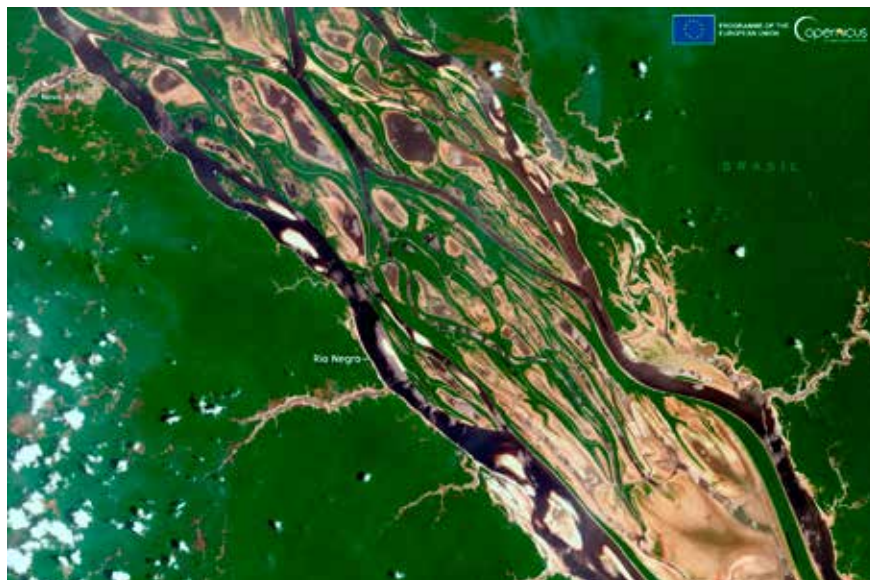


Imagem do satélite Sentinel-2 de 11 de outubro de 2024 mostra os bancos de areia expostos no rio Negro, na região de Novo Airão e do arquipélago de Anavilhanas, no Amazonas, durante a seca que levou o rio ao menor nível já medido em Manaus.

Belém fez em 2024, com apoio do UNDRR, um diagnóstico de resiliência a desastres que deu início ao Plano Municipal de Redução de Riscos de Desastres. Em julho deste ano, representantes de 35 órgãos municipais, estaduais e federais começaram a montar o Plano Municipal de Enfrentamento ao Super El Niño 2026-2027 e um protocolo de alerta para calor extremo. O plano tem três eixos: mitigação e adaptação, resiliência urbana e infraestrutura, e comunicação e governança. Prevê melhorias na drenagem, monitoramento permanente do tempo e cuidado prioritário com idosos, crianças, gestantes, doentes crônicos, trabalhadores

ao ar livre, ribeirinhos e pessoas em situação de rua.

Os pesquisadores australianos rejeitam a escolha entre cortar emissões e se adaptar. “É um erro focar apenas em reduzir emissões ou apenas em se adaptar a um mundo mais quente: precisamos das duas coisas”, escrevem. “A adaptação será mais fácil se limitarmos o aquecimento futuro.” Eles reconhecem o medo, o luto e a raiva que a crise provoca, mas lembram que o Homo sapiens se adapta a ameaças há milênios. A condição, concluem, é largar a ideia de normalidade. “Não podemos mais olhar para o passado para prever o clima futuro. Não sabemos o que está por vir.”

Oceano

mais quente muda as marés, e a ciência corre para prevê-las

Estudo da Universidade Nacional da Austrália mostra que ondas escondidas no interior do oceano freiam ou impulsionam as marés, efeito que os modelos globais ignoravam. A descoberta chega quando o aquecimento e a estratificação dos mares já alteram o sobe e desce da água no litoral.



Maré baixa no Parque Provincial Hopewell Rocks, na Baía de Fundy, Canadá. Visitantes caminham no leito que fica coberto pela água na maré alta; a ressonância da baía faz a amplitude chegar a 16 metros.



Ondas internas no Estreito de Lombok, entre as ilhas de Bali e Lombok, na Indonésia, reveladas pelo reflexo do sol na superfície em imagem do satélite Aqua, de novembro de 2016. Elas se formam quando o fluxo da maré passa sobre o fundo acidentado do estreito.

Fotos: Reefpix, Mhsheikholslami, Jeff Schmaltz/Nasa, Alex Proimos e JKB fotos

Na costa de Kimberley, no oeste da Austrália, a diferença entre a maré alta e a baixa pode passar de 10 metros, a altura aproximada de um prédio de três andares. Em outros pontos do planeta, o mar quase não sobe nem desce. Explicar essa diferença, e antecipar como ela vai mudar num oceano mais quente, é o trabalho dos oceanógrafos Luwei Yang e Callum Shakespeare, da Escola de Pesquisa em Ciências da Terra da Universidade Nacional da Austrália (ANU), em Canberra.

Em estudo publicado em julho na revista científica *Geophysical Research Letters*, da União Americana de Geofísica (AGU, na sigla em inglês), os dois pesquisadores, ao lado do oceanógrafo Brian Arbic, da Universidade de Michigan, nos Estados Unidos, identificaram um processo físico que os modelos globais de maré vinham deixando de fora. Ao incluí-los nos cálculos, o grupo conseguiu reproduzir a

energia das marés observadas mesmo em simulações de baixa resolução, bem mais baratas em tempo de computador.

O ponto de partida é conhecido. A Lua e o Sol produzem as marés pela atração gravitacional. O Sol tem muito mais massa, mas a Lua está bem mais perto e, por isso, exerce a influência maior sobre as marés oceânicas. A força da Lua é mais intensa no lado da Terra voltado para ela e mais fraca no lado oposto. Essa diferença estica tanto a rocha quanto a água, mas, como a água se move com mais liberdade, o efeito aparece sobretudo no oceano.

No modelo simplificado, formam-se duas protuberâncias de água: uma do lado voltado para a Lua e outra do lado oposto, porque a Lua puxa o centro da Terra com mais força do que puxa a água mais distante. Com a rotação do planeta, cada lugar entra e sai dessas regiões, o que explica por que muitas localidades

têm duas marés altas e duas baixas por dia. Quando Sol, Lua e Terra se alinham, os efeitos se somam e produzem as marés de sizígia, mais amplas. Quando Sol e Lua formam um ângulo reto vistos da Terra, os efeitos se anulam em parte, e vêm as marés de quadratura, mais fracas.

As marés medidas por marégrafos e satélites, porém, pouco lembram esse desenho. Os continentes interrompem os oceanos, e a água passa a oscilar dentro das bacias. Em muitas delas, a maré gira em torno de pontos onde a subida e a descida são quase nulas, chamados pontos anfidrômicos. Quanto mais longe deles, maior tende a ser a amplitude.

A geografia do litoral pode ampliar ainda mais o fenômeno, por ressonância. Cada baía tem um ritmo natural de oscilação, definido por sua forma e profundidade. Quando esse ritmo coincide com o da maré local, um movimento reforça o seguinte. A ressonância ajuda

Horizontal Falls, na costa de Kimberley, no oeste da Austrália. A água da maré se espreme entre falésias numa região onde a diferença entre maré alta e baixa pode passar de 10 metros.



Lakes Entrance, no estado australiano de Vitória, onde mudanças na amplitude da maré foram a principal causa do aumento das inundações costeiras.

a explicar as marés excepcionais de Kimberley e da Baía de Fundy, no Canadá, onde a amplitude pode chegar a 16 metros.

O relevo submarino também interfere. Quando a maré passa sobre fundo acidentado, com montanhas e cordilheiras submersas, parte de sua energia se converte em ondas dentro do próprio oceano, entre camadas de água de densidades diferentes. São as marés internas. O fundo complexo do arquipélago da Indonésia, por exemplo, gera marés internas intensas. Quando essas ondas quebram, misturam a água do oceano e ajudam a distribuir calor e nutrientes.

Algumas marés internas se dissipam perto de onde nascem; outras viajam milhares de quilômetros e, no caminho, exercem forças sobre a maré da superfície. Dependendo do momento em que atuam, essas forças se comportam como um freio, que retira energia da maré, ou como uma mola, que absorve energia numa parte do ciclo e a devolve mais tarde. “A maioria dos modelos de maré ignora esse efeito de mola”, afirmam Yang e Shakespeare.

No artigo, os autores mostram que os modelos globais erram de forma sistemática a energia das marés porque consideram apenas a geração das ondas internas e deixam de lado as tensões que elas exercem ao se propagar. Essas tensões podem estar fora de fase com o fluxo da maré e alterar sua amplitude de modo considerável. Com

**Maré baixa em São Luís,
no Maranhão, deixa à
mostra quilômetros de
planície de lama. Na Baía
de São Marcos, que banha
a cidade, a variação da
maré chega a 7,5 metros.**



elas representadas de forma explícita num modelo global, o grupo obteve simulações coerentes com as observações sem precisar simular diretamente as marés internas, tarefa que consome muito poder computacional.

Segundo os pesquisadores, o avanço pode tornar os modelos mais eficientes e confiáveis tanto para prever as marés futuras quanto para reconstruir as do passado.

Isaac Newton explicou as marés pela gravidade em 1687. Mais de três séculos depois, a ciência ainda descobre como elas evoluem num oceano em transformação. As mudanças climáticas elevam o nível do mar e alteram os litorais. Também aquecem as camadas superiores do oceano e o tornam mais estratificado, isto é, com camadas de água cada vez mais distintas entre si em densidade. Tudo isso pode mexer no tamanho das marés, e as medições já indicam que elas estão mudando.

Um estudo de 2024 publicado na revista *Communications Earth & Environment*, assinado por Lana Opel, Michael Schindlegger e Richard Ray, estimou com um modelo oceânico global tridimensional que o fortalecimento da estratificação entre 1993 e 2020 provocou, em mar aberto, tendências da ordem de 0,1 milímetro por ano na principal componente da maré, a lunar semi-

diurna, compatíveis com as mudanças registradas por satélite. As tendências são em sua maioria de queda, sinal de que mais energia passou a ser transferida para as marés internas desde os anos 1990. Na plataforma continental do noroeste da Austrália, a redução chegou a 0,5 milímetro por ano.

Ao mesmo tempo, novos satélites passaram a medir marés em regiões costeiras complexas, antes difíceis de observar do espaço. Em 2024, uma equipe liderada por Michael Hart-Davis, da Universidade Técnica de Munique, analisou dados da missão SWOT (sigla em inglês para Topografia da Água Superficial e do Oceano) em dois trechos de costa, no Reino Unido e nos Estados Unidos. As medições do satélite diferiram de apenas 1,75 a 3 centímetros na amplitude em relação aos mareógrafos instalados no local.

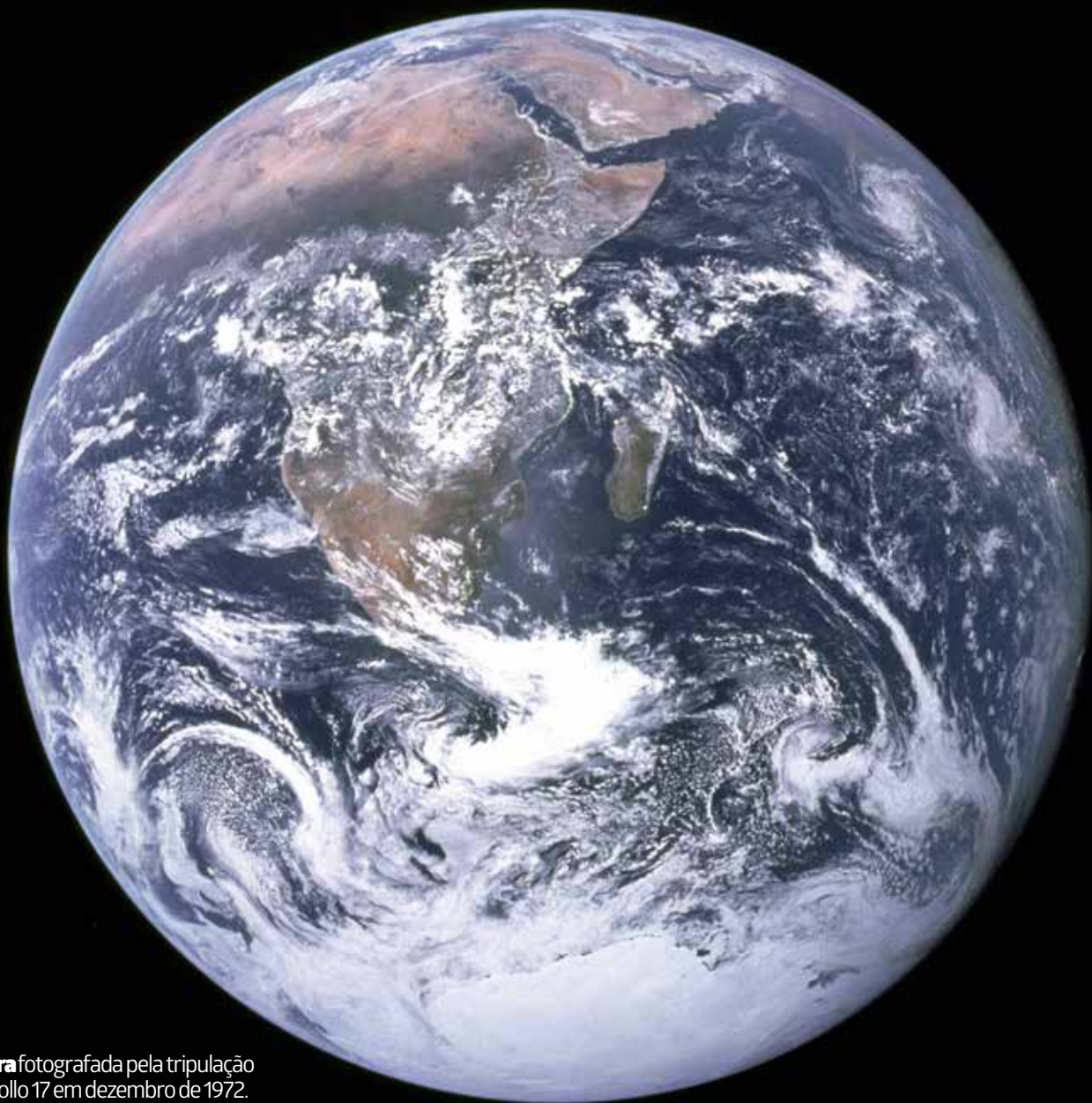
Para as comunidades costeiras, a questão é prática. Em Lakes Entrance, uma das comunidades litorâneas do estado australiano de Vitória mais expostas aos efeitos do clima, as mudanças na amplitude da maré foram a principal causa do aumento das inundações, e a prefeitura local busca 4 milhões de dólares australianos para obras de drenagem, relatam Yang e Shakespeare.

Um estudo de Ben Hague, do Bureau de

Meteorologia da Austrália, e colegas, publicado em 2023 no *Journal of Southern Hemisphere Earth Systems Science*, calculou que 93% dos dias de alagamento costeiro registrados na cidade desde 2009 não teriam ocorrido sem a mudança na amplitude das marés ou a elevação simultânea do nível médio do mar. Segundo os autores, essas mudanças recentes podem estar ligadas a alterações no regime de dragagem do canal.

A costa amazônica conhece de perto o peso das marés. Trabalho do pesquisador Pedro Walfir Martins Souza Filho, da Universidade Federal do Pará (UFPA), publicado em 2005 na *Revista Brasileira de Geofísica*, descreve um regime de macromarés semidiurnas, com variação em torno de quatro metros na Baía do Guajará, em Belém, e de 7,5 metros na Baía de São Marcos, no Maranhão. Essas marés moldam a faixa entre o nordeste do Pará e o noroeste do Maranhão, que reúne 7.591 quilômetros quadrados de manguezais, a maior extensão contínua do ecossistema no planeta e 56,6% dos manguezais do Brasil, segundo o estudo.

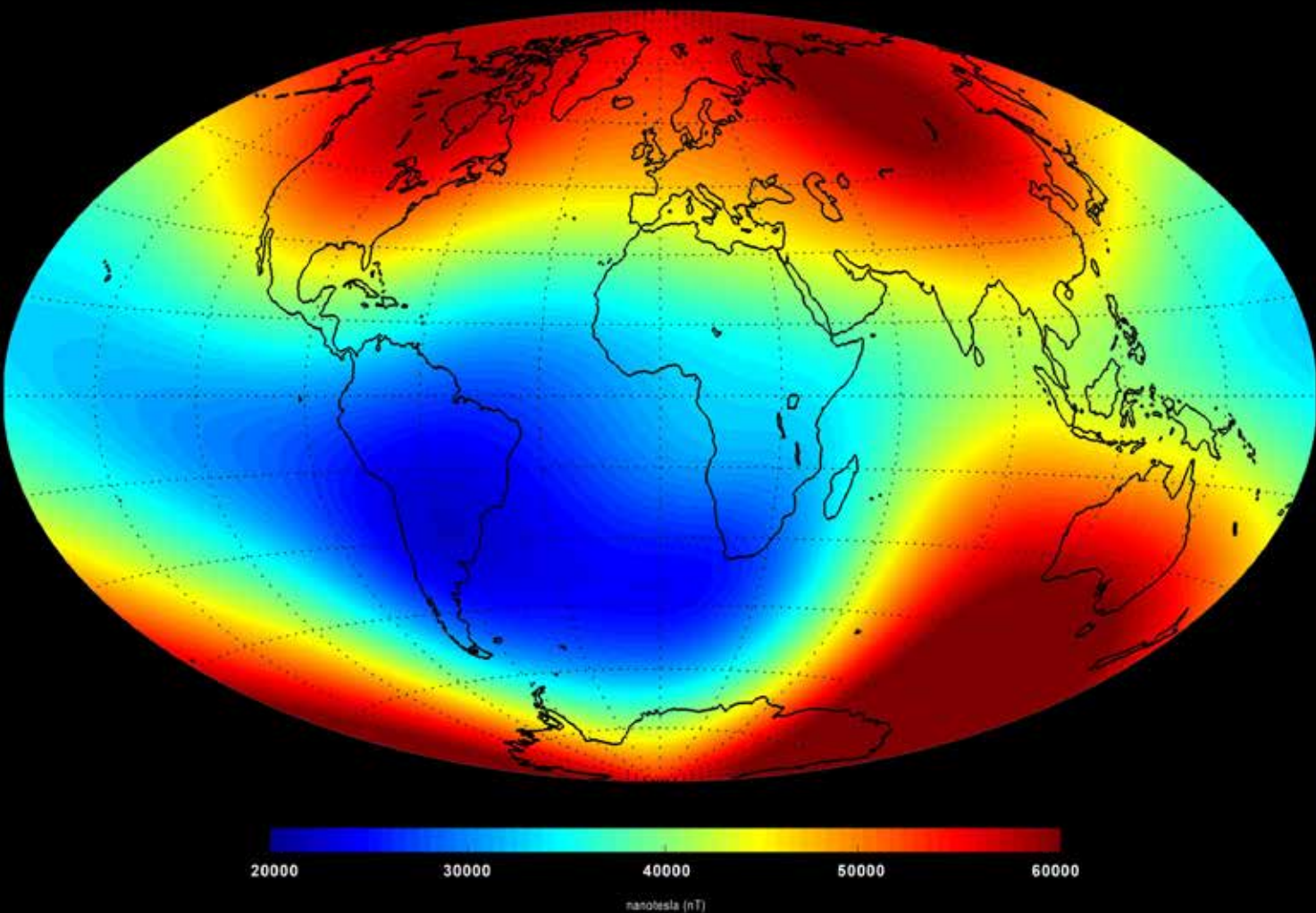
Para Yang e Shakespeare, previsões melhores de como as marés vão mudar podem ajudar comunidades a se preparar para inundações, reduzir danos e planejar com mais segurança a ocupação do litoral.



A Terra fotografada pela tripulação da Apollo 17 em dezembro de 1972. A velocidade com que o planeta gira varia alguns milissegundos ao longo de décadas, por causa de trocas de movimento entre o núcleo e o manto.

Núcleo interno da Terra altera a duração do dia em milissegundos

Estudo de físicos da Universidade de Alberta, publicado na Nature, mostra que um puxão gravitacional da parte sólida e central do planeta faz o dia encurtar e alongar ao longo de décadas, e revela que esse núcleo se deforma em cerca de dez anos



Mapa da intensidade do campo magnético na superfície da Terra em junho de 2014, feito com dados dos satélites Swarm, da Agência Espacial Europeia. Cerca de 95% desse campo vem do núcleo, e suas mudanças ao longo do tempo permitem reconstruir o movimento do metal líquido lá embaixo.

Fotos: Nasa, ESA / DTU Space e Oak Ridge Leadership Computing Facility

O dia não tem sempre exatas 24 horas. Medida com a precisão dos físicos, a duração do dia oscila alguns milissegundos para mais ou para menos em ciclos que se estendem por décadas. Entre 1964 e 2019, período analisado em um novo estudo, essas variações formaram uma onda longa, com duração aproximada de 60 a 70 anos.

Há cerca de 30 anos os cientistas sabem que a origem dessas flutuações está no interior do planeta, numa troca de movimento entre o núcleo e o manto. O que ninguém conseguia explicar era o mecanismo dessa troca. A resposta proposta agora vem de dois físicos da Universidade de Alberta, no Canadá, o doutorando Huifeng Zhang e o professor Mathieu Dumbrery, em artigo publicado em 23 de setembro de 2026 na revista científica Nature.

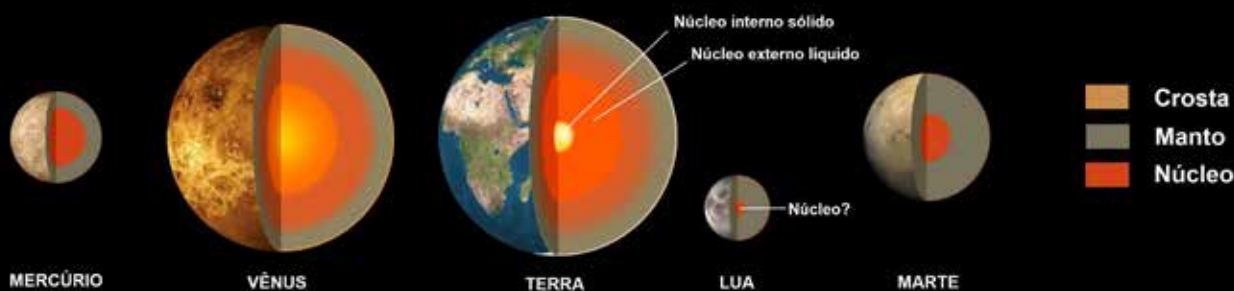
O ponto de partida é uma regra básica da física. O planeta precisa conservar a quantidade total de rotação, o chamado momento angular. O núcleo externo, de ferro líquido, gira ora mais depressa, ora mais devagar, variações que os pesquisadores detectam pelas mudanças no campo magnético terrestre. Quando ele acelera, o manto, a camada rochosa de cerca de 3.000 quilômetros de espessura que inclui a crosta onde vivemos, desacelera para compensar, e vice-versa. É essa mudança na velocidade do manto que encurta ou alonga o dia.

Zhang e Dumbrery mostram que o motor principal dessa troca está no núcleo interno, a esfera sólida no centro da Terra, que não é perfeitamente redonda. Pequenas mudanças na rotação desse núcleo, que gira de forma levemente diferente do restante do planeta, exercem um puxão gravitacional, chamado

torque gravitacional, sobre regiões do manto com excesso ou falta de massa. O efeito é uma leve flutuação na duração do dia.

Os autores usaram uma reconstrução da rotação do núcleo interno feita a partir de ondas de terremotos, desenvolvida por outros sismólogos. Nesse modelo, o núcleo interno oscila cerca de 2,35 graus em relação ao manto, num ciclo de aproximadamente 70 anos, e inverteu o sentido do seu giro relativo por volta de 2010, resultado confirmado por outros estudos. Com esses dados, o torque gravitacional calculado pela dupla reproduz tanto o tamanho quanto o ritmo das variações observadas no dia.

Existe ainda uma força contrária. Na fronteira entre o núcleo e o manto, o metal líquido em movimento gera atrito e arrasto eletromagnético sobre as rochas, o torque da fronteira núcleo-manto. Segundo o estudo,



Corte esquemático dos planetas rochosos do Sistema Solar. Na Terra, ao centro, aparecem o núcleo interno sólido e o núcleo externo líquido, cuja interação com o manto regula pequenas variações na rotação do planeta.

essa força resiste ao puxão gravitacional e limita o tamanho das mudanças. As pequenas diferenças no equilíbrio entre os dois torques são, em última análise, as responsáveis pelas variações observadas na duração do dia.

Os cálculos indicam um padrão que se repete na escala de décadas. Por cerca de 35 anos, em torno de 1967, os fluxos de metal líquido perto do núcleo interno corriam mais para oeste do que a média, enquanto os da região externa do núcleo seguiam para leste. Nos 35 anos seguintes, centrados em 2002, a situação se inverteu. Se essa estrutura é periódica ou se reflete só as últimas sete décadas, os autores afirmam que ainda não se sabe.

Além de responder a uma pergunta antiga, o trabalho ilumina as profundezas do planeta. Para que os números fechem,

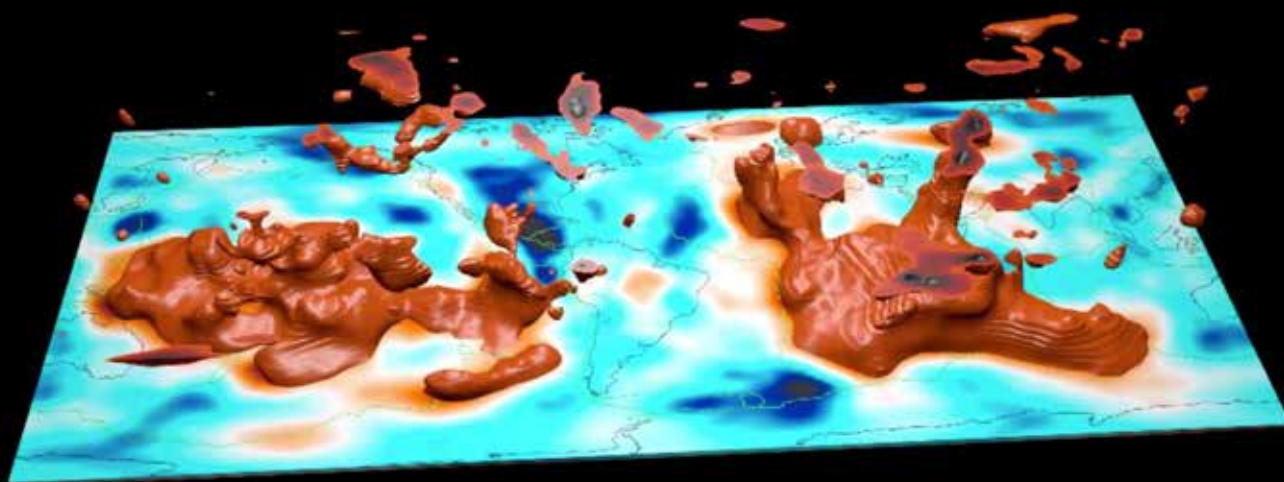
o núcleo interno precisa se deformar de modo viscoso, como um material muito espesso que cede lentamente, numa escala de tempo de cerca de dez anos. O valor está de acordo com estimativas recentes baseadas em experimentos de laboratório e em simulações de computador.

O estudo também traz pistas sobre a base do manto, a quase 2.900 quilômetros de profundidade. Os resultados são compatíveis com a existência de grandes massas de material quimicamente distinto nessa região, com densidade próxima à das rochas ao redor, e com uma camada fina, de cerca de dois quilômetros, enriquecida em ferro e boa condutora de eletricidade, logo acima do núcleo.

Zhang e Dumberry ressaltam que os valores obtidos dependem da precisão dos modelos de rotação do núcleo interno e de

fluxos do núcleo usados como base, e que os parâmetros podem variar em até 30% conforme o modelo escolhido. O estudo explica as oscilações longas, de várias décadas. As variações mais curtas, de 10 a 30 anos, provavelmente são comandadas pelas forças na fronteira entre núcleo e manto, e ainda pedem modelos mais refinados.

Para quem acerta o relógio pelo celular, nada muda. Para a geofísica, porém, entender por que o dia varia alguns milissegundos é uma forma de enxergar regiões que nenhum instrumento alcança diretamente. “Nosso estudo contribui para pôr em foco um retrato emergente das regiões mais profundas do nosso planeta”, escrevem os autores. A pesquisa teve apoio do Conselho de Pesquisa em Ciências Naturais e Engenharia do Canadá (NSERC).



Modelo tridimensional GLAD-M25, construído com dados de cerca de 1.500 terremotos pela equipe do sismólogo Jeroen Tromp, da Universidade de Princeton. Em vermelho, regiões do manto onde as ondas sísmicas se propagam mais devagar.

min dlnV_{sv} (2%) max



Barco encalhado na praia do Maracanã, em Santarém (PA), em 14 de outubro de 2023, durante a seca severa que atingiu a Amazônia. Ao fundo, balsas enfileiradas servem de porto improvisado.

Pacífico e Atlântico avisam calor extremo na Amazônia até sete meses antes

Estudo com dados de 1950 a 2023 mostra que o aquecimento do Pacífico, na fase de El Niño, e do Atlântico tropical antecede ondas de calor na bacia, sobretudo entre março e maio. Prever calor somado à seca, porém, ainda depende de sinais mais próximos do evento.



Fotos: Judison Godinho de Sousa · Nasa

O calor extremo que atinge a Amazônia entre março e maio costuma ser anunciado pelo oceano com até sete meses de antecedência. Quando as águas do Pacífico equatorial esquentam, na fase de El Niño, ou quando partes do Atlântico tropical ficam mais quentes que o normal,

cresce a chance de a bacia registrar, meses depois, temperaturas no topo da escala histórica.

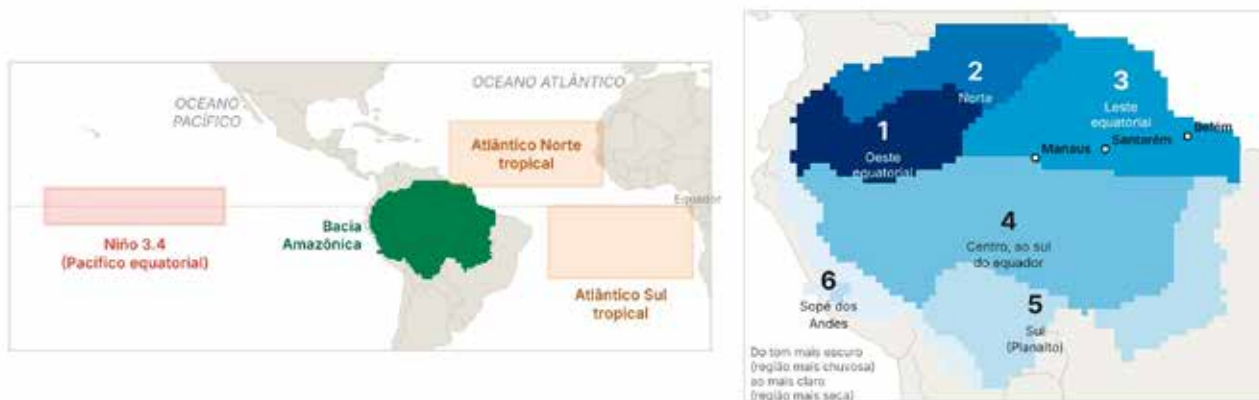
A conclusão é de um estudo publicado em 27 de agosto na revista *Earth's Future*, da União Americana de Geofísica (AGU). O trabalho reúne cinco pesquisadores do Centro de Excelência para o Tempo do Século 21,

financiado pelo Conselho Australiano de Pesquisa (ARC), com vínculos na Universidade de Nova Gales do Sul (UNSW), na Universidade Nacional Australiana e na Universidade de Melbourne, e o pesquisador Lincoln Muniz Alves, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). A autora principal é a cientista



Os oceanos que avisam o calor na Amazônia

Áreas oceânicas monitoradas pelo estudo (à esquerda) e as seis regiões climáticas em que a bacia foi dividida (à direita)



À esquerda, as áreas oceânicas cujas temperaturas o estudo acompanhou: o Niño 3.4, no Pacífico equatorial, e as faixas tropicais do Atlântico Norte e do Atlântico Sul. À direita, as seis regiões climáticas da bacia. O norte do Pará fica na região 3; o sul e o sudeste, na região 4.

Onde e quando o oceano ajuda a prever calor com seca

Parcela das 4.096 combinações de índices climáticos (medidos de zero a sete meses antes) que passaram no teste de acerto ao prever os meses de calor extremo com seca, dados de 1950 a 2023

Região climática →	1 Oeste equatorial	2 Norte	3 Leste equatorial	4 Centro, ao sul do equador	5 Sul (Planalto)	6 Sopé dos Andes
Dezembro a fevereiro	59%	79%	5%	0%	19%	13%
Março a maio	0%	24%	33%	81%	40%	8%
Junho a agosto	5%	0%	9%	13%	7%	0%
Setembro a novembro	24%	14%	33%	6%	36%	0%

Quanto mais escura a célula, mais combinações de sinais funcionaram. Março a maio no centro e dezembro a fevereiro no norte lideram; junho a agosto é a pior época.

Parcela das combinações de índices climáticos que passaram no teste de acerto ao prever meses de calor extremo com seca, por região e estação. O aviso funciona melhor de março a maio no centro da bacia e de dezembro a fevereiro no norte; de junho a agosto, quase nada funciona.

Sanaa Hobeichi, da UNSW.

A equipe dividiu a bacia em seis regiões de clima semelhante, da mais chuvosa, no oeste equatorial, junto às encostas úmidas dos Andes, à mais seca e fria, no sopé andino protegido da chuva. Para cada uma, comparou a temperatura e a chuva mensais de 1950 a 2023 com quatro indicadores do clima glo-

bal: a temperatura da superfície do mar no Pacífico central, na área chamada Niño 3.4, no Atlântico Norte tropical e no Atlântico Sul tropical, além da Oscilação do Atlântico Norte (NAO), um padrão de pressão atmosférica. Cada indicador foi medido no mesmo mês e em até sete meses antes da estação analisada, o que somou 1.536 relações testadas.

A ferramenta escolhida foram as cópulas, modelos estatísticos que não se limitam a verificar se duas variáveis sobem e descem juntas. Elas testam se os valores extremos de uma coincidem com os valores extremos da outra, ou seja, se um oceano excepcionalmente quente costuma vir antes de um calor excepcional na floresta.

Encontro do rio Tapajós com o Amazonas, junto a Santarém (PA), em 23 de outubro de 2024, visto pelo sensor Modis do satélite Aqua. As manchas azul-claras ao redor do Amazonas são águas muito rasas em áreas que nessa época costumam estar alagadas.



Na maior parte dos casos, a resposta foi sim para o calor. Fases positivas do El Niño-Oscilação Sul (ENSO, na sigla em inglês) e do Atlântico tropical elevaram a probabilidade de calor extremo, e essa ligação apareceu com mais frequência e em área maior do que a ligação entre oceano frio e frio extremo. O sinal mais persistente surgiu entre março e maio, quando o calor extremo em grande parte da bacia seguiu anomalias positivas registradas até sete meses antes. De setembro a novembro, o calor veio depois do aquecimento do Atlântico Norte tropical. De dezembro a fevereiro, acompanhou o aquecimento recente do Atlântico Sul tropical em toda a bacia, e o El Niño apareceu com mais antecedência no sul amazônico e no sopé dos Andes. A NAO não mostrou relação significativa com a temperatura em nenhuma região ou estação.

“Os principais mecanismos que afetam a bacia amazônica e estão ligados aos oceanos Pacífico e Atlântico já são bem conhecidos na escala das médias sazonais”, afirma a professora associada Andréa Taschetto, da UNSW, coautora do artigo. “Mas, neste estu-

do, técnicas de aprendizado de máquina nos permitiram examinar a relação com eventos extremos compostos, o que é muito mais difícil. É bastante surpreendente que os extremos de calor estejam ligados a condições nos oceanos Pacífico e Atlântico tropical observadas com até sete meses de antecedência.”

O caminho físico é descrito no próprio artigo. Durante o El Niño, o aquecimento do Pacífico leste enfraquece os ventos alísios e desloca a circulação de Walker, a grande célula de ar que liga os dois lados do oceano. Sobre o norte da América do Sul, o ar passa a descer em vez de subir, o que inibe a formação de nuvens. Entra mais sol, o solo perde umidade e a temperatura dispara. Meses depois, o próprio El Niño ajuda a aquecer o Atlântico Norte tropical, que segura a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), faixa de nuvens responsável por boa parte das chuvas, mais ao norte do que o habitual e reduz as chuvas na Amazônia e no Nordeste. Os autores lembram que as secas de 1926, 1983, 1998 e 2016 foram associadas a El Niños fortes, enquanto a de 2005 esteve ligada ao aquecimento do Atlântico Norte.

Com a chuva, a história é outra. A ligação entre os índices oceânicos e os extremos de precipitação foi fraca e aparece só em pontos isolados. Segundo o estudo, a chuva nos trópicos varia muito mais que a temperatura e depende de sistemas de tempo regionais, da umidade do solo e das trocas entre a floresta e a atmosfera.

A segunda etapa testou se os sinais servem para prever os meses em que calor extremo e seca acontecem ao mesmo tempo. Para isso, os pesquisadores treinaram modelos de aprendizado de máquina do tipo floresta aleatória com 4.096 combinações dos quatro índices, em defasagens de zero a sete meses, para cada região e estação. Um modelo era considerado útil se detectasse pelo menos metade dos eventos observados sem gerar alarmes falsos em excesso. Os melhores resultados vieram da região central, ao sul do equador, de março a maio, com 81% das combinações aprovadas, e do norte da bacia, a oeste do planalto das Guianas, de dezembro a fevereiro, com 79%. Junho a agosto foi o período de pior desempenho, e o sopé dos Andes quase não teve combinações úteis. O índice do Pacífico

foi o mais importante em metade das 24 combinações de região e estação.

Os autores fazem uma ressalva importante. Os modelos de melhor desempenho quase sempre incluíam um índice medido no próprio mês do evento, e só em poucos casos o aviso funcionou com um ou dois meses de antecedência. A relação de sete meses é, portanto, um sinal precursor do calor extremo, e não a prova de que episódios de calor com seca já possam ser previstos com essa folga.

“O aprendizado de máquina nos ajudou a identificar quais sinais climáticos são mais promissores para antecipar extremos de calor e seca”, diz Hobeichi. “O ENSO em geral forneceu a informação preditiva mais forte, mas os modos climáticos do Atlântico foram mais informativos em algumas regiões e estações. Igualmente importante, a análise mostrou onde esses sinais sozinhos não bastam.”

Pelo mapa de regiões do estudo, o Pará se divide entre as duas áreas em que os resultados mais interessam. O norte do estado, de Belém a Santarém e Óbidos, fica na região leste equatorial, a mais quente da bacia, com média de 27,4 °C entre setembro e novembro. Ali, o índice do Pacífico foi o preditor

mais importante em todas as estações, e o calor extremo de setembro a novembro apareceu ligado ao aquecimento do Atlântico Norte tropical com meses de antecedência. Já o sul e o sudeste paraense, de Itaituba a Marabá, ficam na região central, onde o aviso de março a maio teve o melhor desempenho de toda a análise.

A seca de 2023 mostra o que está em jogo. Naquele ano, a bacia teve as maiores anomalias de temperatura desde 1980 em agosto (1,8 °C acima da média), setembro (2,2 °C) e outubro (2,7 °C), e o rio Negro chegou a 12,70 metros em Manaus em 26 de outubro, o nível mais baixo desde 1902, segundo estudo do pesquisador Jhan-Carlo Espinoza e colegas publicado em 2024 na revista *Scientific Reports*. No Pará, o rio Amazonas em Óbidos atingiu em novembro a menor cota já registrada, de acordo com o Serviço Geológico do Brasil (SGB).

Eventos assim aumentam o risco de incêndios, a mortalidade de árvores e as ameaças à saúde, à produção de alimentos e ao abastecimento de água. Também enfraquecem a capacidade da floresta de absorver gás carbônico. O artigo lembra que o desmatamento

pode prolongar os períodos secos e elevar as temperaturas, o que torna a combinação ainda mais perigosa.

O trabalho tem limites que os próprios autores apontam. A análise principal usa uma única base de dados observacionais, com poucas estações nas encostas andinas, embora os padrões tenham se mantido quando a equipe repetiu as contas com outra base, a reanálise ERA5. O teste mede uma previsibilidade potencial, feita com estatística, e não o desempenho de um sistema de previsão em operação. Para transformar os sinais em alertas práticos, será preciso incluir informações sobre a umidade do solo, o estado da vegetação e a circulação regional, além de rodar modelos climáticos acoplados.

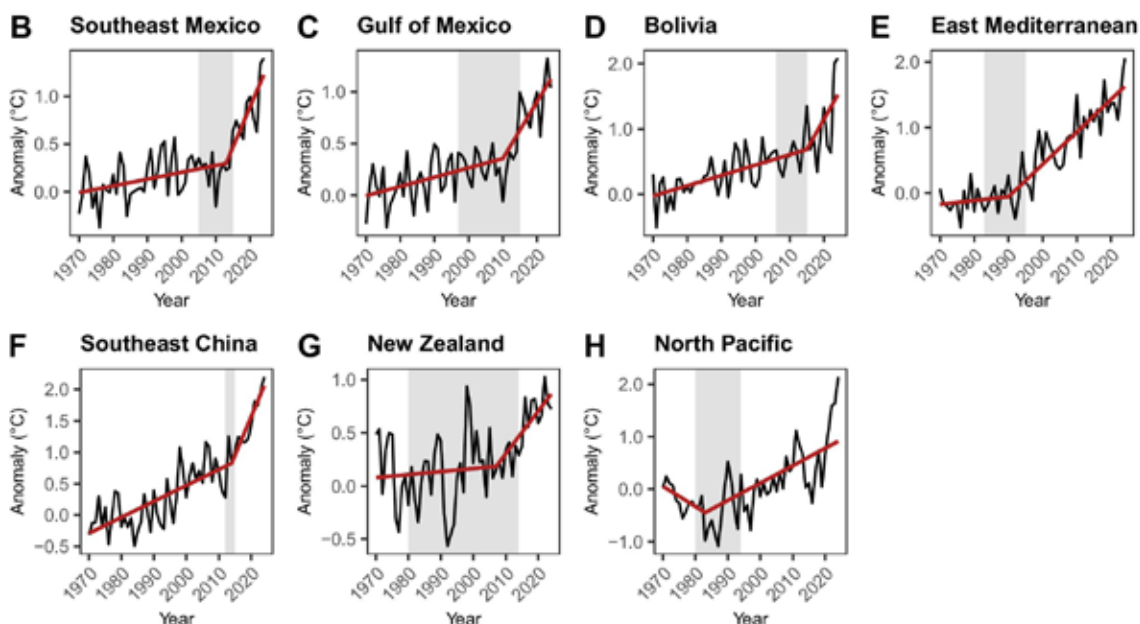
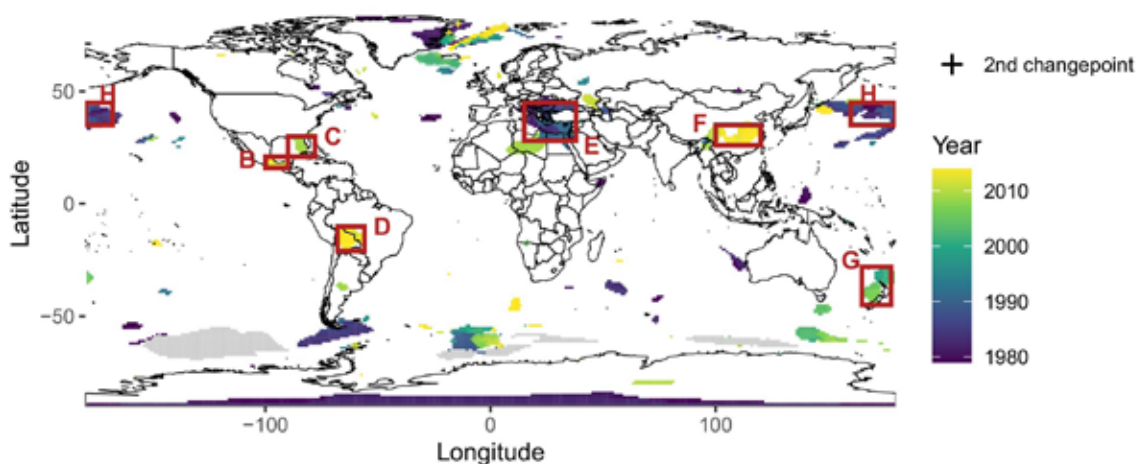
Mesmo assim, o estudo indica onde e quando vale a pena vigiar o Pacífico e o Atlântico para antecipar o risco de calor na Amazônia, e onde os oceanos sozinhos não dão conta. Para governos, comunidades e gestores ambientais, saber com semanas ou meses de folga que um período perigoso se aproxima pode ajudar a preparar o combate ao fogo e a proteção da saúde e do abastecimento de água.



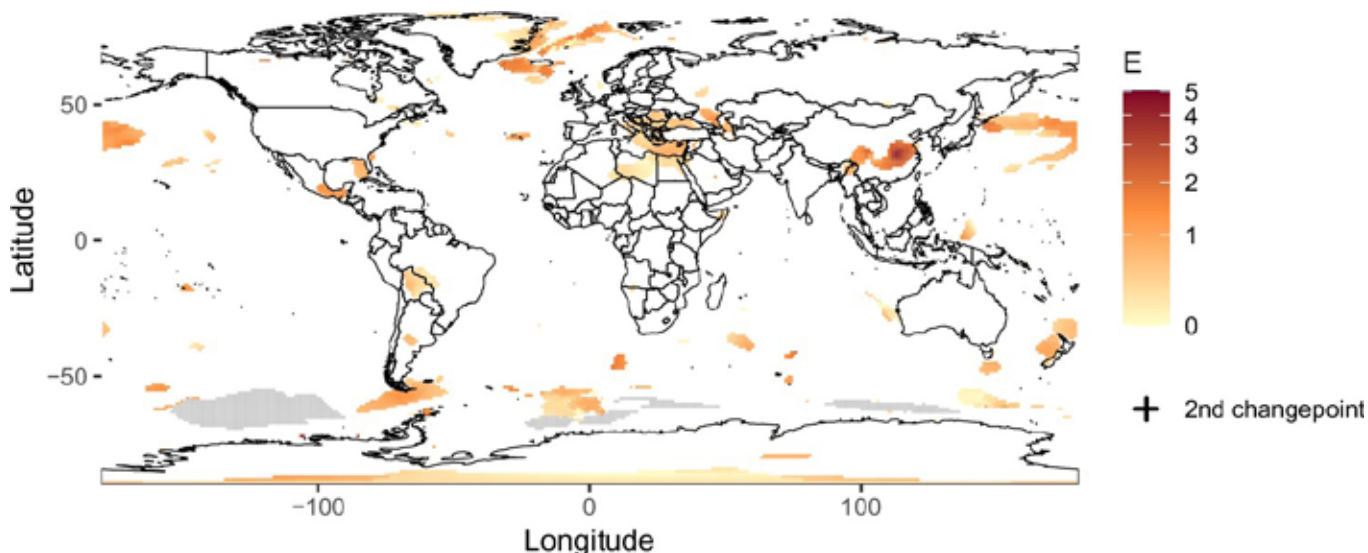
Fumaça de dezenas de queimadas sobre o Amazonas e parte do Pará em 9 de outubro de 2023, em imagem do satélite Terra. Calor e seca combinados aumentam o risco de fogo na floresta.

Aquecimento acelera em ondas e atinge cada região em um tempo

Estudo que analisou cinco bases de temperatura de 1970 a 2024 identifica sete regiões onde o ritmo de aquecimento mudou de patamar, com inícios que vão dos anos 1980 aos 2010. Uma delas, no leste da Bolívia, é o único ponto da América do Sul.



Noalto, o mapa marca as áreas onde o ritmo de aquecimento mudou desde 1970, com a cor indicando a década da mudança; os quadros vermelhos delimitam as sete regiões destacadas. Abaixo, as séries de temperatura de cada uma, com a linha vermelha mostrando a quebra de tendência. O quadro D corresponde à Bolívia.



Força estatística das mudanças no ritmo de aquecimento detectadas desde 1970, pela base Berkeley Earth. Quanto mais escuro o tom, mais nítida a aceleração; o sudeste da China concentra o sinal mais forte do planeta.



Fotos: Beaulieu et al. (2026), Nature Communications

No sudeste do México, a temperatura média passou a subir cerca de dez vezes mais rápido depois de 2012. No sudeste da China, o ritmo quintuplicou a partir de 2013. No leste da Bolívia, a taxa de aquecimento saltou de 0,016 °C para 0,093 °C por ano depois de 2014. Os números estão em um estudo publicado em setembro de 2026 na revista científica Nature Communications, que mapeou onde e quando o aquecimento da superfície do planeta acelerou desde 1970.

O trabalho é assinado por Claudie Beaulieu, professora associada de ciências oceânicas da Universidade da Califórnia em Santa Cruz (UCSC), com Adélia Johnson, também da UCSC, Rebecca Killick, professora de estatística da Universidade Clemson e professora honorária da Universidade de Lancaster, no Reino Unido, e John Lanzante e Thomas Knutson, ligados ao Laboratório de Dinâmica de Fluidos Geofísicos da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA).

“O que quisemos foi oferecer um retrato mais claro, região por região, de onde o aquecimento está de fato acelerando e de quando isso começou”, disse Beaulieu, autora principal. “Nosso estudo mostra que as acelerações regionais surgiram em ondas distintas, com inícios que vão dos anos 1980 aos anos 2010, dependendo da área geográfica.”

A pesquisa entra num debate aberto. Os anos de 2023 e 2024 foram os dois mais quentes desde o início dos registros globais, em 1850, e parte dos cientistas sustenta que o aquecimento global acelerou depois de 2010, em razão da queda na emissão de aerossóis, partículas poluentes que refletem a luz do Sol e esfriam a atmosfera. Outros atribuem o pico principalmente à transição do fenômeno La Niña para o El Niño. Em trabalho anterior, de 2024, parte da mesma equipe concluiu que uma aceleração na média global ainda não era detectável estatisticamente.

Desta vez, o grupo desceu à escala regional. Os pesquisadores reuniram cinco bases de dados de temperatura da superfície, produzidas por NOAA, Agência Espacial dos Estados Unidos (Nasa), Berkeley Earth, pelo Centro Hadley do serviço meteorológico britânico com a Universidade de East Anglia e pelo conjunto DCENT-I, e aplicaram a cada ponto da grade um modelo estatístico de detecção de mudanças de tendência. Entre 4% e 10% das células analisadas mostraram ao menos uma alteração detectável no ritmo de aquecimento no período de 1970 a 2024.

“Ajustar nossos modelos em cada ponto da grade nos permite identificar regiões com comportamento semelhante de aquecimento”, afirmou Killick. “Isso é importante para que as comunidades locais entendam como

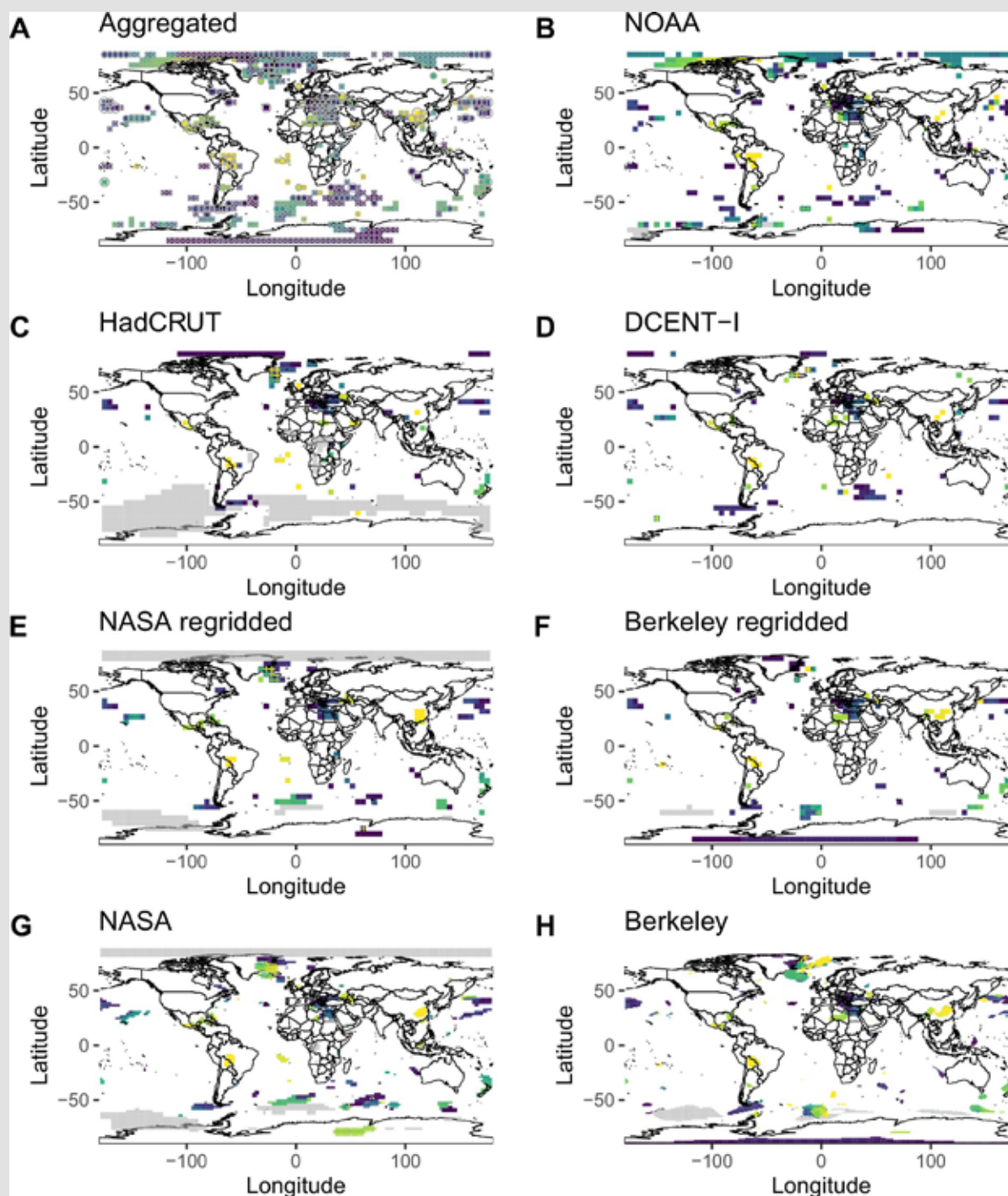
o aumento do aquecimento terá impactos locais.”

As mudanças aparecem sobretudo nas latitudes médias do Hemisfério Norte e, em terra, são na maior parte acelerações. Nos anos 1980 e 1990, o aquecimento ganhou velocidade no Mediterrâneo oriental e no Pacífico Norte. Nos anos 2000, no litoral da Nova Zelândia. Nos anos 2010, no sudeste do México e no Golfo do México, no sudeste da China e na Bolívia. O caso chinês é o mais nítido do ponto de vista estatístico.

O único ponto da América do Sul na lista é o leste da Bolívia. Ali, a mudança foi datada em 2014, e a taxa posterior, de 0,093 °C por ano, equivale a quase 1 °C por década. Os autores ressaltam que o sinal boliviano aparece em quatro das cinco bases, não na DCENT-I, e é o mais difícil de detectar entre os sete.

O estudo não se propõe a explicar a causa de cada aceleração. Os autores apontam, porém, que os casos do México e da China são compatíveis com mudanças nos aerossóis, que têm efeito curto e regional. As emissões chinesas de dióxido de enxofre de usinas a carvão e da indústria caem desde 2007, e o México tem plano de reduzir aerossóis até 2030. Oscilações naturais de longo prazo do Pacífico e do Atlântico também podem pesar, e separar uma coisa da outra exigirá novos trabalhos.

O grupo lembra que regiões com grande



Início das mudanças no ritmo de aquecimento em cada uma das cinco bases de temperatura analisadas, com cores do roxo (anos 1980) ao amarelo (anos 2010). A concordância entre as bases é o que dá confiança às sete regiões destacadas no estudo.

população e baixo desenvolvimento socioeconômico são as mais vulneráveis a um aquecimento acelerado, e que ecossistemas sofrem mais com mudanças rápidas do que com as graduais, porque têm menos tempo para se adaptar.

“Esperamos que este trabalho, ao revelar quando e onde essas acelerações ocorreram no passado, junto com um painel público interativo que permite à população continuar monitorando as taxas locais de

aquecimento clicando em um mapa, ofereça ferramentas e apoio para antecipar melhor os impactos localizados e direcionar esforços para onde são mais necessários”, disse Beaulieu.

Opesquisador Bernardo Strassburg, primeiro autor do estudo sobre áreas prioritárias para restauração, durante o Web Summit Rio 2023, no Rio de Janeiro.



Restaurar ecossistemas enfrenta juntas as crises do clima e da biodiversidade

Estudo liderado por pesquisadores brasileiros e publicado na Nature mostra que recuperar áreas agrícolas nos lugares certos evitaria a maioria das extinções previstas e retiraria da atmosfera quase metade do CO2 acumulado desde a Revolução Industrial



Fotos: Vaughn Ridley/Web Summit Rio, Paul Quast/OVERVIEW e Laíse Barros

Recuperar 30% das terras que foram convertidas em lavoura e pasto, escolhendo as áreas prioritárias e mantendo de pé os ecossistemas naturais que restam, evitaria mais de 70% das extinções projetadas de mamíferos, aves e anfíbios. A mesma restauração poria o planeta no caminho de seques-

trar mais de 465 bilhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), quase metade de todo o aumento desse gás na atmosfera desde a Revolução Industrial.

Os números são do estudo *Global priority areas for ecosystem restoration* (Áreas prioritárias globais para restauração de ecossistemas), publicado em

outubro de 2020 na revista científica *Nature*. O trabalho reúne 27 autores e foi liderado pelo pesquisador Bernardo Strassburg, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e do Instituto Internacional para Sustentabilidade (IIS), com participação de Valerie Kapos e Lera Miles, do

Centro de Monitoramento da Conservação Mundial do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP-WCMC, na sigla em inglês).

Para o UNEP-WCMC, o resultado reforça uma tese que a instituição defende: mudança climática e perda de biodiversidade são crises gêmeas e precisam ser enfrentadas em conjunto. O aquecimento acelerado já afeta a economia, as sociedades e a saúde das pessoas, e empurra muitas espécies e ecossistemas para o declínio. Ao mesmo tempo, proteger

e restaurar a biodiversidade é parte essencial da resposta ao clima.

Os pesquisadores desenvolveram um algoritmo que classifica locais do planeta para restauração segundo três critérios: conservação da biodiversidade, mitigação da mudança climática e custo. O método foi aplicado em 1.200 cenários, cobrindo todos os biomas terrestres. Num cenário mais modesto, com restauração de 15% das terras convertidas em áreas prioritárias, seria possível evitar mais de 60% das extinções esperadas e se-

questrar 299 bilhões de toneladas de CO₂, o equivalente a 30% do aumento do gás na atmosfera desde a Revolução Industrial, ou 14% de todas as emissões do período.

O planejamento faz diferença no bolso. Segundo os autores, a relação entre custo e benefício pode ficar até 13 vezes melhor quando a escolha das áreas é otimizada pelo método multicritério, o que mostra o peso do planejamento espacial em uma escala global.

O estudo também contesta a ideia de que restaurar é sinônimo de plantar floresta. Dos



Imagem do satélite

Landsat 8, de julho de 2016, mostra faixas de floresta convertidas em lavoura e pasto às margens do rio Madeira, na região de Abunã, em Rondônia. A América do Sul tem a maior extensão de terras convertidas identificadas no estudo.

2,87 bilhões de hectares de terras convertidas identificadas, 54% eram originalmente florestas, 25% campos naturais, 14% formações arbustivas, 4% áreas áridas e 2% áreas úmidas. As áreas úmidas têm a maior importância relativa para a biodiversidade, e as florestas, para a mitigação do clima. Quando a meta é reduzir custos, o foco se desloca para ecossistemas áridos e campos. Quando os três objetivos são buscados juntos, todos os biomas contam.

A América do Sul aparece com a maior extensão de terras convertidas, distribuídas de forma relativamente uniforme na metade superior do ranking global de prioridades. O Caribe tem a menor extensão disponível para restauração, mas quase toda ela está entre os 10% de áreas mais prioritárias do mundo.

Para Neville Ash, diretor do UNEP-WCMC, o estudo aponta um caminho de baixo custo. “A restauração de ecossistemas deveria estar no centro dos esforços globais para enfrentar as crises da natureza e do clima, mas precisa ser feita em escala local. A década que temos pela frente é crucial, e este estudo mostra como esforços de restauração priorizados são um meio custo-efetivo de manter o sistema de suporte à vida do planeta”, afirmou.

A abordagem usada na análise já serve de apoio aos países signatários da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) na discussão de metas para o marco global de biodiversidade pós-2020. Para os pesquisadores, planejar a restauração em escala global entrega mais benefícios por hectare recuperado, o que torna a cooperação internacional decisiva.

Trabalhar com a natureza para conservar, manejar e restaurar ecossistemas é o que se convencionou chamar de soluções baseadas na natureza. Segundo o UNEP-WCMC, está entre as formas de melhor custo-benefício para mitigar a mudança climática e para se adaptar a ela. A vantagem sobre obras de infraestrutura é agir nas duas frentes ao mesmo tempo: além de sequestrar e estocar carbono, ecossistemas saudáveis ajudam comunidades a enfrentar os impactos do clima e oferecem outros benefícios. A instituição cita quatro exemplos de ecossistemas em que conservar, manejar e restaurar contribui para as duas metas: turfeiras, florestas, pradarias marinhas e manguezais.

A década de 2021 a 2030 foi declarada pelas Nações Unidas a Década da Restauração de Ecossistemas. Para o UNEP-WCMC, esses dez anos formam uma janela decisiva. O sucesso vai exigir esforços globais coordenados e ações locais que tratem clima e biodiversidade de forma integrada, além de ampliar a escala das soluções baseadas na natureza. Isso depende de informar e capacitar governos, empresas e comunidades para aplicá-las e de seguir reunindo evidências sobre o que de fato funciona.

Manguezal em Ananindeuá, na Região Metropolitana de Belém (PA). Os mangues estão entre os ecossistemas que, conservados ou restaurados, ajudam a conter o aquecimento e a proteger comunidades de seus impactos.

O fundo do mar entra no check-up da saúde do planeta

Relatório internacional dedica pela primeira vez um capítulo ao leito oceânico e mostra como pesca de arrasto, mineração e navegação ameaçam um dos maiores estoques de carbono da Terra

Rede de arrasto de fundo em operação levanta nuvem de sedimentos. A prática mata organismos que vivem no leito marinho e revolve grandes quantidades de sedimento.



Fotos: Open Planet Studios/Silverback Films, CSIRO Marine Research e ROV KIEL 6000/Geomar

A pesca de arrasto de fundo já alcança cerca de 4 mil metros de profundidade e revolve, a cada ano, até 2% de todo o leito oceânico do planeta. O dado está no Planetary Health Check 2026, relatório anual sobre o estado do sistema terrestre publicado em 21 de setembro, que pela primeira vez dedica um capítulo inteiro à integridade do fundo do mar.

O capítulo foi elaborado por pesquisadores do Instituto Leibniz de Pesquisa do Mar Báltico de Warnemünde (IOW), da Universidade de Kiel (CAU) e do Instituto Potsdam para Pesquisa do Impacto Climático (PIK), todos na Alemanha. O relatório é produzido desde 2024 pelo Planetary Boundaries Science Lab, do PIK, com base no conceito de limites planetários. A edição deste ano conclui que sete dos nove limites já foram ultrapassados e seguem piorando.

Os oceanos cobrem dois terços da superfície da Terra e têm profundidade média de quase quatro quilômetros. Por muito tempo, essa distância protegeu o fundo do mar da ação humana em larga escala. Isso mudou. Além do arrasto, uma única operação de mineração de nódulos de manganês pode afetar diretamente mais de 200 km² de leito marinho. Áreas de fundeio, rotas de navegação, cabos, dutos e outras estruturas deixam marcas da costa até mais de 6 mil metros de profundidade.

Os autores insistem que o fundo do mar não é um simples chão debaixo d'água.

Recifes, bancos de esponjas e de mexilhões, animais que escavam o sedimento e comunidades de micróbios formam habitats e regulam a troca de carbono e nutrientes entre o sedimento e a coluna d'água.

“Precisamos entender o fundo do mar como parte integrante do sistema terrestre”, afirmou o geocientista marinho Jacob Geersen, do IOW, autor principal do capítulo. “Quando revolvemos sedimentos ou alteramos profundamente os ecossistemas marinhos, não se trata apenas de uma perturbação local. Podemos estar interferindo em processos que armazenam carbono, reciclam nutrientes e estabilizam cadeias alimentares marinhas inteiras”, explicou.

O carbono é o exemplo mais claro. Centenas de bilhões de toneladas de carbono orgânico estão guardadas nas camadas de sedimento das plataformas continentais, que respondem pela maior parte do sequestro de longo prazo no fundo oceânico. Quando esse material é revolvido repetidas vezes, o carbono pode voltar ao ambiente na forma de dióxido de carbono (CO₂). Modelos globais indicam que só a pesca de arrasto pode liberar mais de 100 milhões de toneladas de carbono dos sedimentos por ano. Ainda há grande incerteza, porém, sobre quanto disso chega de fato à atmosfera como CO₂ adicional.

“O relatório de 2026 destaca, entre outras coisas, que os sumidouros naturais de carbono estão sob pressão crescente. Não podemos limitar nossa atenção às flores-tas e aos solos em terra firme”, afirmou a

climatologista Levke Caesar, do PIK, co-diretora do Planetary Boundaries Science Lab. “O capítulo mostra que o fundo do mar também faz parte desse sistema, e estamos apenas começando a entender as consequências de comprometer sua função de armazenamento de longo prazo.”

O papel do leito oceânico vai além do carbono. Os organismos que vivem sobre ele e dentro dele influenciam as cadeias alimentares e, com os micro-organismos e a química dos sedimentos, regulam a circulação de nitrogênio, fósforo e carbono entre o fundo e a água. No mar profundo, as consequências da destruição desses sistemas ainda são pouco conhecidas, mas experimentos de mineração mostraram que elas podem durar décadas.

Para ilustrar até onde a degradação pode chegar, o capítulo usa o mar Báltico, onde décadas e até séculos de interferência humana se somam ao aquecimento global, à acidificação, ao excesso de nutrientes e à falta de oxigênio. Considerando a estrutura do leito, a biogeoquímica e os ecossistemas de fundo, os autores concluem que nenhum metro quadrado do fundo do Báltico está em estado original, livre de alteração humana. Muitas mudanças são de longo prazo e algumas, irreversíveis. “O mar Báltico pode, portanto, oferecer uma janela para o futuro de outras regiões marinhas se a pressão humana sobre o fundo do mar continuar a crescer”, disse Geersen.

Os pesquisadores recomendam que o planejamento espacial marinho e os estu



B



Montes submarinos sem arrasto, coberto de corais e outros organismos (à esquerda), e monte submarino arrastado, com a rocha exposta (à direita). As duas imagens foram feitas entre 1.000 e 2.000 metros de profundidade.

dos de impacto ambiental passem a considerar não só espécies e habitats, mas também funções como o sequestro de carbono e a ciclagem de nutrientes. Ecossistemas de mar profundo, que se recuperam muito devagar, e sedimentos ricos em carbono deveriam ser protegidos de intervenções intensivas.

Há também um nó jurídico. Pesca, navegação, mineração e biodiversidade costumam ser regidas por normas separadas, embora seus impactos sobre o leito se sobreponham. O Acordo da ONU sobre a Conservação da Biodiversidade Marinha além das Jurisdições Nacionais (BBNJ, na sigla em inglês), em vigor desde janeiro de 2026, prevê a criação de áreas marinhas protegidas e endurece as exigências de avaliação de impacto ambiental. A regulação da extração de minérios em águas internacionais, porém, continua nas mãos da Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos.

“O passo decisivo seria deixar de tratar os diferentes usos e seus impactos cumulativos como questões isoladas, sobretudo diante da falta de pesquisa suficiente sobre as atividades humanas no mar profundo”, afirmou Nele Matz-Lück, codiretora do Instituto Walther Schücking de Direito Internacional, da Universidade de Kiel.

A integridade do fundo do mar, que mede o quanto a estrutura física, as comunidades biológicas e as funções químicas do leito estão preservadas, ainda não é reconhecida como um limite planetário. Diferentemente dos nove já definidos, não há para ela um indicador global de monitoramento nem um valor-limite com base científica sólida. Construir essas medidas, com dados melhores sobre pressão, sensibilidade e recuperação dos ambientes, é agora a principal tarefa da pesquisa, segundo os autores.



Campodenódulos de manganês no mar profundo da zona Clarion-Clipperton, no Pacífico, área visada pela mineração em mar profundo.



Coral fixado sobre nódulo de manganês na zona Clarion-Clipperton. Esses nódulos servem de base para parte da fauna do mar profundo, que se regenera muito lentamente.

O Rio Tramandaí, na divisa entre Tramandaí e Imbé, no litoral norte gaúcho. O canal liga ao Oceano Atlântico um complexo de mais de 40 lagoas costeiras.

LAGOAS

costeiras do Sul podem virar observatório global do clima

Pesquisadores do Brasil, do Uruguai, da Alemanha e da Suécia propõem monitorar de forma integrada mais de 100 lagoas rasas entre o Rio Grande do Sul e o Uruguai, sistema de água doce junto ao mar raro no planeta e cada vez mais pressionado por esgoto, agrotóxicos e chuvas extremas.



Fotos: Daniel Oliveira de Oliveira, Kluge et al. (2026), Luciano Thomazelli, NASA, Giacomo Luiz Mancini e ILIVIGNOLI

Mais de 100 lagoas rasas se enfileiram numa faixa de cerca de 1.000 quilômetros do litoral sul-americano, do Rio Grande do Sul ao leste do Uruguai. Só no lado brasileiro, a planície costeira que abriga o conjunto soma aproximadamente 37 mil quilômetros

quadrados, e quase 40% dessa área é coberta por lagos e lagoas. Um grupo de 31 cientistas agora defende que esse cinturão de água seja tratado como um observatório permanente das mudanças ambientais e climáticas no Hemisfério Sul.

A proposta foi publicada em julho de 2026 no periódico científico *One Ecosystem*, em

artigo liderado pela pesquisadora Mariana Kluge, do Departamento de Ciências Aquáticas e Avaliação da Universidade Sueca de Ciências Agrícolas (SLU) e da Universidade Técnica de Munique (TUM), na Alemanha. Assinam o trabalho pesquisadores da Pontifícia Uni

versidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), da Universidade Feevale, da Universidade da República do Uruguai, da Universidade de Gotemburgo, da Universidade Chalmers e da Universidade Ludwig Maximilian de Munique.

Os autores batizaram o conjunto de Lagos Rasos Subtropicais Costeiros da América do Sul e o descrevem como o maior sistema contínuo desse tipo no mundo. Inclui o complexo Patos-Mirim, reconhecido como o mais extenso sistema lagunar costeiro do planeta, e se estende por cinco graus de latitude, de 30° a 35° Sul.

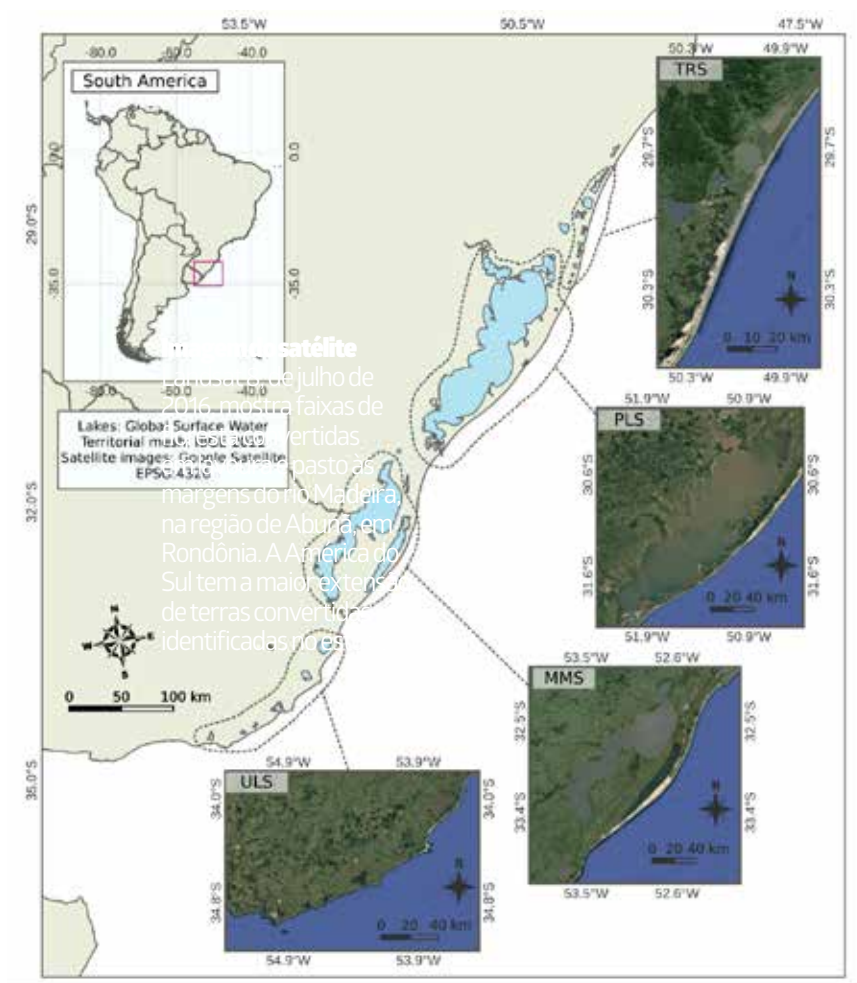
“A maior parte do que sabemos sobre lagos vem do Hemisfério Norte”, afirmou Kluge. O artigo dá a medida dessa lacuna: num estudo com 8 mil lagos usado para estimar emissões de gás carbônico, mais de 98% eram de regiões não tropicais. Entre os poucos lagos rasos subtropicais estudados em grande escala, a referência mundial ainda é o Lago Taihu, na China. Incluir os dados das lagoas sul-americanas, argumentam os autores, pode reduzir distorções nos balanços globais de carbono.

“Essas lagoas subtropicais preenchem uma lacuna importante na pesquisa mundial sobre água doce. Elas nos permitem testar teorias ecológicas sob condições ambientais muito diferentes e, ao mesmo tempo, oferecem informações cruciais sobre como os ecossistemas subtropicais de água doce respondem às mudanças climáticas e à pressão humana crescente”, disse a professora Renata Medina-Silva, do Grupo de Geobiologia da PUCRS e coautora do estudo.

A geologia explica parte da singularidade. As lagoas se formaram no Quaternário, depois de quatro grandes avanços do mar ocorridos entre cerca de 400 mil e 5 mil anos atrás, que deixaram corpos d’água represados atrás de barreiras de areia. O vento, soprando sobretudo no eixo nordeste-sudoeste, alongou e segmentou as lagoas e mantém a água misturada durante o ano todo, sem as camadas de temperatura comuns em lagos profundos. Por isso, elas respondem depressa a mudanças na atmosfera.

Outro traço raro é a água doce colada ao oceano. Em costas sedimentares, lagoas litorâneas costumam ser salobras ou salgadas. No Sul do Brasil, a chuva abundante, os aquíferos sob a barreira costeira e o grande volume que chega de bacias como a do Guaíba mantêm boa parte do sistema doce.

Para organizar a pesquisa, o grupo dividiu o cinturão em quatro subsistemas. No litoral norte gaúcho, o Sistema do Rio Tramandaí reúne cerca de 40 lagoas, a maioria interligada, numa área de 2.700 quilômetros quadrados e 115 quilômetros de costa. É a re



Mapa do sistema de lagoas rasas subtropicais costeiras da América do Sul, com os quatro subsistemas em destaque: Rio Tramandaí (TRS), Lagoa dos Patos (PLS), Mangueira-Mirim (MMS) e lagoas uruguaias (ULS).



Revoada de maçaricos no Parque Nacional da Lagoa do Peixe, no litoral médio gaúcho. O parque é sítio Ramsar e área de inverno e parada de aves migratórias.



ALagoados Patos e o Guaíba vistos da Estação Espacial Internacional, em novembro de 2019. O Guaíba deságua na laguna, que em maio de 2024 recebeu o volume da maior enchente registrada no Rio Grande do Sul.

gião que mais cresce no estado, a um ritmo de 1,5% a 1,8% ao ano, quase três vezes a média gaúcha, e no verão a população pode aumentar até 10 vezes com a chegada de veranistas. Em Imbé, apenas 0,5% do esgoto doméstico é coletado e tratado. As mesmas lagoas abastecem pelo menos 17 municípios e recebem esgoto sem tratamento ou parcialmente tratado.

Ali também já se mediu poluição de novo tipo. Em duas das maiores lagoas do sistema, pesquisadores encontraram de 225 a 240 partículas de microplástico por 100 metros cúbicos de água, nível considerado médio, com fragmentos de PET, PVC, polipropileno e polietileno. Metais pesados, agrotóxicos e fármacos estão em investigação.

O segundo subsistema tem como centro a Lagoa dos Patos, descrita como a maior laguna do tipo estrangulado do mundo, ligada ao mar por um canal estreito. Tem cerca de 250 quilômetros de comprimento, 40 de largura e profundidade média de cinco metros. A vazão de água doce que sai pelo estuário é de cerca de 4 mil metros cúbicos por segundo, podendo chegar a 10 mil em anos de El Niño. Porto Alegre, Pelotas e Rio Grande, que juntas passam de dois milhões de habitantes, lançam esgoto no sistema, cercado por lavouras e silvicultura. Na mesma área fica o Parque Nacional da La-

goa do Peixe, sítio Ramsar e ponto de parada de aves migratórias.

Foi por esse caminho que passou a enchente de maio de 2024, uma das mais devastadoras da história do país. O artigo registra que a cheia atingiu 478 dos 497 municípios gaúchos e 2,4 milhões de pessoas. Na região central do estado, alguns municípios receberam mais de 200 milímetros de chuva em 24 horas e mais de 500 milímetros em dez dias. O Guaíba chegou à marca histórica de 5,37 metros, bem acima da cota de inundação de três metros, e a água avançou pela Lagoa dos Patos e demais lagoas, com drenagem lenta por mais de um mês. Os efeitos ecológicos ainda não foram estudados, o que os autores veem como oportunidade para medir a resiliência desses ambientes.

O tema tende a ganhar peso. Segundo projeções citadas no estudo, todos os cenários de emissão de gás carbônico, do mais otimista ao mais pessimista, indicam aumento de 15% nas chuvas no Sul do Brasil entre 2011 e 2040, com tendência semelhante nas décadas seguintes. Como o sistema sofre influência direta do El Niño e da La Niña, pode ajudar a prever os efeitos desses fenômenos sobre a água doce do Hemisfério Sul.

Mais ao sul, o subsistema Mangueira-Mirim reúne as duas maiores lagoas rasas

subtropicais do Brasil. A Lagoa Mangueira tem 90 quilômetros de comprimento, cerca de 820 quilômetros quadrados e profundidade média de 2,6 metros. Suas águas, em geral pobres em nutrientes, recebem cargas episódicas vindas das lavouras de arroz. A Lagoa Mirim, com cerca de 4 mil quilômetros quadrados, fica na fronteira com o Uruguai e é objeto de um programa binacional de gestão firmado em 2022 com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), com US\$ 4,7 milhões do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF). Quase um milhão de pessoas dependem diretamente da água e da biodiversidade da lagoa. Entre as duas está o Banhado do Taim, protegido como estação ecológica desde 1978 e sítio Ramsar desde 2017.

No Uruguai, a quarta unidade é uma cadeia de lagoas paralelas à costa, como Negra, Castillos, Rocha e Garzón, que se abrem e se fecham para o mar conforme a barra de areia, muitas vezes rompida artificialmente pelas prefeituras para conter alagamentos. Nas lagoas de Rocha e Castillos, estudos mostraram que as comunidades de bactérias mudam conforme a concentração de fármacos, agrotóxicos e desreguladores hormonais, o que as torna candidatas a bioindicadoras.



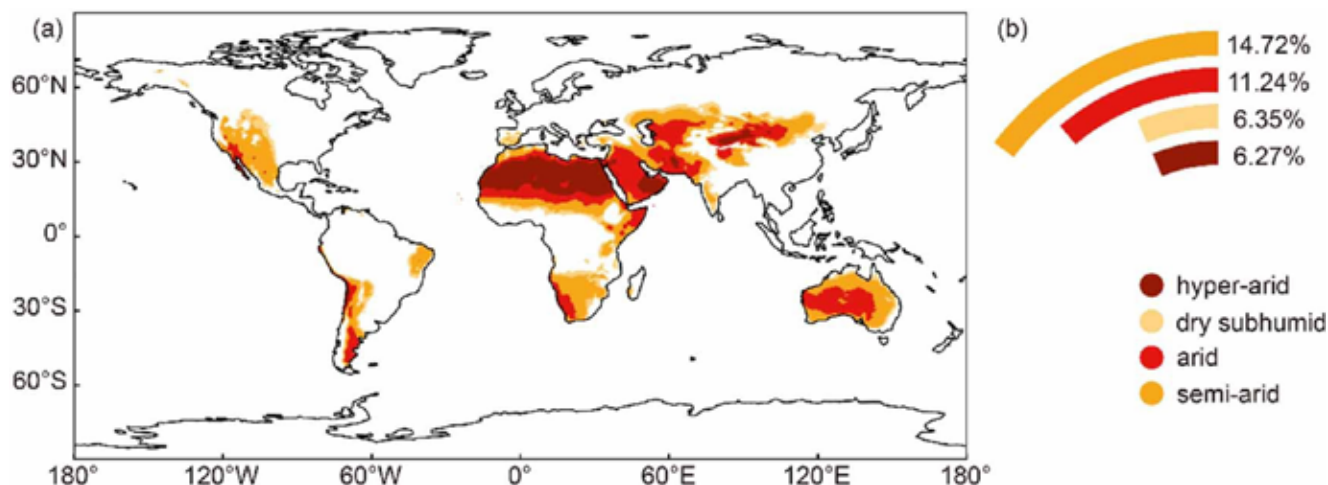
Aves aquáticas levantam voo na Estação Ecológica do Taim, entre Rio Grande e Santa Vitória do Palmar (RS). O banhado, uma das poucas áreas úmidas subtropicais do Brasil, é abrigo e ponto de alimentação de aves migratórias

É essa sensibilidade que dá base ao plano. O pesquisador Christian Wurzbacher, da TUM, define as lagoas como “ecossistemas sentinela”, observatórios naturais capazes de revelar sinais precoces de mudança ambiental. A proposta saiu de um encontro realizado em Porto Alegre entre 31 de março e 4 de abril de 2025, no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS e na PUCRS, com 20 participantes do Brasil, do Uruguai e da Alemanha. O grupo sugere combinar análises químicas, DNA ambiental, marcadores microbianos, modelos de lagos alimentados por satélite e indicadores alinhados às fronteiras planetárias, além de uma plataforma de dados aberta ao público e de ciência cidadã.

“Nossa visão é estabelecer uma rede de monitoramento coordenada internacionalmente, que beneficie não só a América do Sul, mas também melhore nossa compreensão dos ecossistemas de água doce no mundo todo. As comunidades microbianas que vivem nessas lagoas podem funcionar como sensores biológicos muito sensíveis, ajudando a identificar poluição, degradação dos ecossistemas e até riscos emergentes à saúde pública”, afirmou o professor Ng Haig They, do Departamento de Ecologia da UFRGS, em Imbé. 🌱



Botes de pescadores na Laguna de Rocha, no Uruguai, sítio Ramsar. As lagoas da costa uruguaia abrigam a pesca artesanal continental mais importante do litoral do país.



Distribuição atual das terras secas no mundo, no período de referência 1994 a 2023. Os tons mais escuros indicam as zonas hiperáridas, concentradas no norte da África e na Península Arábica; o gráfico ao lado mostra a fatia de cada tipo de clima seco na área continental do planeta.

Plantas freiam o avanço das terras secas num planeta com mais CO2

Estudo com 19 modelos climáticos mostra que, quando se considera a forma como as plantas economizam água em uma atmosfera rica em gás carbônico, a expansão das regiões áridas até 2100 fica bem menor do que se previa. O leste do Brasil continua entre os focos persistentes de ressecamento.



Fotos: Cai et al. (2026), Environmental Research Letters, Berkshire Community College Bioscience Image Library e Estêvão Lima Arrais

As terras secas ocupam hoje 38,58% da superfície continental do planeta e continuarão a crescer neste século, mas em ritmo mais lento do que apontavam as projeções anteriores. A conclusão é de um estudo publicado em 1º de setembro no periódico científico Environmental Research Letters por pesquisadores da Academia Chinesa de Florestas e do Serviço Florestal dos Estados Unidos. O motivo da revisão está nas folhas: com mais dióxido de carbono (CO2) no ar, as plantas perdem menos água, e isso muda o cálculo de quanto o planeta vai secar.

Terras secas são regiões onde a chuva é pequena em relação à capacidade da atmosfera de retirar água do solo e da vegetação. Para delimitá-las, cientistas usam o índice

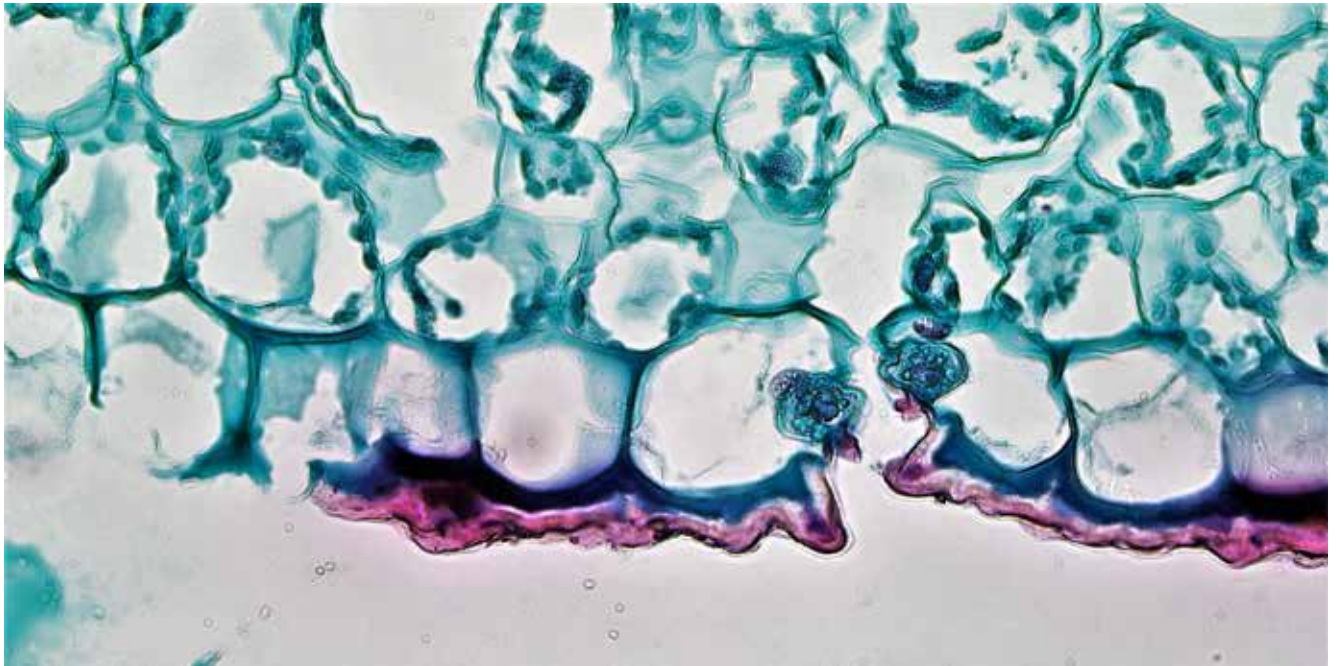
de aridez, a razão entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, ou seja, a quantidade máxima de água que evaporaria do solo e transpiraria das plantas se houvesse oferta ilimitada. Pelo critério do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), é terra seca toda área com índice abaixo de 0,65, faixa que vai do subúmido seco ao hiperárido.

As estimativas sobre o tamanho dessas áreas nunca foram consensuais. As duas primeiras edições do Atlas Mundial da Desertificação chegaram a 47,2% das terras emergidas; a terceira, a 37,2%. Outro levantamento calculou 45,4% para a segunda metade do século 20. Segundo os autores do novo trabalho, boa parte dessas avaliações se baseou em dados climáticos anteriores a 2010, e o

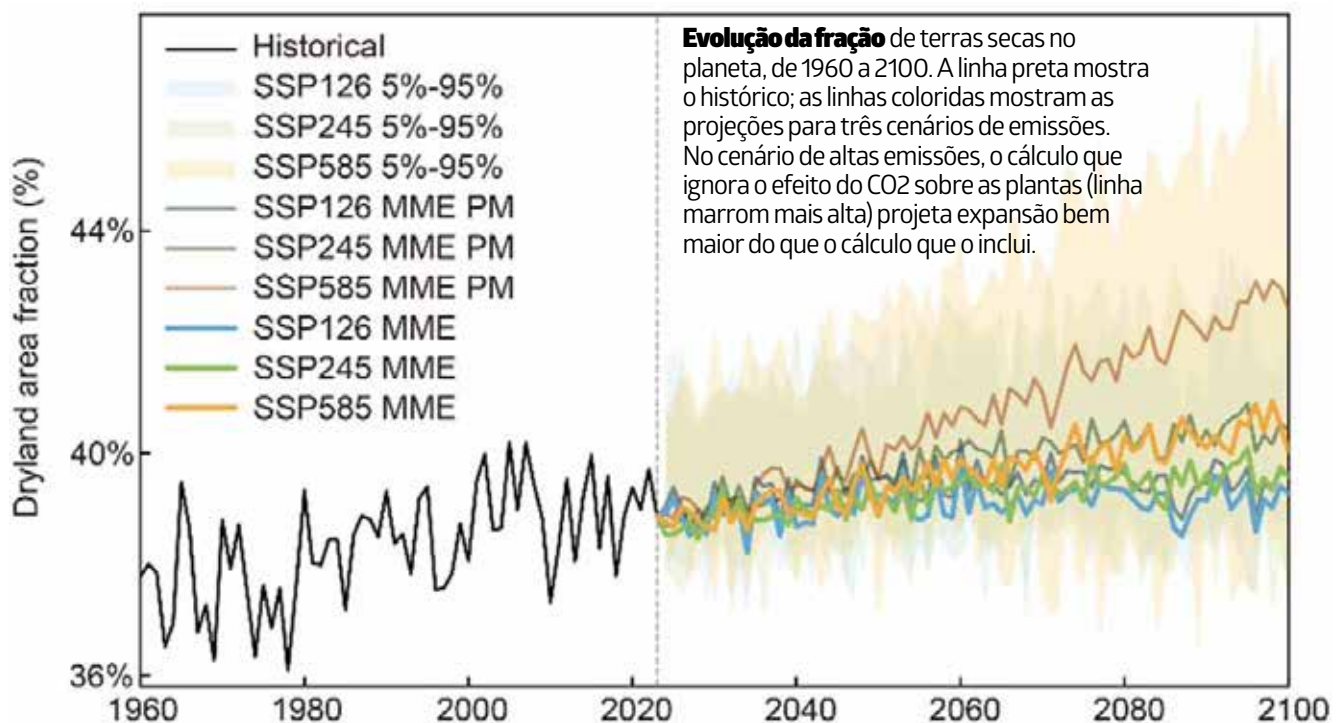
clima global mudou de forma considerável na última década.

A equipe liderada por Yifei Cai e pelo pesquisador Feng Wang, do Instituto de Conservação e Restauração Ecológica e do Instituto de Estudos da Desertificação da Academia Chinesa de Florestas, refez o mapa com dados de chuva e de clima até 2023. Entre 1960 e 2023, as terras secas avançaram, com oscilações de um ano para outro, à média de 39.100 quilômetros quadrados por ano, pouco menos que a área do estado do Rio de Janeiro. O ritmo, porém, diminuiu nas últimas décadas.

Para olhar o futuro, os pesquisadores combinaram as projeções de 19 modelos climáticos globais em três cenários de emissões de gases



Corte de folha de uma planta suculenta adaptada a ambientes secos, visto ao microscópio com aumento de 400 vezes. No centro, as células-guarda cercam um estômato aberto, o poro por onde a folha troca gases com o ar e perde água



de efeito estufa, baixo, intermediário e alto. A novidade foi calcular a evapotranspiração de duas maneiras. Uma segue a fórmula convencional. A outra inclui um ajuste para o efeito do CO₂ sobre a vegetação: quando a concentração do gás aumenta, os estômatos, pequenos poros das folhas por onde a planta troca gases com o ar, se fecham parcialmente, e a transpiração cai. Esse efeito compensa

em parte o aumento da demanda de água da atmosfera provocado pelo aquecimento.

Com o ajuste, as terras secas chegam ao período entre 2071 e 2100 ocupando 39,31% dos continentes no cenário de baixas emissões, 39,68% no intermediário e 40,28% no de altas emissões. Isso equivale a um acréscimo de 1,09 milhão a 2,37 milhões de quilômetros quadrados em relação ao período

1994 a 2023. Sem o ajuste, o cenário de altas emissões leva as terras secas a 42,11% dos continentes, uma diferença de 2,44 milhões de quilômetros quadrados, quase a soma das áreas do Amazonas e de Mato Grosso.

A diferença aparece também na velocidade. No cenário de altas emissões, a fórmula convencional projeta expansão de 72.700 quilômetros quadrados por ano, acima do



Vegetação de caatinga no interior do Ceará. O semiárido nordestino integra o leste do Brasil, região que o estudo aponta entre os focos persistentes de ressecamento das terras secas no mundo.

ritmo histórico. Com o efeito do CO₂, a taxa cai para 32.200 quilômetros quadrados por ano, abaixo do que se observou desde 1960. Trabalhos anteriores, que não consideravam esse mecanismo, haviam projetado aumentos de 4% a 10% e de 11% a 23% da área seca até o fim do século.

Um saldo global modesto não significa pouca mudança. No cenário de altas emissões, a área total de terras secas cresce apenas 1,7 ponto percentual, mas 14,75% da superfície continental muda de categoria climática. As transições para climas mais secos superam as transições para climas mais úmidos em 1,3 a 1,7 vez. A Austrália concentra a maior área em transição em todos os cenários, seguida pelo Brasil, onde a extensão afetada cresce

conforme aumentam as emissões.

O estudo também mapeou os pontos onde o índice de aridez muda de forma significativa. Entre 1960 e 2023, o leste do Brasil já aparecia entre os focos de ressecamento, ao lado de Argélia, Líbia, Cazaquistão e da região entre a Mongólia e o nordeste da China. Nas projeções, o leste brasileiro, o norte da África e a Austrália se mantêm como focos persistentes de ressecamento, e o centro australiano pode passar de foco de umidificação a foco de secagem. O noroeste da China tende a seguir ficando mais úmido.

Levar em conta o CO₂ altera também o tipo de mudança esperada em cada lugar. Sem o ajuste, os focos de ressecamento cobriam 55,1% das terras secas no cenário de

altas emissões; com ele, 42,0%. Em partes da Ásia Central, o sinal chega a se inverter, de ressecamento para umidificação.

Os próprios autores apontam limites. A fórmula ajustada foi desenvolvida para condições sem falta de água, enquanto as terras secas têm vegetação esparsa e perdem muita umidade pela evaporação direta do solo, processo controlado mais pela água disponível do que pelo CO₂. Por isso, eles consideram que a extensão futura das terras secas deve ficar entre os resultados das duas fórmulas. O modelo também não inclui mudanças no uso da terra, irrigação ou retirada de água subterrânea, fatores que os pesquisadores recomendam incorporar em avaliações futuras de risco e adaptação.



Merenda servida a alunos de uma escola pública da Cidade Estrutural, no Distrito Federal. O Programa Nacional de Alimentação Escolar atende cerca de 40 milhões de estudantes no país e, desde janeiro de 2026, deve gastar ao menos 45% dos recursos federais com a agricultura familiar.

Frutas nativas chegam à merenda, mas a biodiversidade segue pouco aproveitada

Uma década depois do projeto que levou espécies da sociobiodiversidade para as políticas públicas, açaí e cupuaçu já estão nas escolas do Pará. Estudo em seis municípios paraenses mostra, porém, que castanha, bacaba e os fornecedores da floresta ainda ficam fora da compra da merenda.



Fotos: Sergio Amaral/MDS · Railson Wallace · Hellen Perrone · Teodomiro Sicsu Júnior · BjoernS

Desde 1º de janeiro de 2026, pelo menos 45% do dinheiro que o governo federal repassa a estados e municípios para a merenda escolar precisa ser gasto em compras diretas da agricultura familiar. Até o ano passado, o piso era de 30%. A mudança, feita pela Lei nº 15.226, de setem-

bro de 2025, vale para o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), que atende cerca de 40 milhões de estudantes em aproximadamente 150 mil escolas e custa por volta de R\$ 5,5 bilhões por ano. A lei manda priorizar assentamentos da reforma agrária, comunidades indígenas e quilombolas e grupos de

mulheres.

Para quem vive na Amazônia, a pergunta é o que vai parar no prato. O Brasil começou a construir uma resposta há mais de uma década, com o projeto Biodiversidade para Alimentação e Nutrição (BFN, na sigla em inglês), executado de 2012 a 2017 em quatro países: Bra-

sil, Quênia, Sri Lanka e Turquia. Financiados pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), com apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) e da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o projeto foi coordenado pela Bioversity International, centro de pesquisa que hoje integra a Alliance of Bioversity International and CIAT. No Brasil, ficou a cargo do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

O diagnóstico de partida aparece na apresentação que Camila Oliveira, do MMA, levou a Milão, na Itália, em maio de 2015. O país abriga parte significativa da biodiversidade do planeta, boa parte dela comestível e nutritiva, e ao mesmo tempo convive com a má nutrição: uma em cada três crianças de cinco a nove anos estava acima do peso, segundo a Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), assim como cerca de metade dos adultos. O plano tinha três passos: mostrar com dados como espécies nativas pouco usadas podem contribuir

para a segurança alimentar, frear a perda de biodiversidade e informar a população sobre o valor nutritivo desses alimentos.

O exemplo escolhido vinha do Sul. A goiaba-serrana, fruta aromática rica em fibras e vitamina C, tinha sumido dos cardápios. A lógica valia para o país inteiro. A equipe do projeto reuniu dados completos de composição nutricional de 78 frutas, hortaliças e outras plantas nativas, segundo artigo de revisão publicado em 2019 na revista *Planta* por Danny Hunter, Teresa Borelli, Daniela Beltrame, Camila Oliveira, Lidio Coradin e colegas. Uma das análises mostrou que o camu-camu, fruta das várzeas amazônicas, tem 40 vezes mais vitamina C que a laranja comum. Os resultados foram para uma base de composição nutricional dentro do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr), que hoje reúne 186 fichas de alimentos, de açaí e bacaba a bacuri e buriti.

O resultado mais visível foi uma lista oficial. Em 2016, uma portaria do MMA e do então Ministério do Desenvolvimento Social reconheceu pela primeira vez espécies

nativas da sociobiodiversidade de valor nutricional. A versão seguinte, a Portaria Interministerial nº 284, de maio de 2018, chegou a 101 espécies de 34 famílias botânicas, 46 delas presentes na Amazônia, segundo levantamento de pesquisadores da Universidade Federal de Sergipe publicado em 2022 na revista *Rodriguésia*. Frutos respondiam por 78% da lista. Entre as espécies amazônicas estavam açaí, castanha-do-brasil, tucumã, guaraná, cubiu e puxuri.

Em julho de 2021, a Portaria Interministerial MAPA/MMA nº 10, dos ministérios da Agricultura e do Meio Ambiente, revogou a de 2018 e instituiu uma nova lista, com 94 espécies, em vigor desde 2 de agosto daquele ano. Ela é a referência para o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), para a Política de Garantia de Preços Mínimos para os Produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio), operada pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), e para o PNAE. Segundo o Ministério da Agricultura, estão na relação espécies como bacuri, buriti, jambu, tucumã, babaçu e macaúba.



Paneiros cheios de açaí no porto de Igarapé-Miri, no Pará. O fruto está entre as espécies nativas de valor alimentício reconhecidas pelo governo federal e já é servido na merenda das redes estadual e municipal de Belém.

O conhecimento acumulado também virou livro. Em 2022, o MMA lançou o volume da série Plantas para o Futuro dedicado à Região Norte, com mais de 150 espécies nativas de valor econômico atual ou potencial, 1.452 páginas e contribuições de 147 especialistas. A obra foi editada por Lidio Coradin, que dirigiu o BFN no Brasil, Julcéia Camillo e Ima Vieira, do Museu Paraense Emílio Goeldi, em Belém.

Em 2016, Danny Hunter, cientista sênior da Bioversity International, resumia assim o avanço: “Uma das conquistas até agora é que o programa está orientando as políticas públicas ligadas à alimentação escolar”. Coradin via ali apenas “um ponto de partida para uma grande mudança”.

No Pará, frutos da lista já aparecem nas bandejas. No segundo semestre de 2024, a Secretaria de Estado de Educação (Seduc) incluiu açaí e cupuaçu no cardápio da rede estadual. O açaí chega às escolas pasteurizado e congelado. “Nem sabemos o registro da última vez que se teve o açaí como merenda nas escolas”, disse na ocasião o secretário de Educação, Rossieli Soares. Para a nutricionista Flávia Lira, da Seduc, o fruto “tem vitaminas, sais minerais, ferro e fibra”.

Em Belém, a Fundação Municipal de Assistência ao Estudante (Fmae) anunciou para o cardápio de 2025 açaí, pupunha, tucupí, cupuaçu, jambu e cariru, com fornecimento de três cooperativas da agricultura familiar. Em outubro de 2025, a prefeitura informou ter dobrado o volume de açaí enviado a 203 escolas municipais, com 50 toneladas previstas para mais de 63 mil estudantes.

Um estudo publicado em dezembro de 2025 no Journal of Sustainability mostra, porém, que a presença desses alimentos ainda é desigual. Pesquisadores da Universidade Federal do Pará (UFPA), da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) e da Bioversity International, entre eles Teresa Borelli e Danny Hunter, analisaram as compras públicas de 2023 e 2024 em seis municípios paraenses, que não foram identificados. Como referência, usaram 74 espécies da sociobiodiversidade do Pará e da Amazônia, selecionadas a partir da lista federal de 2021. No PNAE, 44 dos 146 itens comprados (30,1%) pertenciam a esse grupo. No PAA, foram 84 de 292 (28,8%).

A diferença está no que se compra e de quem. A polpa de açaí entrou na merenda de cinco dos seis municípios, e a de cupuaçu, de quatro. A castanha-do-brasil foi comprada pelo PAA em cinco municípios e não apareceu em nenhuma compra escolar; a bacaba também só foi adquirida pelo PAA. Nenhum município comprou de indígenas ou de comunidades locais para o PNAE, enquanto cinco deles o fizeram pelo PAA. Os autores



Bacuriaberto, com a polpa branca à mostra. Comum no Pará e no Maranhão, o fruto está na lista de 94 espécies nativas da sociobiodiversidade de valor alimentício em vigor desde 2021.



Polpa de tucumã pronta para consumo. A palmeira amazônica integra a lista federal que orienta as compras do PAA, do PNAE e da política de preços mínimos para produtos da sociobiodiversidade.

também não encontraram cardápios escolares adaptados à cultura desses povos.

Entre as barreiras, o estudo aponta regras de compra rígidas, cardápios pouco adequados à cultura local e perda de conhecimento tradicional. Registra ainda que a legislação não fixa critérios mínimos para a inclusão de alimentos da sociobiodiversidade na merenda. Os pesquisadores sugerem levar ao PNAE a experiência do PAA, que tem modalidades voltadas a povos indígenas e comunidades tradicionais, e criar mecanismos de participação social. Ressaltam que os resultados são exploratórios e não podem ser generalizados.

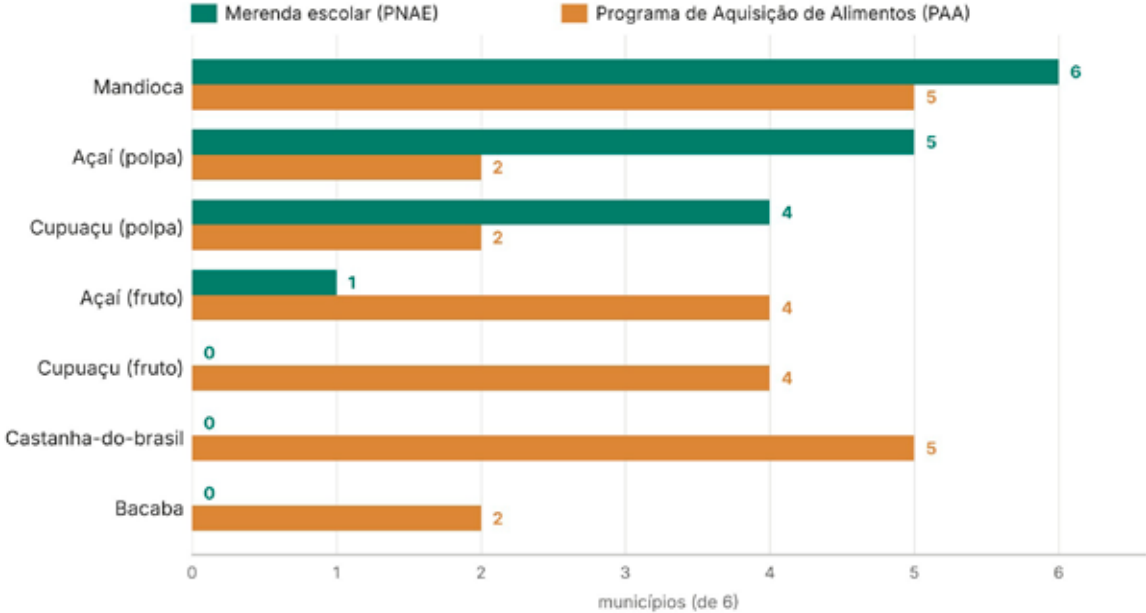
O PAA, recriado pela Lei nº 14.628, de 2023, já prioriza povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais. Com o piso de 45% em vigor no PNAE desde janeiro, a merenda ganha espaço para os produtos da floresta. A lista oficial existe, os dados nutricionais estão abertos no SiBBR e o açaí já é servido nas escolas de Belém. Nos municípios estudados, o passo que falta é abrir a compra escolar a extrativistas, indígenas e comunidades locais, que hoje vendem ao PAA, mas não à merenda.



Cupuaçu aberto. O fruto entrou no cardápio das escolas estaduais do Pará no segundo semestre de 2024, e sua polpa foi comprada para a merenda em quatro de seis municípios paraenses analisados por pesquisadores.

Da floresta ao prato: onde os alimentos nativos aparecem

Número de municípios, entre seis estudados no Pará, em que cada item foi comprado em 2023 e 2024



PNAE

146 itens comprados, 44 da sociobiodiversidade (30,1%)

Compras de indígenas e comunidades locais: em nenhum dos seis municípios

PAA

292 itens comprados, 84 da sociobiodiversidade (28,8%)

Compras de indígenas e comunidades locais: em cinco dos seis municípios

Em quantos dos seis municípios paraenses estudados cada alimento nativo foi comprado pela merenda escolar (PNAE) e pelo Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), em 2023 e 2024.

A beterraba gigante que alimentava o gado volta a Somerset

Vilarejos do sudoeste da Inglaterra fazem festa para o mangelwurzel, forrageira do século 18 que resiste em bancos de sementes da Europa e já ajudou o melhoramento da beterraba açucareira



Mais de 100 moradores de sete vilarejos entre Glastonbury e Bridgwater, no condado inglês de Somerset, passaram o ano cultivando mangelwurzel, uma beterraba de raiz enorme e formato irregular que por dois séculos serviu sobretudo de comida para o gado. Em setembro, a colheita foi parar no primeiro Great Polden Hills Mangelwurzel Day, no salão comunitário de Edington, com prêmios para a maior circunferência e até para o exemplar mais parecido com Donald Trump, além de arremesso de mangelwurzel, prova tradicional da região.

A ideia partiu de Beverley Finnegan, moradora de Chilton Polden, que comprou sementes pela internet e desafiou amigos a cultivar o maior exemplar. O grupo que ela abriu numa rede social chegou a 190 membros, e em oito meses a brincadeira virou festival. “Não sei se um dia ela seria realmente popular, fico feliz que continue sendo uma coisa de nicho”, disse Finnegan, ao ser perguntada se a raiz chegaria aos supermercados.

O mangelwurzel é uma forma cultivada de *Beta vulgaris*, a mesma espécie da beterraba de mesa, da beterraba açucareira e da acelga, todas descendentes da beterraba-marítima selvagem das costas europeias. O nome vem do alemão Mangold (acelga) e Wurzel (raiz). Desenvolvida no século 18 como forrageira de alta produtividade, a planta aguenta o clima britânico, pode ser armazenada por meses e tem raiz e folhas comestíveis. Em Hinton St George, também em Somerset, raízes ocas ainda são esculpidas como lanternas na Punkie Night, no fim de outubro.

Para o geneticista Brian Ford-Lloyd, professor emérito da Escola de Biociências da Universidade de Birmingham e especialista em conservação de recursos genéticos vegetais, a moda tem fundamento prático. Ele observa que pequenas propriedades e criadores de porcos poderiam voltar a plantar a raiz como ração, e lembra que bancos de germoplasma europeus conservam sementes de mangelwurzel, algumas coletadas por ele mesmo, muitas vezes catalogadas como mangold ou beterraba forrageira.

Esse acervo já provou seu valor. Em estudo publicado em 1985 na revista científica *Euphytica*, Ford-Lloyd e os colegas M. F. B. Dale e M. H. Arnold avaliaram uma coleção de *Beta vulgaris* de várias origens em busca de características úteis ao melhoramento da beterraba açucareira, como resistência ao míldio, a pulgões e ao vírus do amarelecimento. Parte das qualidades desejadas apareceu em beterrabas-marítimas selvagens do norte da Europa e em antigas cultivares de beterraba forrageira.



The Mangolds, pintura de 1904 do inglês Harold Harvey, mostra jovens carregando mangelwurzel numa carroça. A obra pertence ao acervo da Universidade de Exeter.

O parentesco é antigo. Segundo revisão de Lothar Frese e colegas sobre recursos genéticos do gênero *Beta*, foi a partir de um tipo semelhante à beterraba forrageira, a White Silesian, que o químico alemão Franz Karl Achard começou em 1784 a selecionar plan-

tas mais ricas em açúcar. Hoje o esforço de melhoramento se concentra na beterraba açucareira, e o da forrageira ficou restrito a interesses regionais, o que torna as coleções dos bancos de sementes ainda mais importantes para que essa diversidade não se perca.



Bombadecolor ar-água instalada em sobrado de Weimar, na Alemanha. Trocar o aquecimento a combustível fóssil por sistemas elétricos está entre as mudanças que mais reduzem a pegada de carbono das famílias nos cenários do estudo.

Aecóloga industrial Stephanie Cap, do Instituto de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden, autora dos cenários de descarbonização para famílias europeias.

Indústria limpa não basta para conter o aquecimento em 1,5 grau

Pesquisa da Universidade de Leiden simula cinco países europeus e conclui que, mesmo com a descarbonização acelerada da indústria, a meta do Acordo de Paris depende de mudanças amplas no consumo das famílias, e de governos e empresas que as tornem possíveis



Fotos: Kai Kemmann, Projeto 1.5° Lifestyles e Stephanie Cap e coautores

Para que o consumo das famílias de Alemanha, Espanha, Hungria, Letônia e Suécia fique compatível com o limite de 1,5 °C de aquecimento global em 2030, uma parcela que vai de 40% a 92% da população teria de adotar, ao mesmo tempo, um pacote de mudanças de hábito de

alto impacto. E isso num cenário em que a indústria desses países já teria cortado emissões no ritmo exigido pelo Acordo de Paris.

A conclusão é da ecóloga industrial Stephanie Cap, do Instituto de Ciências Ambientais (CML) da Universidade de Leiden, nos Países Baixos. Ela defende em 1º de outubro a tese

Everything Must Change (tudo precisa mudar), que reúne cenários de descarbonização para 2030 e 2050. O estudo central, assinado com pesquisadores de Leiden, do Centro Helmholtz de Potsdam (Alemanha), da Universidade de Lund (Suécia), do instituto húngaro GreenDependent e da organização holandesa

de pesquisa aplicada TNO, foi divulgado como pré-publicação em abril de 2026.

“Tornar a indústria mais sustentável não é suficiente, por si só, para ficar dentro de 1,5 grau, e tornar as famílias mais sustentáveis também não. Precisamos realmente das duas coisas”, afirmou Cap.

A escolha dos cinco países buscou diversidade dentro da União Europeia: renda, tamanho das famílias, demanda por aquecimento e transporte, dieta e peso dos combustíveis fósseis na eletricidade. Com um modelo econômico baseado na base de dados EXIOBASE, que rastreia as emissões embutidas em cada bem ou serviço ao longo das cadeias globais de produção, a equipe calculou a pegada de carbono das famílias e testou 47 mudanças de consumo, em mobilidade, moradia, alimentação e lazer.

Três mudanças se destacaram de forma consistente: usar menos o carro a combustão, abandonar o aquecimento doméstico a combustível fóssil e adotar uma dieta predominantemente vegetal. Os pesquisadores montaram carteiras de medidas e buscaram a fração mínima da população que precisaria aderir a elas para que a pegada média por habitante caísse até a meta, estimada em 2,38 toneladas de CO₂ equivalente por pessoa em 2030 e apenas 0,61 tonelada em 2050.

Mesmo com a indústria já descarbonizada, os cortes adicionais exigidos das famílias em 2030 variam de 26%, na Letônia, a 50%, na Alemanha. Com a carteira de maior impacto, a Suécia precisaria da adesão de 87% da população, porcentagem que sobe para 92% quando se considera o efeito rebote, isto é, as emissões geradas quando o dinheiro economizado é gasto em outros produtos. Na Espanha e na Hungria, onde a pegada de partida é menor, a adesão necessária fica próxima de metade da população.

O horizonte de 2050 é mais duro. Com adesão total ao pacote de maior impacto, Alemanha, Letônia e Suécia ainda ultrapassariam a meta, em 0,38, 0,47 e 0,81 tonelada por pessoa, respectivamente. Só Espanha e Hungria chegariam lá, e apenas com adoção quase universal. O caso sueco chama atenção: mesmo com eletricidade praticamente limpa, padrões de consumo intensivos em emissões e o alto consumo geral mantêm a pegada acima do limite.

Os próprios autores ressaltam que se trata de cenários exploratórios, com ano-base de 2015 e trajetórias de descarbonização otimistas, e que os resultados devem ser lidos como limites teóricos, não como previsão de comportamento. Segundo Cap, isso não altera a dimensão das mudanças de estilo de vida e da descarbonização necessárias.

Economizar também pode sair caro para o clima. Em 2050, as famílias da Letônia e



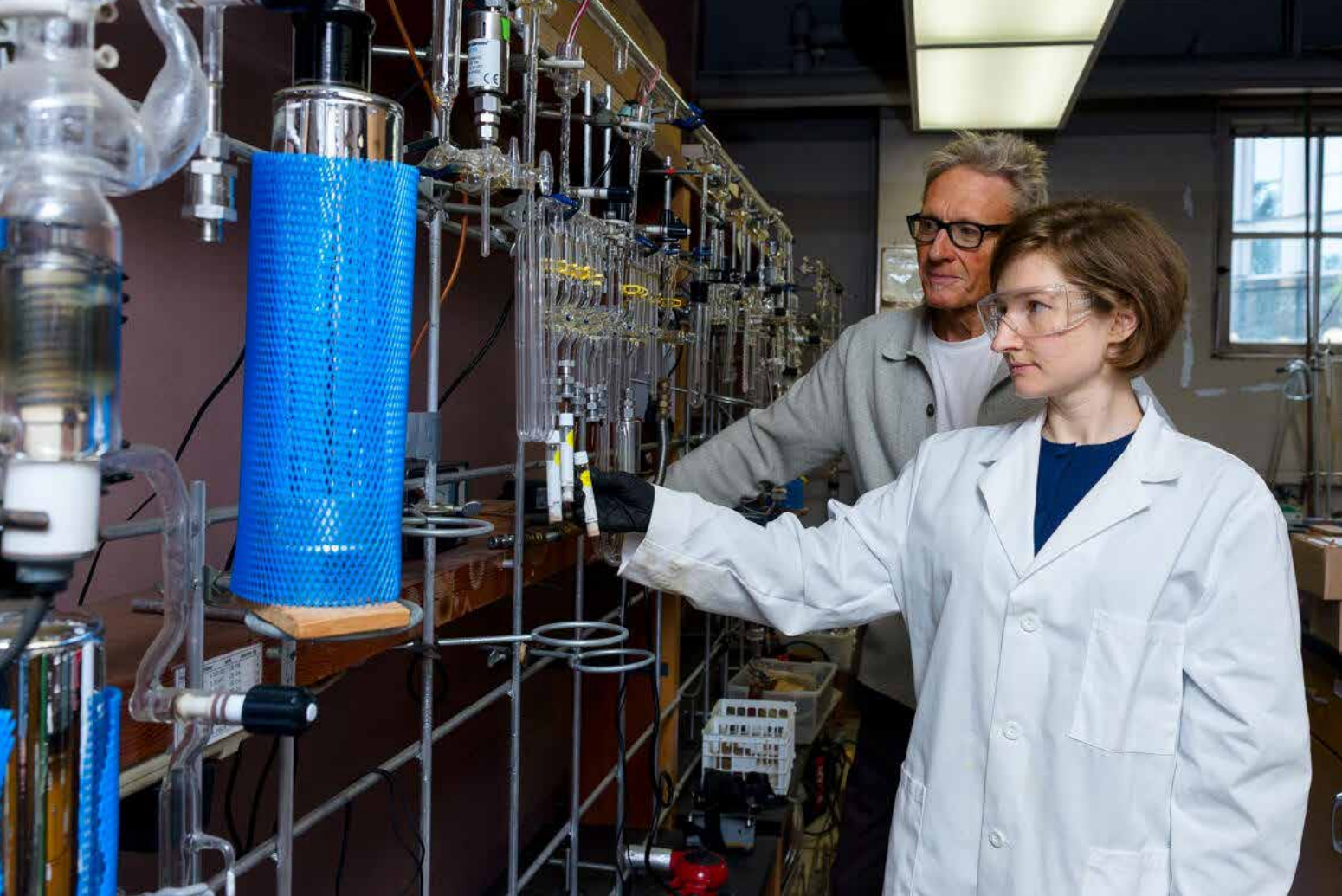
Porcentagem da população que precisaria adotar cada carteira de mudanças de consumo para que as famílias de cinco países europeus cumpram a meta de 1,5 °C em 2030 e 2050. Em azul, a adesão necessária sem efeito rebote; em vermelho, o acréscimo exigido para compensar as emissões do dinheiro economizado.

da Hungria reduziram seus gastos em 25% e 21%, respectivamente. Em 2030, se toda essa economia fosse gasta em viagens aéreas ou cruzeiros, todos os cinco países estourariam a meta. Direcionar o dinheiro para educação ou cultura ajuda, mas os pesquisadores concluíram que evitar gastos de alta emissão pesa mais do que buscar gastos de baixa emissão.

Números tão altos levantam a questão de saber se as pessoas querem e podem mudar. Nos cinco países, trocar o carro pelo transporte público tem aceitação média de 62%, enquanto dietas vegana e vegetariana ficam em 14% e 25%, segundo levantamento com cidadãos citado no estudo. Para Cap, não se trata apenas de vontade: depender menos do automóvel é difícil sem bom transporte coletivo ou jornadas de trabalho que tornem essa opção realista.

Por isso, a pesquisadora defende que empresas e governos criem as condições para essas escolhas. O estudo aponta caminhos como acesso justo a transporte público e refeições vegetais em escolas e refeitórios, taxaço de atividades de alta emissão com receita revertida em vales de energia limpa e transporte para famílias de baixa renda, e até a discussão sobre os limites do crescimento econômico nos países ricos.

Cap espera que os resultados renovem o senso de urgência entre os formuladores de políticas da União Europeia. “Entendo que pode ser desanimador olhar a distância entre onde estamos e onde precisamos chegar. Mas as mudanças individuais são parte essencial para ficar abaixo de 1,5 grau. Espero que as pessoas se sintam capazes de mudar, sabendo que realmente podem fazer diferença”, disse.



Adutoranda Anna Abramova e o professor Ronald Amundson no laboratório do Hilgard Hall, na UC Berkeley, onde o grupo processa gases extraídos de amostras de solo.

Minerais do deserto capturam CO₂ à noite e o devolvem de dia

Estudo da Universidade da Califórnia em Berkeley mostra que o solo do deserto de Mojave prende dióxido de carbono no frio da noite e o solta no calor do dia, um ciclo físico, sem participação de seres vivos, que pode movimentar até três gigatoneladas de carbono por ano nos desertos do planeta



Fotos: Mathew Burciaga/UC Berkeley, Ronald Amundson/UC Berkeley, Wilson44691 e Karen Zhou

Pesquisadores da Universidade da Califórnia em Berkeley (UC Berkeley), nos Estados Unidos, identificaram um ciclo diário de carbono que não depende de plantas nem de micro-organismos. Nos solos do deserto de Mojave, no sudoeste do país, o dióxido de carbono (CO₂) da atmos-

fera se prende às partículas minerais durante a noite, quando a temperatura cai, e volta ao ar ao longo do dia, à medida que o chão esquentava.

O trabalho foi publicado em 23 de setembro na revista científica *Science Advances*. A primeira autora é Anna Abramova, doutoranda

do Departamento de Ciência, Política e Gestão Ambiental (ESPM, na sigla em inglês) da UC Berkeley, e o autor sênior é o professor Ronald Amundson, do mesmo departamento. A partir das medições no Mojave, os autores estimam que entre uma e três gigatoneladas de carbono entrem e saiam dos solos desérticos

do planeta a cada ano, o equivalente a algo entre um décimo e um terço das emissões humanas anuais.

Até agora, a troca de carbono entre o solo e o ar era explicada quase só pela respiração do solo, um processo biológico. As plantas retiram CO₂ da atmosfera pela fotossíntese e o transformam em carbono orgânico. Parte desse carbono chega ao solo pelas raízes e pelos micro-organismos associados a elas, que se alimentam dele e o devolvem ao ar na forma de gás.

“Sempre se assumiu que isso é inteiramente movido por um processo biológico”, explicou Amundson, que compara o fenômeno à respiração de um “organismo vivo gigante”. Em climas quentes e secos como o do Mojave, segundo ele, esse processo tende a ser mais lento, porque a vegetação é mais esparsa do que em regiões úmidas como os trópicos.

A pista veio do campo. Desde 2017, a equipe de Amundson monitora o Mojave com sensores instalados no solo, que registram dados em tempo real. “Em vez de o CO₂ sair do solo e voltar para a atmosfera, descobrimos que o carbono estava entrando no solo à noite”, disse o pesquisador, que já estudou solos em vários ecossistemas, entre eles o

deserto do Atacama, no Chile, o mais seco do mundo fora das regiões polares. “Não há explicação biológica para isso.”

Jennifer Mills, coautora do estudo e doutora pelo mesmo departamento, já havia constatado que, à noite, a concentração de CO₂ a cinco centímetros de profundidade ficava abaixo da registrada na superfície, o que fazia o gás entrar no solo. Amundson, que há

mais de 30 anos usa linhas de extração a vácuo em seu laboratório para processar gases, sabia que o CO₂ pode se fixar em superfícies sólidas quando elas esfriam. No Mojave, a superfície do solo chega a 60 °C durante o dia e cai para menos de 20 °C à noite. A hipótese era que os minerais retinham o gás ao esfriar e o liberavam ao aquecer.

Confirmar a ideia levou três anos de traba



Solo pedregoso do deserto de Mojave perto de Barstow, na Califórnia. Segundo o estudo, são os minerais e as partículas finas desse tipo de solo que retêm o CO₂ durante a noite.



Pesquisadores da UC Berkeley instalam uma estação de sensores no deserto de Mojave, onde o monitoramento contínuo do solo revelou a entrada de CO₂ durante a noite.

lho em laboratório. Amostras do deserto foram levadas a Berkeley, e Abramova usou equipamentos do Laboratório Nacional Lawrence Berkeley para medir quanto CO₂ era adsorvido sob diferentes temperaturas e concentrações do gás. Adsorção é o fenômeno em que moléculas de um gás ficam presas à superfície de um sólido. “Quando a temperatura cai, a capacidade de adsorção aumenta”, explicou a pesquisadora.

Ao repetir os testes em temperaturas que iam da noite à tarde no deserto, ela verificou que os solos captavam mais CO₂ ao esfriar e o liberavam ao aquecer. O resultado confirma que a entrada noturna do gás é um efeito físico, e não biológico. “Planejamos esses experimentos para quantificar as taxas de adsorção e compará-las com o que ocorre no Mojave”, disse Abramova. “Foi empolgante ver como dois conjuntos de dados completamente diferentes, obtidos de forma independente, estão muito alinhados.”

A estimativa global pode estar abaixo do valor real, já que se baseia apenas em solos do Mojave. O mesmo fenômeno já foi observado em desertos frios, como os da Antártida, e, segundo Amundson, há muito tempo se suspeita que ocorra também na superfície de Marte. Abramova investiga agora se a adsorção varia em solos com mais carbono orgânico ou com minerais de capacidade de adsorção especialmente alta.

A descoberta aproxima a terra do deserto de uma tecnologia de ponta. Em 2024, o químico Omar Yaghi, um dos laureados com o Prêmio Nobel de Química de 2025, apresentou um material cristalino poroso capaz de retirar CO₂ diretamente do ar. “Estamos basicamente mostrando que minerais naturais têm essencialmente as mesmas capacidades”, afirmou Amundson.

O ciclo mineral só se torna visível quando a respiração biológica do solo é relativamente baixa, como nos desertos. “Esse fluxo abiótico pode se tornar comparável em tamanho, e às vezes até maior do que seu equivalente biológico”, disse o professor. Para os autores, o achado pode acrescentar uma nova camada aos modelos que calculam o balanço de carbono do planeta e inspirar soluções climáticas baseadas na natureza.

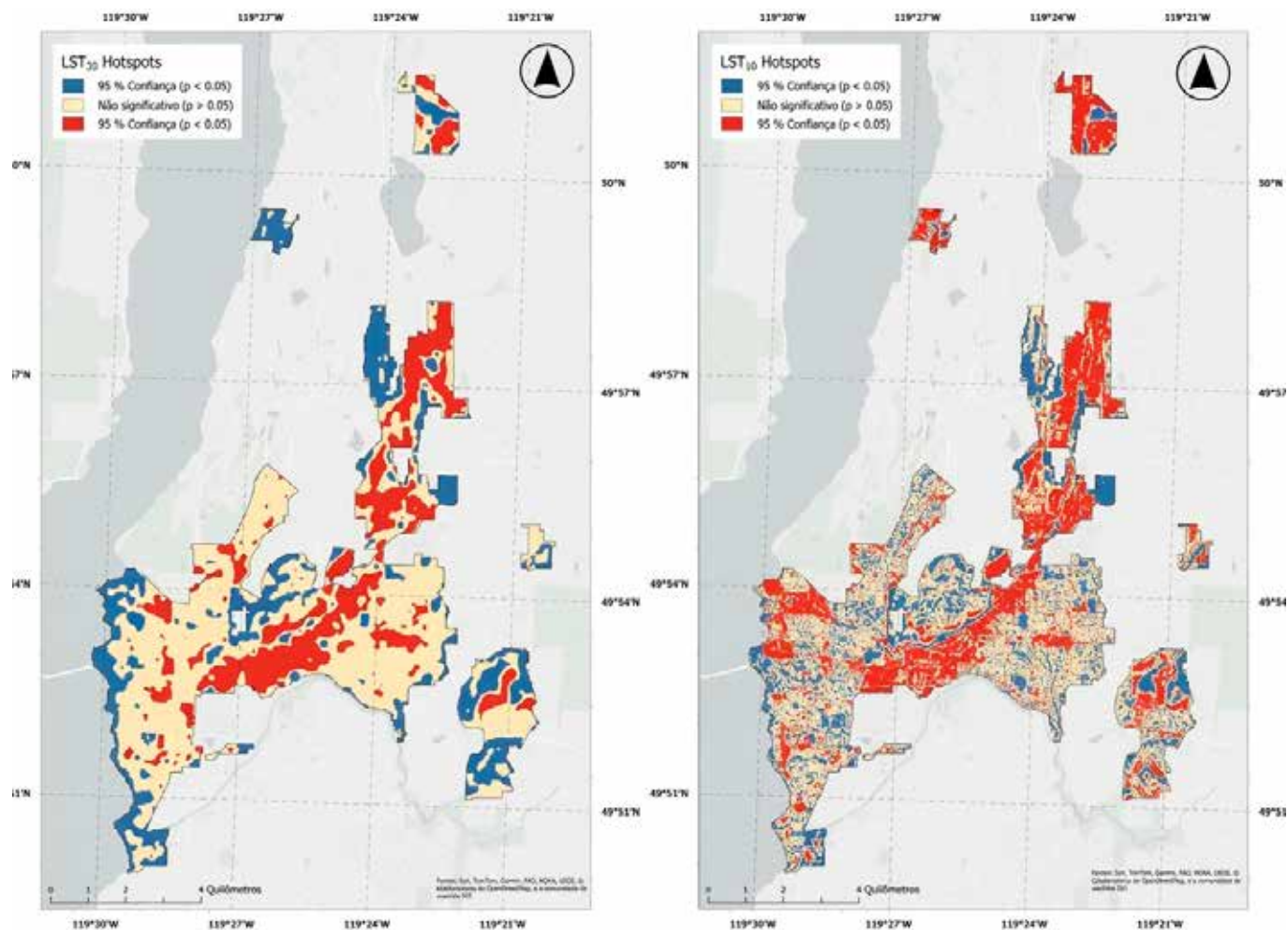
O estudo teve participação de pesquisadores da Universidade Estadual do Novo México e do Laboratório Nacional Lawrence Berkeley, com financiamento da Comissão de Energia da Califórnia e do Departamento de Energia dos Estados Unidos.



Anna Abramova usa nitrogênio líquido para resfriar amostras de solo do Mojave e medir as taxas de adsorção de CO₂ em diferentes temperaturas.



O químico Omar Yaghi durante sua conferência do Nobel de Química de 2025, em Estocolmo. Em 2024, ele apresentou um material poroso capaz de retirar CO₂ diretamente do ar.



Ilhas de calor (vermelho) e de frescor (azul) em Kelowna, no verão de 2023. À esquerda, o mapa com pixels de 30 metros; à direita, a versão refinada para 10 metros revela manchas quentes muito menores.

Mapas finos de calor mostram onde plantar árvores nas cidades

Pesquisadores da Universidade da Colúmbia Britânica, no Canadá, combinam satélites, aprendizado de máquina e modelagem de sombra para indicar, quarteirão por quarteirão, onde novas árvores rendem mais alívio térmico e onde não há espaço para elas



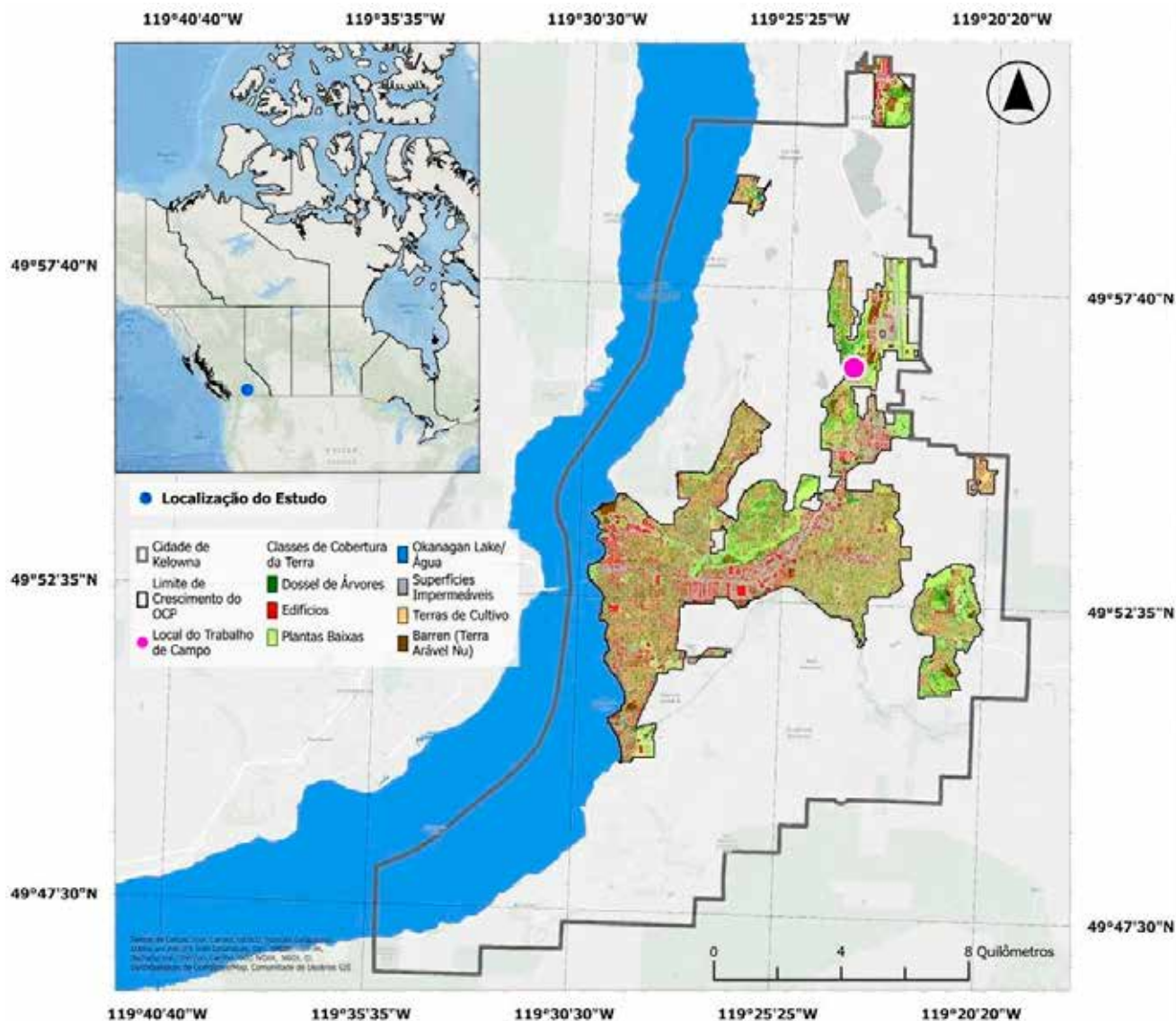
Fotos: Shea et al. (2026), Remote Sensing, Northwest e Melissa McHale

Na cidade canadense de Kelowna, apenas 20% da área analisada concentra 50,8% de todo o ganho de sombra que novas árvores poderiam oferecer. O número vem de um estudo da Universidade da Colúmbia Britânica (UBC) publicado na edição de novembro de

2026 do periódico *Urban Forestry & Urban Greening*, e resume uma ideia que começa a mudar o planejamento urbano: nem toda sombra tem o mesmo valor, e nem todo bairro tem lugar para mais árvores.

Muitas cidades que tentam refrescar ruas esquentadas adotam metas genéricas de cobertura

arbórea, do tipo plantar até atingir certo percentual do território. Dois trabalhos complementares da equipe da professora Melissa McHale, da Faculdade de Silvicultura e Gestão Ambiental da UBC, propõem um caminho mais preciso. O primeiro localiza as ilhas de calor com detalhe de quarteirão. O segundo



Área de estudo em Kelowna, na Colúmbia Britânica, com a classificação da cobertura do solo dentro do limite de crescimento urbano, às margens do lago Okanagan.

aponta onde é possível plantar e onde a sombra fará mais diferença.

“As cidades muitas vezes sabem que precisam de mais copa de árvores, mas ainda têm de decidir exatamente onde o plantio é possível e onde a sombra fará a maior diferença”, afirmou McHale, autora sênior dos dois estudos. “Juntas, essas abordagens nos levam de metas amplas, para a cidade inteira, a decisões na escala das ruas e dos bairros onde as pessoas de fato sentem o calor.”

Mapas térmicos de satélite dão uma visão de conjunto da temperatura da superfície, mas costumam ter resolução grosseira para o planejamento de rua. No padrão mais usado, cada pixel cobre 30 por 30 metros e mistura, numa única média, telhados, asfalto, gramados e copas de árvores.

No primeiro estudo, publicado em setembro de 2026 no periódico *Remote Sensing* e liderado por Evan Shea, da UBC, os pesquisadores usaram um modelo de aprendizado de máquina de código aberto, do tipo floresta aleatória, para refinar as imagens térmicas dos satélites Landsat 8 e 9 com dados do Sentinel-2. O resultado foram mapas com pixels de 10 metros, produzidos a partir de 21 passagens do Landsat e 37 imagens do Sentinel-2 feitas no verão de 2023.

O ganho de detalhe foi grande. A variação de temperatura dentro de cada célula de análise ficou, na mediana, 4,7 vezes maior. Com a imagem convencional, os pontos quentes apareciam como grandes manchas de cerca de 18 mil metros quadrados. No mapa de 10 metros surgiram focos de apenas 700 metros

quadrados, o tamanho aproximado de um lote residencial grande.

Para verificar se o detalhe novo era real, e não ruído digital, a equipe comparou os mapas com um levantamento independente da cobertura do solo. A proporção de copas, prédios, vegetação baixa e superfícies impermeáveis explicou 65,5% da variação térmica adicional. Os autores ressaltam que temperatura de superfície não é o mesmo que temperatura do ar, mas destacam que o método usa dados gratuitos e pode ser replicado por outras prefeituras.

Encontrar o calor é só metade do problema. No segundo estudo, liderado por Benjamin Nixon, a equipe aplicou o CanopyFit, modelo concebido por McHale e desenvolvido com o Laboratório de Ecologia Urbana



Vista aérea de Kelowna em maio de 2023, com o lago Okanagan ao fundo. Na cidade de clima semiárido, loteamentos novos nas encostas convivem com pouca cobertura de árvores.

na e Sustentabilidade da UBC e parceiros municipais. A ferramenta exclui primeiro as áreas onde não se pode plantar, como edifícios, campos esportivos, redes subterrâneas, faixas de proteção contra incêndios florestais e ecossistemas sensíveis. Depois cruza o potencial de sombra com a exposição ao calor e com indicadores sociais e econômicos da população.

Em Kelowna, cidade de clima semiárido com cerca de 170 mil habitantes, o modelo encontrou espaço para 248 hectares de nova copa madura. A oportunidade, porém, é muito desigual e se concentra em poucas áreas.

A análise também separa os bairros por tipo de solução. Há áreas em que calor intenso e maior vulnerabilidade social coincidem com espaço de sobra para plantar, onde novas árvores dariam retorno particularmente alto. Em outras, o calor e a necessidade são grandes, mas quase não há lugar para árvores. Ali, os autores sugerem alternativas como retirar asfalto, mudar regras de construção ou instalar estruturas de sombreamento.

“As cidades têm espaço e recursos limitados para o plantio, então precisamos ser estratégicos”, disse McHale. “O objetivo é estabelecer e manter árvores grandes e saudáveis onde o resfriamento e os outros benefícios delas são mais necessários. Onde o ambiente construído deixa pouco espaço para árvores, os resultados podem ajudar as cidades a identificar as barreiras ao plantio e a avaliar outras formas de oferecer sombra.”

Como as duas ferramentas usam estruturas adaptáveis e dados amplamente disponíveis, os pesquisadores afirmam que outros municípios podem combiná-las com dados locais para montar suas próprias estratégias contra o calor urbano.



Todd Cashine e Jennifer Miles, da prefeitura de Kelowna, e a professora **Melissa McHale**, da UBC, conduzem pesquisadores e técnicos municipais pelo bairro de Rutland para avaliar os obstáculos ao plantio de árvores.



Equipe de busca e resgate da Agência Federal de Gestão de Emergências dos EUA (FEMA) corta uma árvore tombada para abrir caminho numa rua alagada de Nova Orleans, em 30 de agosto de 2005, depois do furacão Katrina. O comentário cita o Katrina como exemplo de desigualdades que persistem dentro das cidades duas décadas após um desastre.

Agenda científica dos EUA inclui árvores urbanas na preparação para extremos

Comentário assinado por 175 cientistas que preparavam a avaliação climática nacional americana lista o que ainda falta saber para enfrentar desastres. As florestas urbanas estão entre as prioridades, tema que Belém conhece de perto a cada temporal.



Fotos: Jocelyn Augustino/FEMA · Paulo Pinto/Agência Brasil · Cayambe

Cento e setenta e cinco cientistas que trabalhavam na próxima avaliação climática nacional dos Estados Unidos publicaram, em 22 de setembro, um roteiro do que ainda precisa ser pesquisado para que cidades, estados e comunidades se preparem para desastres e eventos extremos.

O texto, um comentário intitulado “Prioridades de pesquisa para avaliações climáticas robustas nos Estados Unidos”, saiu ao mesmo tempo na revista *Earth’s Future*, da União Geofísica Americana (AGU), e no *Bulletin of the American Meteorological Society*, da Sociedade Americana de Meteorologia (AMS).

Os autores principais são Melissa Kenney, diretora de iniciativas de pesquisa e conhecimento do Instituto do Meio Ambiente da Universidade de Minnesota, Robert Kopp, professor do Departamento de Ciências da Terra e Planetárias da Universidade Rutgers, e Constantine Samaras, professor de engenharia

civil e ambiental da Universidade Carnegie Mellon. Segundo o próprio artigo, o grupo havia sido encarregado de produzir a sexta Avaliação Nacional do Clima (NCA, na sigla em inglês), relatório que a lei americana exige a cada quatro anos. Os autores foram dispensados pelo governo federal em abril de 2025, e o trabalho seguiu de forma voluntária.

O comentário é o primeiro de uma coleção especial criada pela AGU e pela AMS para reunir, em 24 revistas científicas, estudos que sirvam de base a futuras avaliações nacionais e regionais. A lista de prioridades inclui entender como eventos extremos se combinam e se encadeiam, como riscos climáticos ameaçam infraestrutura e instituições e quanto funcionam, de fato, as ações de adaptação e de gestão de desastres.

Dois exemplos aparecem no capítulo sobre cidades. O furacão Katrina, que atingiu Nova Orleans em 2005, é citado porque as diferenças entre bairros ricos e pobres persistem mais de 20 anos depois. O furacão Helene,

que inundou comunidades dos montes Apalaches em 2024, ilustra a falha simultânea de estradas, água, energia, esgoto e comunicações. Os autores observam que os riscos climáticos crescem mais depressa que a capacidade das instituições e que as cidades mais expostas costumam ter menos recursos.

As florestas ganham um capítulo próprio. O texto registra que calor, mudanças no regime de chuvas, incêndios, surtos de insetos e doenças já causam mortalidade generalizada de árvores no país. Em alguns cenários, o acúmulo de perturbações pode fazer as florestas americanas passarem de sumidouro a fonte de carbono, emitindo mais do que absorvem. Os pesquisadores também apontam novos tipos de extremo, como as “secas quentes” e o fogo que avança sobre áreas urbanas.

É nesse capítulo que entram as florestas urbanas, como os especialistas chamam o conjunto de árvores de ruas, praças e parques. Como mais de 80% da população dos Estados Unidos vive em cidades, dizem os

autores, as ameaças às árvores urbanas (calor, pragas, seca, fogo e elevação do nível do mar) afetam saúde pública, equidade e infraestrutura. Além de guardar carbono e reduzir as ilhas de calor, essas árvores servem de refúgio para pessoas vulneráveis durante eventos extremos. O texto associa florestas urbanas com maior diversidade de espécies a mais atividade física, menor exposição ao calor e à poluição e, em alguns casos, menor mortalidade. A recomendação é avaliar o tema de forma integrada, ligando ecologia urbana, saúde pública, vulnerabilidade social e manejo das árvores.

Entre os 175 autores está John Daigle, professor de gestão de recreação florestal da Universidade do Maine, que contribuiu com a parte sobre povos indígenas e comunidades com fortes laços culturais com o território. “As avaliações futuras serão mais úteis se forem além dos inventários de espécies e se concentrarem em processos dinâmicos, capacidade de adaptação, respostas integradas

Árvores urbanas diante do clima extremo

O que os cientistas americanos pedem e o que as cidades brasileiras já têm em mãos

O QUE O ESTUDO APONTA (EUA)

Mais de 80%

da população dos EUA vive em áreas urbanas

Ameaças

calor, pragas, seca, fogo e elevação do nível do mar

Funções

guardam carbono, reduzem ilhas de calor e servem de refúgio a pessoas vulneráveis em eventos extremos

Saúde

florestas urbanas ricas em espécies ligadas a mais atividade física, menos calor e menos poluição

Prioridade

avaliar juntos ecologia urbana, saúde pública, vulnerabilidade social e manejo das árvores

REFERÊNCIAS NO BRASIL

Lei 8.909/2012

Plano Municipal de Arborização Urbana de Belém, que orienta plantio e substituição de espécies

ABNT NBR 16246

norma técnica de manejo de árvores urbanas: poda (parte 1) e segurança no serviço (parte 2)

Lei 15.299/2025

pedido de poda ou corte por risco exige laudo; sem resposta do órgão em 45 dias, há autorização tácita

Inventário

Belém faz inventário das árvores com a UFRA; levantamento municipal anterior contou cerca de 120 mil, 12 mil mangueiras

Vistoria

UFRA defende inspeção técnica constante e remoção antecipada de árvores com risco de queda

O que o comentário publicado na Earth's Future aponta sobre florestas urbanas e os instrumentos que já orientam o manejo das árvores nas cidades brasileiras.



Árvores arrancadas pelo vendaval sobre carros na rua Paula Ney, na Vila Mariana, em São Paulo, em 10 de dezembro de 2025. Naquele dia, a Defesa Civil recebeu 514 chamados por quedas de árvores na capital paulista.

dos sistemas e retroalimentações sociais e ecológicas”, afirma Daigle.

O comentário não traz manual de poda nem regras práticas. O que oferece é uma forma de olhar o problema que serve às cidades brasileiras, onde a árvore que cai no temporal já é parte da rotina das chuvas. Em 10 de dezembro de 2025, a Defesa Civil de São Paulo recebeu 514 chamados por quedas de árvores na capital, num dia de ventos que chegaram a 98 km/h na Lapa, na zona oeste. A falta de energia provocada pelo vendaval chegou a afetar o abastecimento de água em parte da cidade.

Em Belém, 13 árvores caíram entre janeiro e o início de fevereiro de 2025, oito delas mangueiras, segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima (Semma). O serviço de poda estava suspenso desde setembro de 2024. Em fevereiro, a prefeitura montou uma força-tarefa que mapeou, em três dias, mais de 300 árvores com risco médio ou grave de queda, programou a retirada de 30 no centro e a poda urgente de outras 100. Em 19 de abril de 2026, a cidade registrou 150 milímetros de chuva em menos de 24 horas, e a prefeitura decretou situação de emergência. Na avenida

Pedro Miranda, uma mangueira de 12 metros caiu sobre a rede elétrica e deixou mais de 5 mil famílias sem luz.

Um levantamento da Semma divulgado em 2018 contava cerca de 120 mil árvores na arborização urbana de Belém, 12 mil delas mangueiras. Ao comentar os números, o pesquisador Sérgio Brazão, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), sustentou que chuva e vento sozinhos não explicam as quedas: poda malfeita, escavações que cortam raízes, concreto ao redor do tronco, pragas e a erva-de-passarinho enfraquecem as árvores.



Avenida Nazaré, no centro de Belém, um dos corredores arborizados da cidade conhecida pelos túneis de mangueiras. No bairro de Nazaré se concentrou, em 2025, a vistoria municipal de árvores com risco de queda.

Poda feita só de um lado, para afastar galhos dos fios, desequilibra a copa e pode fazer a árvore tombar com ventos fortes. Para ele, “é necessário que sejam realizadas vistorias diárias nas árvores, por pessoal técnico especializado, visando identificar os riscos”.

Parte das ferramentas que o comentário americano pede já existe no Brasil. Belém tem o Plano Municipal de Arborização Urbana, instituído pela Lei 8.909, de 2012, que permite à Semma substituir as mangueiras tombadas pela mangueira, árvore da mesma família que “cresce entre 7 a 12 metros, no

máximo”, segundo o engenheiro florestal Cosme Farias, da secretaria. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) mantém a NBR 16246, norma de manejo de árvores urbanas que trata da poda e da segurança nos serviços de arboricultura. Em dezembro de 2025, a Lei federal 15.299 passou a exigir laudo de profissional habilitado nos pedidos de poda ou corte por risco de acidente e considera o serviço tacitamente autorizado se o órgão ambiental não responder em 45 dias.

Falta, como nos Estados Unidos, conhecimento acumulado sobre como as árvores

da cidade respondem ao clima que muda. Na UFRA, a equipe do engenheiro florestal Fabiano Emmert monitora desde 2018 as florestas urbanas e periurbanas da região metropolitana e anunciou como próximo passo o estudo da mortalidade das árvores, incluindo a direção e o modo das quedas e o impacto de tempestades e chuvas fortes. A lição do comentário americano é ligar esses dados à saúde e à vulnerabilidade de quem vive embaixo das copas. No temporal de abril, o bairro mais atingido em Belém foi a Terra Firme, na periferia, longe dos túneis de mangueiras do centro. 🌿



O professor Miao Yansong, da Escola de Ciências Biológicas da NTU, com as plantas-modelo usadas nos experimentos que fortaleceram a resposta imune por meio de bioengenharia

Cientistas de Singapura reforçam o sistema imune natural das plantas

Ao reorganizar sensores na superfície das células, pesquisadores da Universidade Tecnológica de Nanyang reduziram em cerca de 53% a proliferação de bactérias em plantas de laboratório, sem prejudicar o crescimento



Fotos: NTU Singapore, Nolanna, Stefan Lefnaer e Cephas

Plantas com o sistema de defesa reforçado em laboratório tiveram cerca de 53% menos crescimento de bactérias do que plantas comuns expostas ao mesmo patógeno. O resultado é de um grupo da Universidade Tecnológica de Nanyang (NTU, na sigla

em inglês), em Singapura, que publicou o estudo na revista científica *Science Advances* em 25 de setembro de 2026.

O trabalho, assinado por Zhiming Ma, Yi Xie, Xinlu Zhu, Choon-Peng Chng, Qiyu Liang, Changjin Huang e Yansong Miao, não mexeu na arquitetura completa das de-

fesas vegetais. Os cientistas atuaram num ponto específico: a forma como os sensores de alerta da planta se agrupam na superfície das células. E, segundo os autores, a imunidade reforçada não alterou o crescimento normal das plantas.

As plantas não têm glóbulos brancos

nem anticorpos. A primeira linha de defesa são receptores instalados na membrana das células, capazes de reconhecer moléculas típicas de micróbios invasores. Quando identificam um sinal suspeito, disparam uma cadeia de reações de defesa.

O grupo estudou um desses receptores, chamado FLS2 (sigla em inglês para sensor de flagelina 2). Ele detecta a flagelina, proteína que forma o flagelo, estrutura usada por muitas bactérias para se locomover. Com imagens de moléculas individuais em células vivas, os pesquisadores observaram que, em repouso, o FLS2 fica quase sempre isolado e que, ao ser ativado, forma

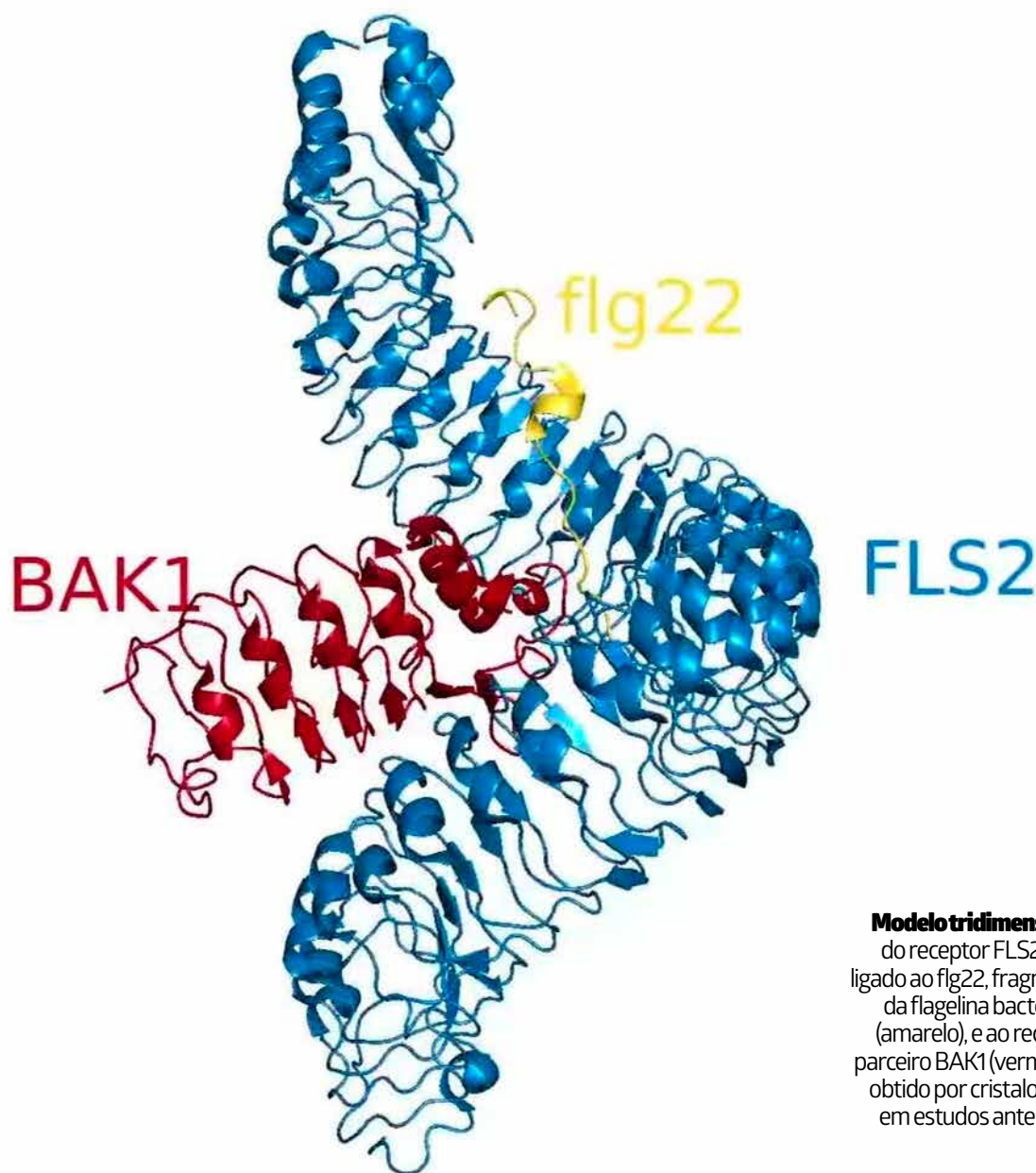
pares de modo passageiro.

A partir dessa observação, a equipe usou engenharia sintética de proteínas para controlar quantos receptores se agrupam de cada vez. A melhor configuração reuniu dois receptores FLS2 e dois receptores parceiros. Esse arranjo intensificou o sinal de alarme e, ao mesmo tempo, permitiu que os receptores fossem retirados e substituídos normalmente depois de cumprir sua função, o que mantém a defesa ativa por mais tempo.

Mais não significou melhor. Quando muitos receptores foram agrupados juntos, a planta reagiu com força no início, mas a

renovação dos sensores ficou comprometida e a defesa perdeu fôlego. “Nosso método é parecido com colocar mais guardas numa torre de vigia”, disse Miao, que coordenou o estudo. “Ter o número certo facilita localizar um intruso e reagir rápido, mas ter guardas demais pode atrapalhar. A equipe encontrou um arranjo ideal, que fortalece e sustenta a resposta imune sem afetar o crescimento normal da planta.”

Os testes foram feitos com *Arabidopsis thaliana*, planta-modelo da biologia vegetal, cuja genética e cujo funcionamento celular são bem conhecidos. Ela pertence à família das brassicáceas, a mesma da cou-



Modelo tridimensional
do receptor FLS2 (azul)
ligado ao flg22, fragmento
da flagelina bacteriana
(amarelo), e ao receptor
parceiro BAK1 (vermelho),
obtido por cristalografia
em estudos anteriores.

ve, do repolho e de hortaliças asiáticas como o kai lan e o choy sum. Muitas descobertas feitas nessa espécie ajudam a entender processos semelhantes em plantas cultivadas.

Segundo os pesquisadores, o mesmo princípio poderia ser adaptado a folhosas como a acelga-chinesa, o kai lan, o choy sum e a couve-kale. A própria equipe ressalva, porém, que o caminho é longo. Para cada cultura, será preciso identificar os receptores equivalentes, descobrir o arranjo ideal e testá-lo antes de qualquer uso comercial.

O interesse é especialmente grande nas fazendas verticais e de ambiente fechado, em que muitas plantas iguais crescem lado a lado. Se um patógeno entra num sistema desses, pode se espalhar rapidamente por toda a produção. O grupo agora concentra esforços em hortaliças folhosas e outras culturas de alto valor adequadas a esse tipo de cultivo, e pretende verificar se a imunidade reforçada funciona contra patógenos diferentes em escala maior.

No estudo publicado, o arranjo reforçado foi introduzido nas plantas por modificação genética. A equipe diz trabalhar também em alternativas, como um aditivo que os agricultores poderiam aplicar diretamente sobre lavouras já em crescimento. “Agora que entendemos como esses receptores imunes podem ser agrupados com precisão para produzir uma resposta mais forte, e temos a tecnologia para achar a configuração ideal, há diferentes maneiras de aplicar esse conhecimento”, afirmou Miao. “Um caminho são variedades e sementes melhoradas. A equipe também trabalha em métodos que poderiam ser aplicados diretamente em cultivos que já estão crescendo.”

O pesquisador registrou pedidos de patente para duas tecnologias usadas no trabalho: o método de engenharia de proteínas que controla o agrupamento dos receptores e uma plataforma de imagem em células vivas que conta quantos receptores se reuniram na superfície de cada célula.

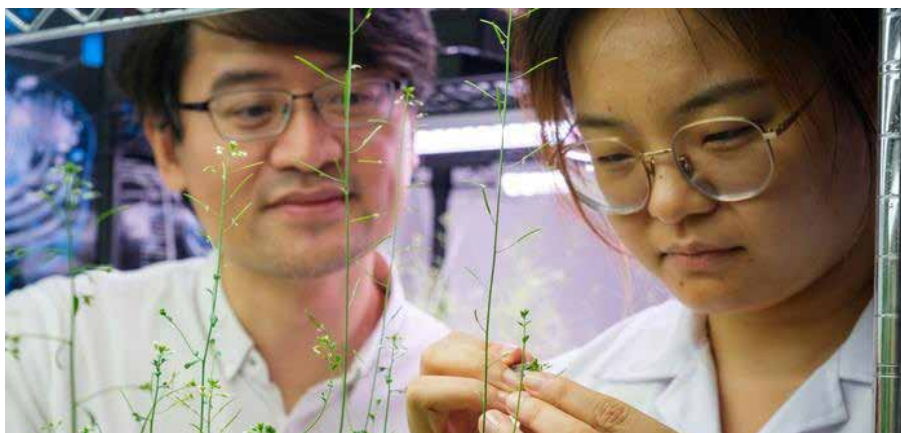
A pesquisa integra o programa Sistema de Cultivo em Ambiente Fechado de Singapura (SingFarmS), de 25 milhões de dólares de Singapura, apoiado pela Agência de Alimentos de Singapura e pela Fundação Nacional de Pesquisa do país, em parceria com a Universidade e Centro de Pesquisa de Wageningen, na Holanda. A ambição é tornar a produção de alimentos em ambiente fechado mais produtiva, eficiente e resistente.



Rosetas de *Arabidopsis thaliana*, pequena planta da família das couves usada no mundo todo como modelo em pesquisas de biologia vegetal



Kailan (*Brassica oleracea*), hortaliça da mesma família da planta-modelo e uma das culturas em que os pesquisadores pretendem testar a técnica.



Miao Yansong (à esquerda) acompanha a pesquisadora Wang Jing em experimento com a planta-modelo no laboratório da NTU.

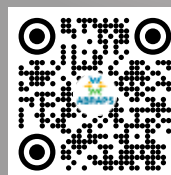
**Profissionais
trabalhando pelo
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**



ABRAPS

Associação Brasileira dos Profissionais
pelo Desenvolvimento Sustentável

Junte-se a nós!



abraps.org.br



11 99922 7825

Apenas mensagens de texto



apresenta

djavanear

50 anos
só sucessos

24/10

HANGAR
BELÉM

últimos ingressos

PATROCINADOR



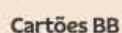
MEDIA PARTNER



INGRESSOS



MEIO DE PAGAMENTO OFICIAL



CIA AEREA OFICIAL



REALIZAÇÃO

