Amazônia



MELHOR PUBLICAÇÃO DO NORTE

31 ANOS
EDITORA CÍRIOS

R$39,99

ANO 20
NÚMERO 159
NOVEMBRO/2026

TURBINAS MUDAM A TEIA ALIMENTAR DO OCEANO

MICRÓBIOS DO MAR SÃO A CHAVE PARA COMBATE A DOENÇAS

OZÔNIO DAS QUEIMADAS REDUZ O CARBONO ABSORVIDO PELA AMAZÔNIA


Ouv SUS 136
Ouvidoria-Geral do SUS
Vá até
gov.br/doeorgaos
e saiba mais
GOVERNO DO BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO
DOAÇÃO DE ÓRGÃOS E CÓRNEAS
UM ATO HEROICO PODE SALVAR VIDAS
Deixe sua vontade clara.
Converse com a sua família.
Sem a autorização familiar,
a doação não acontece.
VIVA SUS
SUS
MINISTÉRIO DA SAÚDE
GOVERNO DO BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

MESSE MÜNCHEN

As maiores oportunidades do setor ambiental esperam pela sua empresa.

Durante três dias, fabricantes, fornecedores, distribuidores, prestadores de serviço, investidores e tomadores de decisão se encontram para gerar negócios, apresentar tecnologias e impulsionar o desenvolvimento sustentável em toda a **América Latina**.

Posicione sua marca entre os líderes do mercado e faça parte da próxima edição.



SEJA EXPOSITOR

Garanta seu espaço na **IFAT Brasil 2027** e conecte sua empresa aos principais compradores e decisores do setor.

IFAT Brasil

IFAT Brasil 2027
23 a 25 de junho de 2027

13h às 20h

Expo Center Norte
São Paulo

ifatbrasil.com.br

Sumário

RevistaAmazonia.com.br





FUMAÇA DAS QUEIMADAS FECHA ESCOLAS E SUFOCA MANAUS

Com o El Niño secando a Amazônia central, o Amazonas quadruplicou os focos de calor em setembro e a capital passou semanas sob nuvens de fuligem.



TROCAS DE MEGACLIMA MARCARAM AS GRANDES EXTINÇÕES DA TERRA

Análise de 539 milhões de anos de registros geológicos mostra que o clima do planeta passou longos períodos em cinco estados estáveis.



OEA ALERTA QUE EL NIÑO AMEAÇA ÁGUA, COMIDA E ENERGIA NAS AMÉRICAS

Nota técnica preparada com a Organização Meteorológica Mundial prevê seca prolongada na bacia amazônica até fevereiro, chuva em excesso no Sul do Brasil e pressão sobre hidrelétricas que geram metade da eletricidade da região



NA AMAZÔNIA O MAIOR PERIGO ESTÁ NA PICADA, NÃO NA ONÇA

Dados do Ministério da Saúde e de pesquisadores mostram que serpentes, escorpiões e o mosquito da malária fazem muito mais vítimas na região do que jacarés, onças e tubarões, protagonistas das listas de curiosidades



PROJETO EUROPEU GARIMPA NO MAR MICRÓBIOS CAPAZES DE COMBATER DOENÇAS

Em cinco anos, o MARBLES, liderado pela Universidade de Leiden, nos Países Baixos, analisou mais de 1.200 linhagens de micro-organismos ligados a esponjas, algas e peixes.



TURBINAS NO MAR VIRAM RECIFE E MUDAM A TEIA ALIMENTAR DO OCEANO

Estudo com três parques eólicos marinhos dos Estados Unidos mostra que mexilhões e outros organismos presos às fundações redesenham o caminho do carbono no fundo do mar e deixam o ecossistema mais organizado.



OCEANOS POLARES PERDEM O GELO QUE SUSTENTA COSTAS, POVOS E PINGUINS

Relatório europeu sobre o estado dos oceanos mostra que a superfície do Ártico aqueceu 4,2 °C desde 1982 e que o gelo marinho recua em quase todas as regiões do extremo norte. Na Antártida.

Amazônia

EXPEDIENTE

PUBLICAÇÃO
Editora Círios SS LTDA
ISSN 1677-7158
CNPJ 03.890.275/0001-36
Rua Timbiras, 1572-A
Fone: (91) 3083-0973
Fone/Fax: (91) 3223-0799
Cel: (91) 9985-7000
CEP: 66033-800
Belém-Pará-Brasil

EDITORA CÍRIOS

DIRETOR
Rodrigo Barbosa Hühn
pauta@revistaamazonia.com.br

PRODUTOR E EDITOR
Ronaldo Gilberto Hühn
amazonia@revistaamazonia.com.br

POR FAVOR RECICLE ESTA REVISTA

COMERCIAL
Alberto Rocha, Rodrigo B. Hühn
comercial@revistaamazonia.com.br

ARTICULISTAS COLABORADORES
Amy Bennett (The Conversation), Bruno Monteiro Balboni, Eberhard Fritz (Sociedade Max Planck), Gian Franco Capra, Jesse Steinmetz (Live Science), João Thiago Rodrigues de Sousa, Michelle Robin, Qing Yang, Ronaldo G. Huhn, Selino Monteiro Costa Filho, Sociedade Max Planck, Victor Hugo Pereira Moutinho, Xiuhong Liu, Yaxin Wang, Zhen Xu;

FOTOGRAFIAS
Acervo da pesquisa / Ufopa, Adobe Stock, AFP, Agência Oceânica, Alejandro Piñero Amerio, Alice Weinert, Bernardo Flores, Bloomberg Creative, Capra et al., CCO Domínio Público, CIT, Communications Earth & Environment, DayakSibiriak, Dejan Krsmanovic, Deisy L. Piedrahita, Discover Magazine, Divulgação Ufopa, Dom Jack, Edie et al., EqualSea, Escola de Ciências da Terra e do Meio Ambiente da Universidade de Leeds, FJ Jimenez, Florence Nightingale, Getty Images, IISD/ENB, INPA, Instituição Smithsonian, Instituto Max Planck de Biogeoquímica, Instituto Max Planck de Química, Jet Propulsion Laboratory, Jonathan Williams, Kiara Worth, Kristof Zyskowski, Lara Murillo, Lauren Dauphin, Live Science, Met Office, Michelle Robin et al., Museo Reina Sofía, NASA, NASA Earth Observatory, Nature Climate Change, Nature Picture Library, NOAA, Observatório da Torre Alta da Amazônia (ATTO), Ocean Blue Project, OMM, Pablo Picasso, Pedro Américo, Pexels, PRODES/INPE, Quang Nguyen Vinh, Rafael Oliveira / Unicamp, Ronaldo G. Huhn, Science Advances, Sentinel-6 Michael Freilich, Shutterstock, Sociedade Max Planck, Total Environment Advances, Unesp, Universidade de Utrecht, Unsplash, US Navy, Vinicius Braga / Embrapa, Vraj Acharya, WELL Labs, Wellcome Images, Wikimedia Commons;

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA
Editora Círios SS LTDA

DESKTOP
Gilson Magno

Para receber edições da Revista Amazônia gratuitamente é só entrar no grupo www.bit.ly/Amazonia-Assinatura ou aponte para o QR Code

NOSSA CAPA
Chamas consomem a floresta em El Niño sem precedente
Foto: Campanato/Agência Brasil



ANER Associação Nacional de Editores de Revistas

ABRAPS ORGANIZAÇÃO PARCEIRA PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Portal Amazônia

Uma nova forma de sentir, pensar e agir para

CRIAR NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS

com **MARKETING E SUSTENTABILIDADE** convergentes para as empresas fazerem a coisa certa e lucrarem com isso.

Marketing Sustentável

novas **IDEIAS**, bons **IDEAIS**

Empresa B Certificada — Saiba mais em bcorp.com

ABRAPS — ORGANIZAÇÃO PARCEIRA PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

marketingsustentavel.com.br
falecom@marketingsustentavel.com.br

ORGANIZAÇÕES COM ENTREGAS REALIZADAS: •ABIGRAF •ABRAPS •AERIS TECNOLOGIA •AMBEV •ARGO ENERGIA •ARVAL BNP PARIBAS GROUP • BUCKMAN •CHEP •COLGATE PALMOLIVE •COMPASS GÁS E ENERGIA •ECOTOMORROW •CRECI SP •KIMBERLY-CLARK •MERCADO MUNDI •PHILIPS WALITA •PROSPERA •SÃO PAULO FUTEBOL CLUBE • SEBRAE CENTRO DE SUSTENTABILIDADE •UNIBES CULTURAL •VERSUNI



Queimada para limpeza de pasto à beira de estrada em São Félix do Xingu, no sul do Pará, em 2008. Quase todo o fogo na Amazônia é iniciado por pessoas, para abrir áreas ou em queimadas agrícolas que escapam para a mata.

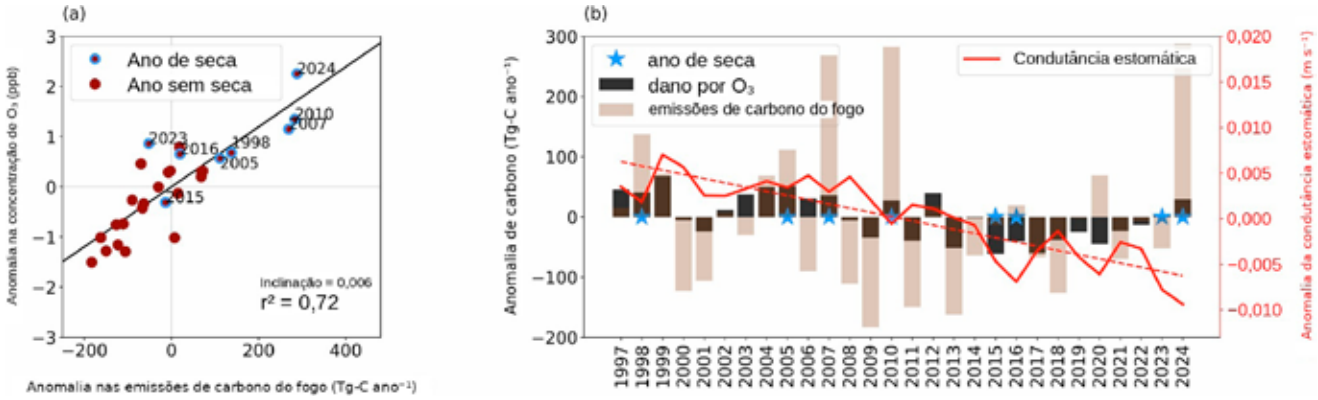
Ozônio das queimadas reduz o carbono que a Amazônia absorve

Estudo com dados de 1997 a 2024 calcula que a poluição formada pela fumaça dos incêndios tira da floresta o equivalente a 24% do carbono emitido pelo próprio fogo. O dano cresce nas secas e se concentra no arco do desmatamento, que corta o sul do Pará.

Fotos: Valter Campanato/Agência Brasil · Brown et al. (2026), Communications Earth & Environment · Inpe · NASA/Veronika Leitold

A fumaça das queimadas na Amazônia cobra da floresta um preço que não entra nas contas do fogo. Além do gás carbônico (CO_2) liberado na combustão, os incêndios lançam no ar poluentes que, sob a luz do sol, formam ozônio junto ao solo. Esse gás penetra nas folhas das árvores que sobreviveram às chamas e reduz a fotossíntese. Um estudo publicado em 7 de outubro na revista Communications Earth & Environment calcula que a perda de carbono causada por esse ozônio equivale a cerca de 24% do carbono emitido diretamente pelas próprias queimadas.

O trabalho foi liderado pela pesquisadora Flossie Brown, da ETH Zurich, na Suíça, e da Universidade de Exeter, no Reino Unido, e tem dez autores. Entre eles estão Stephen Sitch, professor da Universidade de Exeter, Alexander Cheesman, da Universidade James Cook, na Austrália, cientistas do Centro Hadley do Met Office, o serviço meteorológico britânico, e da Universida-



À esquerda, cada ponto é um ano entre 1997 e 2024: quanto maior a emissão de carbono das queimadas, maior a concentração de ozônio junto ao solo na Amazônia. À direita, as barras claras mostram a variação anual das emissões diretas do fogo; as escuras, a perda de carbono causada pelo ozônio; a linha vermelha, a abertura dos estômatos das folhas, em queda no período. As estrelas marcam os anos de seca.

de de Reading, e o físico Paulo Artaxo, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) e do Centro de Estudos Amazônia Sustentável (CEAS) da USP, único brasileiro do grupo.

"Os incêndios florestais não liberam CO2 apenas quando queimam", afirma Brown. "Eles também contribuem para o aumento do ozônio ao nível do solo, um poluente que danifica as folhas das árvores sobreviventes e reduz sua capacidade de continuar absorvendo carbono depois. Descobrimos que esse efeito oculto equivale a cerca de um quarto do carbono liberado pelos próprios incêndios, uma perda significativa para o balanço de carbono da Amazônia que não havia sido considerada."

O ozônio entra na planta pelos estômatos, os poros das folhas por onde também passa o CO2. Segundo os autores, as mesmas características que fazem das florestas tropicais as mais produtivas do planeta, copas densas e sempre verdes e estômatos muito abertos, deixam essas árvores expostas ao poluente o ano inteiro. Essas florestas respondem por metade de todo o carbono fixado pela fotossíntese na Terra, e a Amazônia guarda cerca de 120 bilhões de toneladas de carbono.

Para medir o efeito, a equipe usou o JULES, modelo britânico que simula as trocas de energia, água e carbono entre a vegetação e a atmosfera, alimentado com dados meteorológicos observados de 1997 a 2024. As concentrações de ozônio vieram do modelo do sistema terrestre do Reino Unido (UKESM1), e as emissões do fogo, da base internacional Global Fire Emissions Database (GFED4s), que começa em 1997. O grupo comparou simulações com e sem o dano do ozônio.

O fogo aparece como o principal fator por trás da variação do ozônio de um ano para outro: quanto mais carbono as queimadas emitiram, mais ozônio havia junto ao solo. Em 2024, as duas medidas bateram recorde no período. A faixa de incerteza do cálculo principal vai de 18% a 35%, conforme a sensibilidade das espécies tropicais ao poluente, e os autores pedem que o resultado seja lido como uma estimativa de ordem de grandeza.

A seca entra na conta de dois jeitos. Favorece o fogo e, portanto, o ozônio. Mas também faz as árvores fecharem os estômatos para economizar água, o que barra parte do poluente. O aumento do CO2 na atmosfera e o ar mais seco trazido pelo aquecimento têm efeito parecido. Nas simulações, esse fechamento evitou, em média, danos equivalentes a 2 milhões de toneladas de carbono por ano, e a perda causada pelo ozônio vinha caindo. Na seca de 1998, ligada a um El Niño, ela chegou a 50 milhões de toneladas acima da média. Em 2024 o valor foi menor, apesar de mais fogo e mais ozônio, mas quebrou uma sequência de dez anos de queda.

"As secas amazônicas que estudamos deixaram, cada uma, uma assinatura distinta", diz Brown. "O dano por ozônio durante a seca de 2023/24 quase dobrou em relação à média da década anterior."

O efeito não é igual em toda a floresta. No norte da Amazônia, a seca tende a proteger as árvores, porque o fechamento dos estômatos pesa mais que o aumento do ozônio. No sul, entre julho e outubro, auge da temporada de queimadas, a seca eleva o dano em 10 milhões a 30 milhões de toneladas de carbono por mês em relação aos anos normais. Em agosto, a perda de produtividade causada pelo ozônio chega, em média, à metade da perda provocada diretamente pela falta de chuva. Em 2010, superou o próprio efeito da seca.

Esse dano se concentra no arco do desmatamento, onde a fronteira agropecuária avança sobre a floresta e onde há muita mata degradada e inflamável. A faixa vai do oeste do Maranhão e do sul do Pará até o Acre, passando por Mato Grosso e Rondônia. Em 2016, quando houve pouco fogo nessa região apesar da seca, o ozônio não aumentou e grandes áreas do sul e do sudeste da Amazônia escaparam do dano.

Os dados do Programa Queimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), mostram o peso do Pará nesse quadro. Em 2024, o satélite de referência do instituto registrou 56.070 focos de calor no estado, o maior número entre as unidades da federação, à frente de Mato Grosso, com 50.551, e o maior total paraense desde 2010. A média anual do Pará entre 1998 e 2025 é de 40.553 focos. Em quatro das secas do período, o estado ficou bem acima dela: 71.477 focos em 2005, 68.491 em 2007, 57.196 em 2010 e 56.070 em 2024. Em todo o bioma Amazônia, os 140.346 focos de 2024 foram o maior número desde 2007.

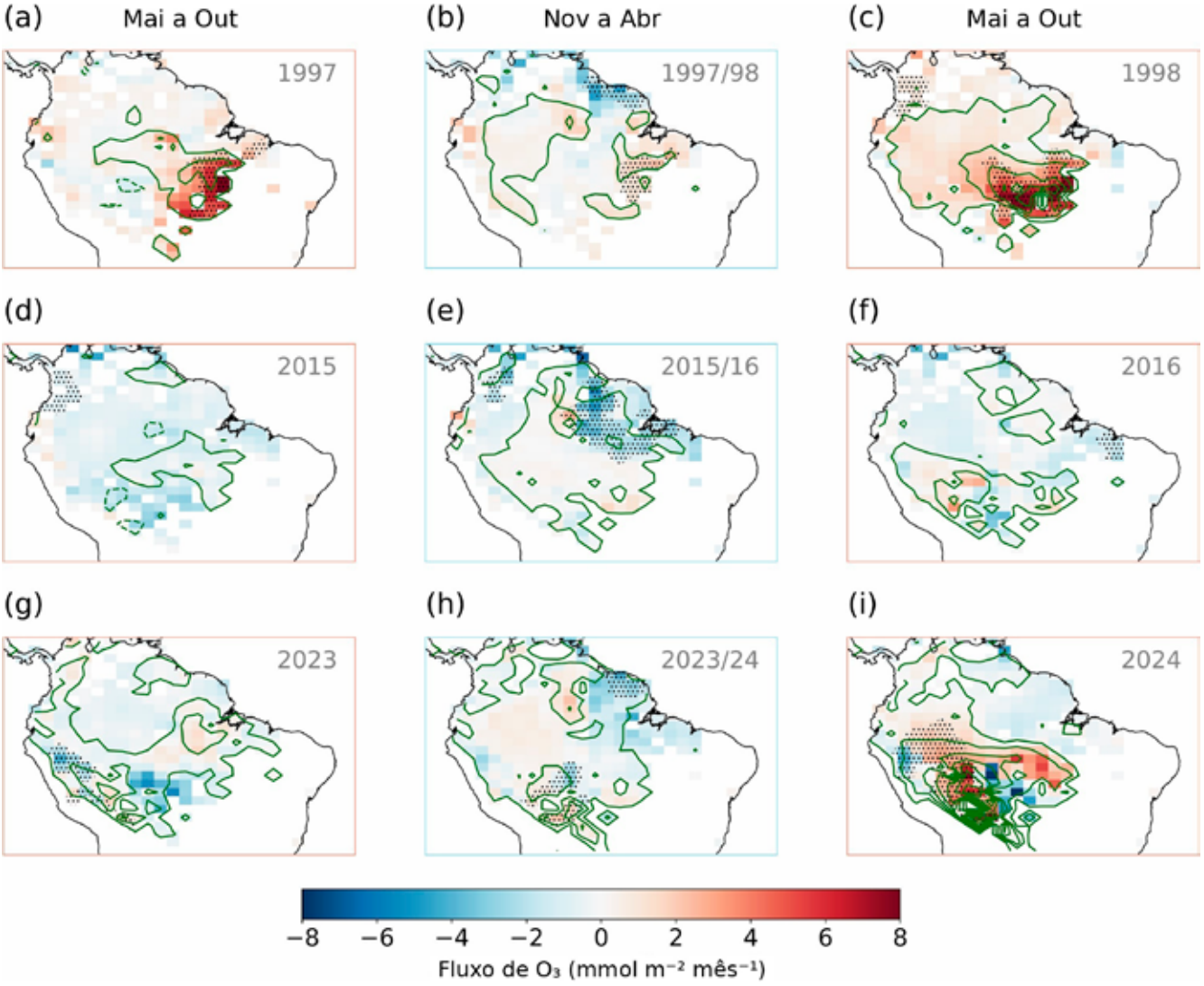
O levantamento da rede MapBiomas aponta na mesma direção. Em 2024, a Amazônia teve 15,6 milhões de hectares queimados, a maior área da série iniciada em 1985 e 117% acima da média histórica. Pela primeira vez, a floresta foi o tipo de vegetação mais atingido no bioma, com 6,7 milhões de hectares, à frente das pastagens. No acumulado de 1985 a 2024, Pará, Mato Grosso e Maranhão concentram 47% de toda a área queimada no Brasil, e a Área de Proteção Ambiental (APA) Triunfo do Xingu, no sul do Pará, lidera entre as áreas protegidas, com mais de 1,08 milhão de hectares atingidos. Os autores do estudo lembram que, em 2024, a perturbação da floresta pelo fogo atingiu escala sem precedentes mesmo com a queda do desmatamento.

O Pará também aparece no estudo como referência de campo. Os autores citam medições feitas de 2002 a 2021 na torre do km 67 do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), na Floresta Nacional do Tapajós, perto de Santarém, que registraram em 2015 e 2016 a menor condutância estomática da série, ou seja, as folhas mais fechadas. O dado confirma a tendência de fechamento dos poros que aparece no modelo.

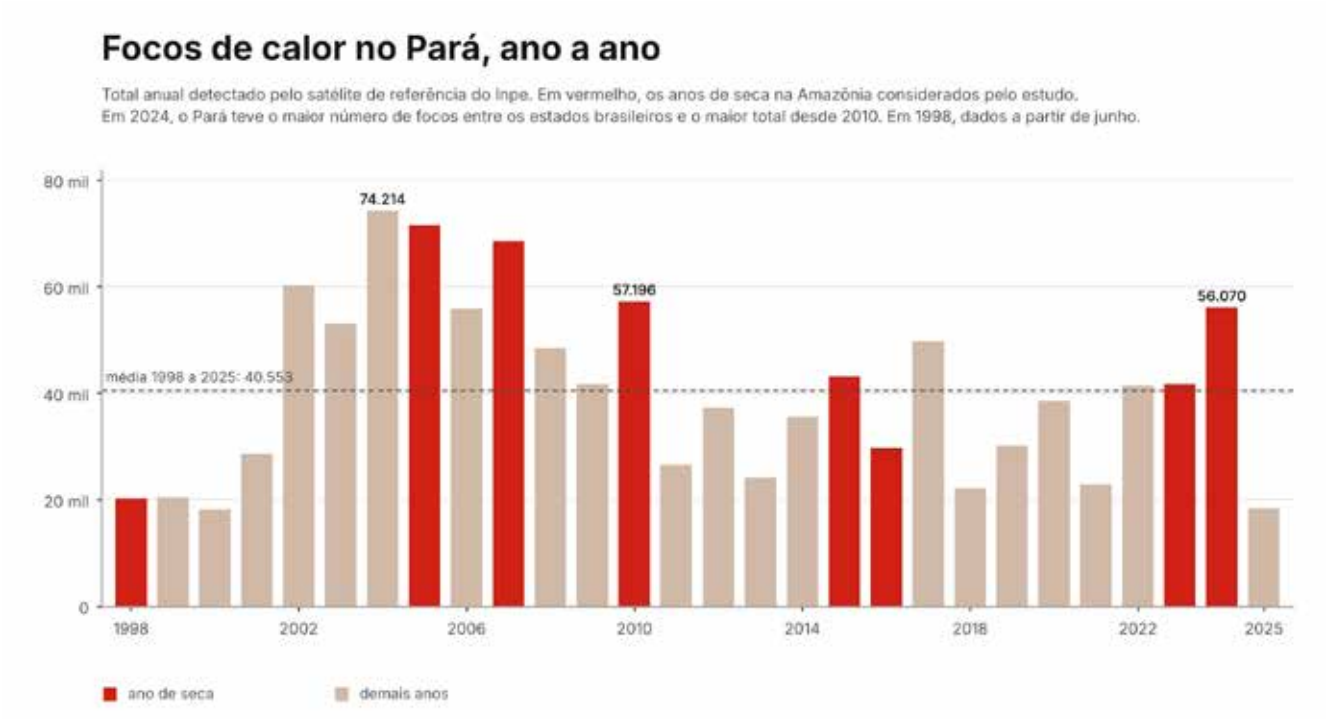
A pesquisa aponta ainda um risco novo. Nas secas de 2005 e 2024, o fogo alcançou florestas primárias e remotas, longe do arco do desmatamento, e as simulações mostram mais ozônio entrando em folhas de áreas raramente expostas ao poluente. Os autores levantam a hipótese de que essa vegetação seja mais sensível justamente por não ter histórico de exposição, e defendem o monitoramento contínuo



Imagem de satélite divulgada pelo Inpe em agosto de 2019 mostra plumas de fumaça de queimadas e cicatrizes de áreas abertas em meio à floresta em Altamira, no sul do Pará.



Variação da entrada de ozônio nas folhas nas três secas mais extremas do período, ligadas ao El Niño, em comparação com anos sem seca. Vermelho indica mais ozônio absorvido pela vegetação; azul, menos. As linhas verdes mostram a variação da concentração do poluente e os pontilhados, diferenças estatisticamente significativas. Entre maio e outubro de 1998 e de 2024, o aumento se concentrou no sul da floresta



Focos de calor detectados por ano no Pará pelo satélite de referência do Programa Queimadas, do Inpe. Em vermelho, os anos de seca na Amazônia considerados pelo estudo. Em 2024, o estado liderou o país, com 56.070 focos.

do ozônio na Amazônia, onde as medições ainda são escassas.

A preocupação imediata é com o clima deste ano. As três secas mais extremas do período, em 1997/98, 2015/16 e 2023/24, ocorreram durante eventos de El Niño, e os pesquisadores alertam que um El Niño forte já está em formação. Segundo o estudo, os maiores efeitos do fenômeno sobre a Amazônia costumam aparecer no ano seguinte ao seu início. Até 8 de outubro, o Inpe contava 13.838 focos no Pará em 2026. "Como um El Niño comparavelmente forte parece estar se formando de novo este ano, tememos ver a história se repetir", diz Brown.

Quase todo o fogo na Amazônia é iniciado por pessoas. "Isso significa que o dano extra por ozônio que descrevemos é, em grande parte, evitável", afirma Sitch. "Reduzir o desmatamento e a degradação florestal cortaria as emissões diretas do fogo, e nosso estudo mostra que também protegeria a Amazônia dessa fonte secundária e invisível de perda de carbono."

Para Cheesman, poluição do ar, desmatamento e mudança climática não podem ser tratados como problemas separados. "Esses impactos interagem e precisam ser considerados em conjunto", diz. "Mas isso também significa que as soluções podem ter múltiplos benefícios. Políticas que enfrentam o desmatamento e a degradação atacam tanto o CO2 liberado diretamente pelo fogo quanto a poluição por ozônio que corrói, silenciosamente, o que resta da capacidade da floresta de reabsorvê-lo."



Copa da floresta na Floresta Nacional do Tapajós, no oeste do Pará, vista de baixo. É pelos estômatos das folhas que as árvores absorvem gás carbônico, e é também por eles que o ozônio entra.



Fumaça das queimadas fecha escolas e sufoca Manaus

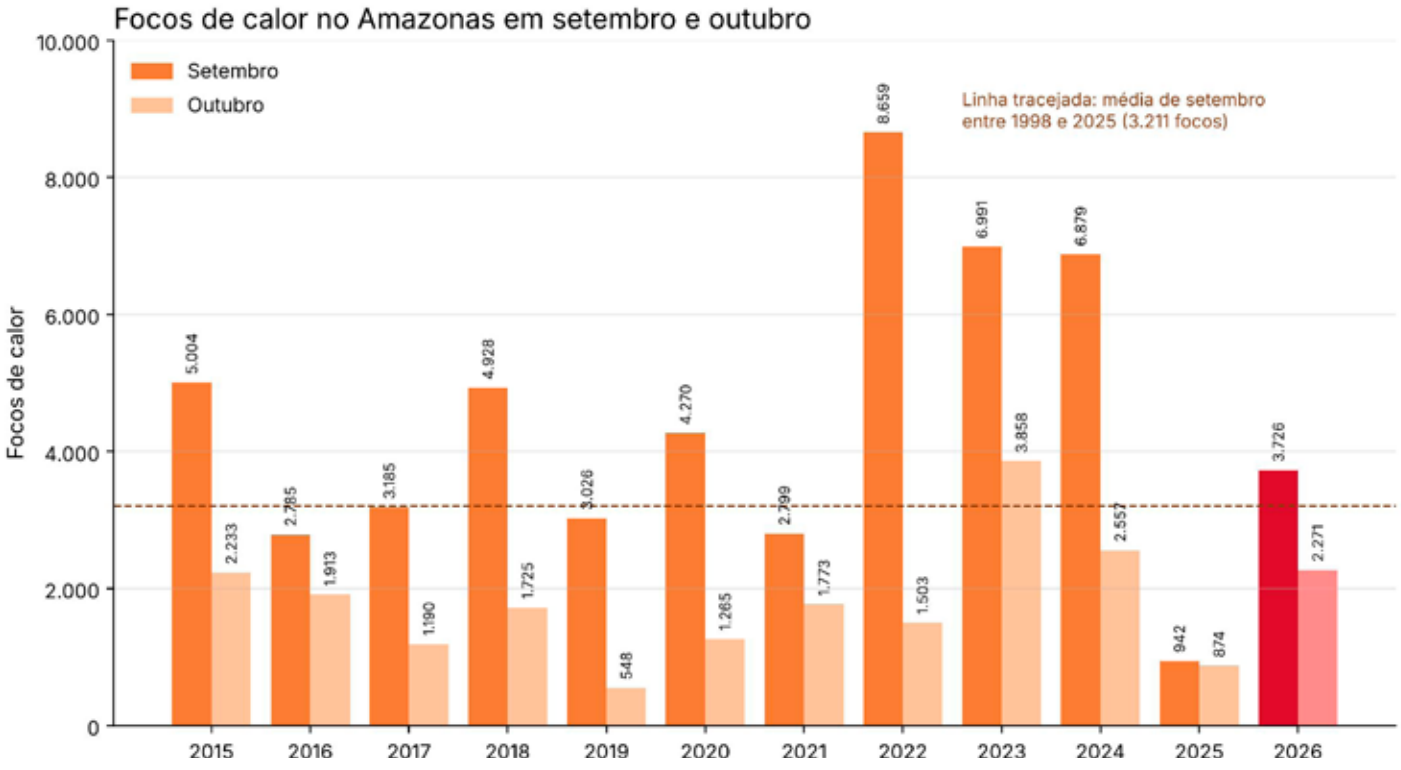
Com o El Niño secando a Amazônia central, o Amazonas quadruplicou os focos de calor em setembro e a capital passou semanas sob nuvens de fuligem. Satélites, sensores e cientistas mostram que quase todo esse fogo foi aceso por pessoas

Fotos: Nasa, Vinícius Mendonça/Ibama, FAB

Às 2h da madrugada de 9 de outubro, um sensor da rede de monitoramento da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) registrou 344,5 microgramas de partículas finas por metro cúbico de ar em Manaus. A concentração é mais do que o dobro de 160 microgramas, patamar acima do qual o ar já é considerado péssimo. Horas depois, a prefeitura suspendeu as aulas da rede municipal e as atividades presenciais em suas sedes administrativas. A Universidade Federal do Amazonas (Ufam), a UEA e o Instituto Federal do Amazonas (Ifam) fizeram o mesmo.

Não era um episódio isolado. Em 23 de setembro, um sensor do Distrito Industrial, na zona sul, havia marcado 587,9 microgramas por metro cúbico, no sexto episódio de fumaça intensa em 15 dias, segundo os dados do Sistema Eletrônico de Vigilância Ambiental (Selva), da UEA. Na véspera, Manaus tinha registrado 38,6 °C, a temperatura mais alta do ano, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

A fumaça vem de longe e de perto. Segundo a Prefeitura de Manaus, ela tem origem em queimadas no interior do Amazonas, so-



Focos de calor detectados pelo satélite de referência do Inpe no Amazonas em setembro e outubro de cada ano. Em 2026, setembro ficou acima da média histórica, mas abaixo dos anos críticos de 2022 a 2024.

bretudo na região metropolitana e no leste do estado, e em estados vizinhos como Rondônia, Pará e Mato Grosso. Em dias sem chuva e com pouco vento, as partículas ficam suspensas no ar por dias.

Os números do Programa Queimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), dão a dimensão do salto. Em setembro, o satélite de referência detectou 3.726 focos de calor no Amazonas, quase quatro vezes os 942 do mesmo mês de 2025. Em outubro foram 2.271, contra 874 um ano antes. Só em 10 de outubro, o estado teve 494 novos focos, segundo o painel do Inpe.

O aumento é real, mas precisa ser lido com cuidado. O ano de 2025 teve o menor número de queimadas da série histórica na Amazônia, o que infla qualquer comparação. "Neste ano a gente teve um aumento, mas esse aumento, quando a gente compara com os meses de agosto a outubro de outros anos, a gente teve anos anteriores com muito mais fogo", explica Ane Alencar, diretora de Ciência do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam). Os dados do Inpe confirmam: setembro de 2026 ficou cerca de 16% acima da média histórica para o mês, de 3.211 focos, mas muito abaixo dos 8.659 de setembro de 2022. De janeiro ao início de novembro, o Amazonas somou 8.633 focos, um terço do total de 2024.

O que mudou foi o lugar e a força do fogo. A estiagem chegou com intensidade à Amazônia central, onde fica Manaus, e o El Niño amplificou a seca. Segundo o Inmet, a chuva na capital ficou 95% abaixo do normal em agosto e 60% abaixo em setembro. "Agora, na Amazônia, estamos vendo cair a segunda peça do dominó", afirmou Douglas Morton, cientista do Centro de Voos Espaciais Goddard, da Nasa, referindo-se à sequência de incêndios que começou nas turfeiras da Indonésia. "Com a intensidade deste El Niño, este é realmente o ano para evitar queimar a todo custo."

As imagens de satélite analisadas por Ane Alencar mostram que os focos se concentram em 19 municípios próximos a Manaus, em áreas de floresta alagada e de terra firme, muitas delas terras públicas ainda sem destinação. "Então, aí tem um indício forte de grilagem que pode estar incentivando esse processo de geração desses focos", diz a pesquisadora. Raios causam menos de 1% dos incêndios na Amazônia brasileira, segundo a Nasa. "A única forma natural de ignição para incêndios na Amazônia são os raios, mas normalmente quando eles acontecem está chovendo e a vegetação está úmida", completa Alencar.

O ministro do Meio Ambiente e Mudança do Clima, João Paulo Capobianco, afirmou que os incêndios resultam de ação humana intencional. Até 14 de outubro, as equipes em campo haviam aberto 120 termos circunstanciados de ocorrência para apurar crimes, e as polícias Federal, Rodoviária Federal e Civil do Amazonas investigam a origem do fogo.

A resposta começou antes da crise. Em 1º de junho, com base em projeções sobre o El Niño, o governo do Amazonas decretou de forma preventiva estado de emergência climática e ambiental por 180 dias, e em setembro proibiu o uso do fogo em todo o estado por 120 dias. Em outubro, 36 municípios foram colocados em situação de emergência, o que permitiu a entrada da ajuda federal, segundo o ministro da Integração e do Desenvolvimento Regional, Waldez Góes.

A força-tarefa reuniu 330 brigadistas coordenados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 11 aeronaves, 32 veículos e oito embarcações. Entre os aviões estão dois KC-390 da Força Aérea Brasileira, um deles equipado para lançar 12 mil litros de água pressurizada em um único voo. Em 16 de outubro, o Inpe contava 188 focos ativos no estado, e o Ibama informava ter extinguido 303 desde o início das operações.

A saúde é o lado mais pesado da crise. Na mesma data, Manaus voltou a ter o pior ar entre as capitais do país, e o Ministério da Saú-



Área queimada no Amazonas vista de aeronave do Ibama durante operação de combate ao fogo em 2019. Em 2026, a força-tarefa federal mobilizou 330 brigadistas no estado.

de identificou 12 municípios amazonenses com necessidade de apoio, enviando equipes da Força Nacional do SUS e avaliando o estoque de oxigênio das unidades de saúde, inclusive nos distritos sanitários indígenas. A Secretaria Municipal de Saúde de Manaus (Semsa) orienta crianças, idosos, gestantes e pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas a reduzir a exposição, evitar exercícios ao ar livre, beber água e usar máscara do tipo PFF2 quando a saída for inevitável.

O problema não se limita ao Amazonas. A imagem de satélite da Nasa de 12 de outubro mostra fumaça dos dois lados do rio, de Manaus a Santarém, no oeste do Pará. Pesquisadores da Universidade de Maryland que trabalham com a agência identificaram de 50 a 70 incêndios sem controle só na região de Santarém. E a temporada ainda não acabou. Morton prevê nova onda de fogo em novembro e dezembro em Roraima, no norte do Pará e no Amapá, e Ane Alencar acrescenta o nordeste paraense e o norte do Maranhão à lista de áreas que "vão sofrer bastante".

Para a pesquisadora do Ipam, a prioridade dos próximos meses é cortar as fontes de ignição, porque a seca deve se aprofundar com o El Niño. Em uma floresta onde quase todo incêndio começa com um fósforo, a fumaça sobre Manaus é, antes de tudo, uma escolha humana.



Em hangar no Rio de Janeiro, militares da Força Aérea Brasileira preparam o sistema modular de combate a incêndios que equipa o cargueiro KC-390. A aeronave lança até 12 mil litros de água por voo e foi enviada ao Amazonas em outubro de 2026.



Linha do tempo dos cinco megaclimas identificados pelo estudo e das cinco grandes extinções em massa. As faixas indicam o tipo de clima dominante e o nível de vulnerabilidade da vida em cada estado.

Trocas de megaclima marcaram as grandes extinções da Terra

Análise de 539 milhões de anos de registros geológicos mostra que o clima do planeta passou longos períodos em cinco estados estáveis. As passagens de um para outro coincidem com as fases de maior extinção de espécies, incluindo as cinco grandes extinções em massa.

Fotos: Sudakow et al. (2026), Nature Communications · Mark A. Wilson · NASA/Christy Hansen · jxandreani · James St. John

Em 539 milhões de anos, o clima da Terra não vagou ao acaso. Passou a maior parte do tempo preso a cinco grandes estados, cada um com dezenas de milhões de anos de duração, e saltou de um para outro em transições relativamente bruscas. Foi nessas passagens que se concentraram os períodos de extinção elevada, entre eles as cinco grandes extinções em massa da história do planeta.

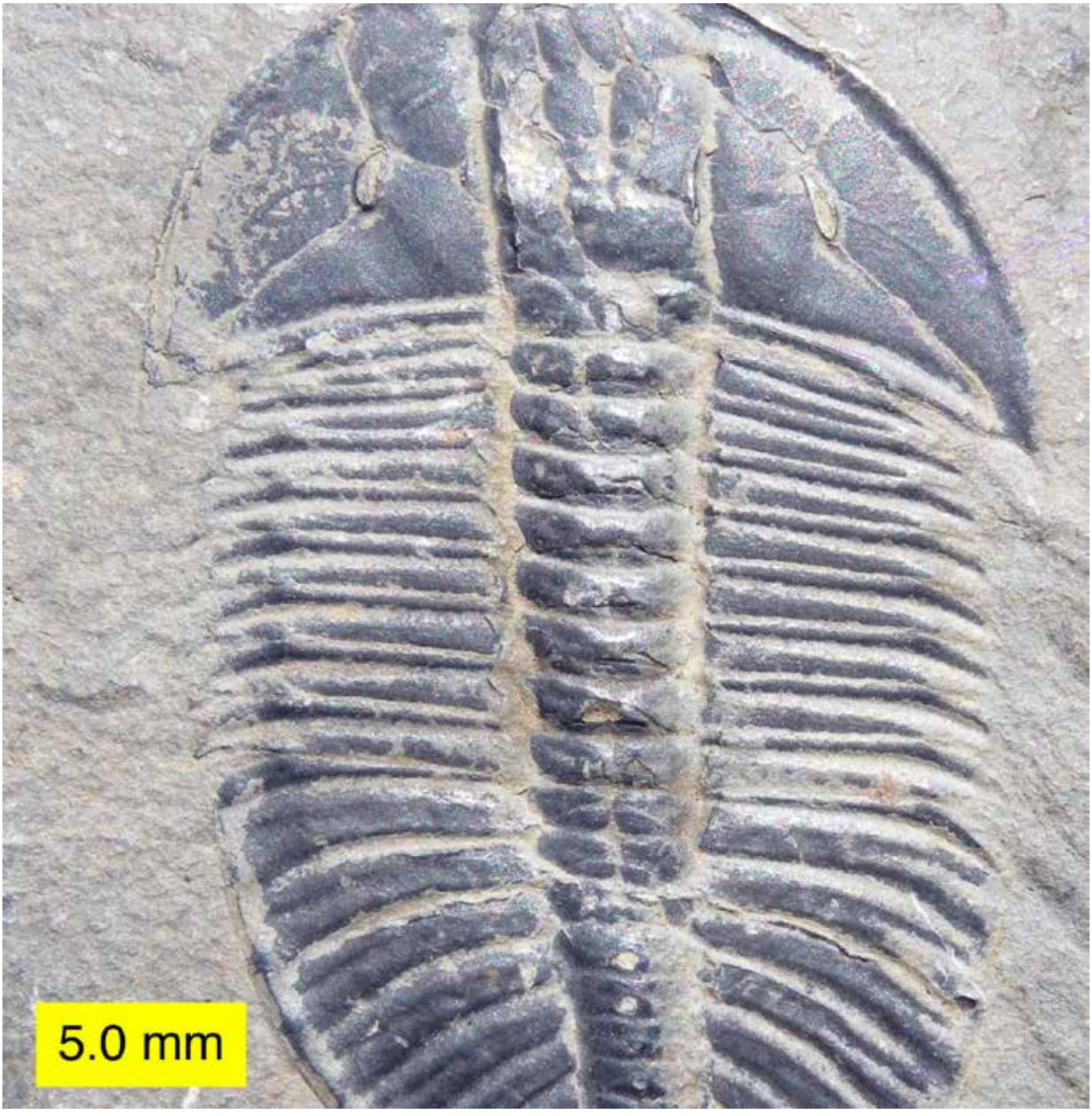
A conclusão é de um estudo publicado em agosto na revista Nature Communications por seis pesquisadores do Reino Unido, dos Estados Unidos, da Lituânia e da Alemanha. O autor principal é Ivan Sudakow, da Escola de Matemática e Estatística da Open University, no Reino Unido, e do Instituto SETI, nos Estados Unidos. Assinam também a paleobióloga Corinne Myers, professora associada da Universidade do Novo México, cujo laboratório reuniu os dados usados na análise,

pesquisadores da Universidade de Vilnius, o cientista Georg Feulner, do Instituto Potsdam de Pesquisa sobre o Impacto Climático (PIK), e Valerie Livina, do Laboratório Nacional de Física (NPL) britânico.

"Nossas análises identificaram cinco grandes estados de megaclima, com transições relativamente abruptas", afirma Myers. "O comportamento do CO2 e da temperatura no Fanerozoico pode ser aproximado como uma passagem entre esses estados." O Fanerozoico é o éon que começou há cerca de 539 milhões de anos e chega aos dias de hoje, o intervalo em que a vida complexa se diversificou e se espalhou pelo planeta.

Para chegar aos cinco estados, a equipe usou longas séries de isótopos de carbono e de oxigênio preservados em rochas de várias partes do mundo. A proporção entre esses isótopos funciona, ao mesmo tempo, como termômetro do passado e como registro do ciclo do carbono. Sobre essas séries, os pesquisadores aplicaram a análise de recorrência, ferramenta matemática que mostra quando um sistema volta a condições parecidas, e indicadores de alerta precoce, que detectam sinais de instabilidade antes de uma mudança brusca. Um modelo conceitual de clima e carbono com mais de um ponto de equilíbrio possível ajudou a explicar como o planeta salta de um estado para outro.

No gráfico de recorrência, cada estado aparece como um bloco manchado. O grupo apelidou os blocos de "caixas de haggis", referência ao prato típico escocês e ao lugar onde o projeto nasceu: um workshop de duas



Trilobita do Cambriano Médio encontrado nos leitos fósseis do monte Stephen, na Colúmbia Britânica (Canadá). Animais como este viveram no primeiro megaclima, fase quente em que a vida se mostrou muito vulnerável a extinções.



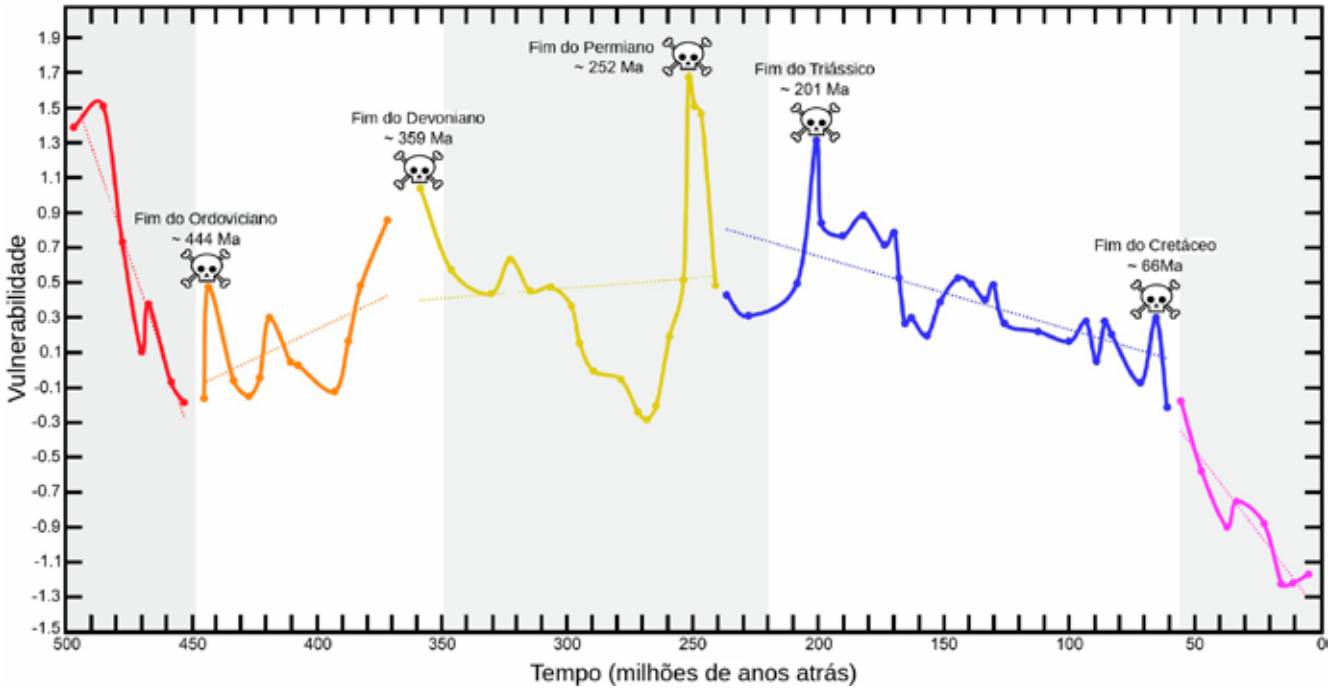
Manto de gelo e montanhas da Antártida vistos de um avião a caminho do Polo Sul. O gelo permanente no continente é marca do quinto megaclima, a fase fria do Cenozoico, que dura até hoje.

semanas no verão de 2024 no Futures Institute, ligado ao Centro Internacional de Ciências Matemáticas da Universidade de Edimburgo, na Escócia.

O primeiro megaclima vai de 539 a 447 milhões de anos atrás. É uma fase de efeito estufa no início do Paleozoico, em que surgiu a maioria dos grandes grupos de animais. O segundo, de 447 a 358 milhões de anos, começa com a glaciação do fim do Ordoviciano, quando até 86% da biodiversidade recém-surgida desapareceu.

O terceiro, de 358 a 239 milhões de anos, inclui a era glacial do fim do Paleozoico, a formação do supercontinente Pangeia e a maior extinção de todas, na passagem do Permiano para o Triássico, que eliminou até 95% das espécies. O quarto, de 239 a 57 milhões de anos, é a grande estufa do Mesozoico, a era dos dinossauros. O quinto começa há 57 milhões de anos e chega até hoje. Nele o planeta esfriou, a Antártida se isolou e os continentes chegaram às posições atuais.

Para medir o efeito sobre a vida, o grupo criou um índice de vulnerabilidade da biosfera, que combina a velocidade com que gêneros de organismos surgem e desaparecem com a diversidade total de cada época. Valores acima de zero indicam uma biosfera sob estresse. Todos os intervalos de extinção elevada reconhecidos na literatura, com exceção do menor deles, no meio do Plioceno, aparecem com índice positivo.



Índice de vulnerabilidade da biosfera nos últimos 500 milhões de anos, com uma cor para cada megaclima. Os crânios marcam as cinco grandes extinções. Valores acima de zero indicam vida sob estresse.

"A vulnerabilidade da biosfera foi, em geral, mais alta em quase todos os períodos de extinção elevada, e particularmente alta nas cinco grandes extinções em massa", diz Myers.

O índice também separa os megaclimas entre si. O Cambriano, quente, tem vulnerabilidade alta do começo ao fim. O Cenozoico, frio, tem a mais baixa de toda a série. Para os autores, o estado de fundo do clima, que dura dezenas de milhões de anos, define o nível básico de estresse da vida, e as fronteiras entre estados são as janelas em que esse estresse aumenta.

As transições têm gatilhos conhecidos. Nas grandes extinções aparecem erupções de grandes províncias ígneas, derrames de lava gigantescos que lançaram carbono na atmosfera, e o impacto do asteroide de Chicxulub, há 66 milhões de anos. No modelo da equipe, mudanças lentas no clima de fundo deixam o sistema mais sensível, e um choque desse tipo pode empurrá-lo para outro equilíbrio. Os autores ressalvam que isso não significa que toda extinção tenha sido causada por uma troca de estado.

Uma dessas províncias deixou marcas no Pará. A Província Magmática do Atlântico Central (CAMP, na sigla em inglês), cujas erupções o estudo associa à extinção do fim do Triássico, há cerca de 201 milhões de anos, tem grandes soleiras de diabásio na bacia do Amazonas. São corpos de rocha magmática que se infiltraram entre camadas de sedimentos. Eles aparecem perto de Medicilândia, Placas e Rurópolis, ao sul do rio Amazonas, e de Monte Alegre e Alenquer, ao norte, segundo estudo publicado em 2023 na revista Physics of the Earth and Planetary Interiors. Os geólogos chamam o conjunto de magmatismo Penatecaua. A extinção do fim do Triássico eliminou entre 75% e 85% das espécies, perda comparável à do fim do Cretáceo.

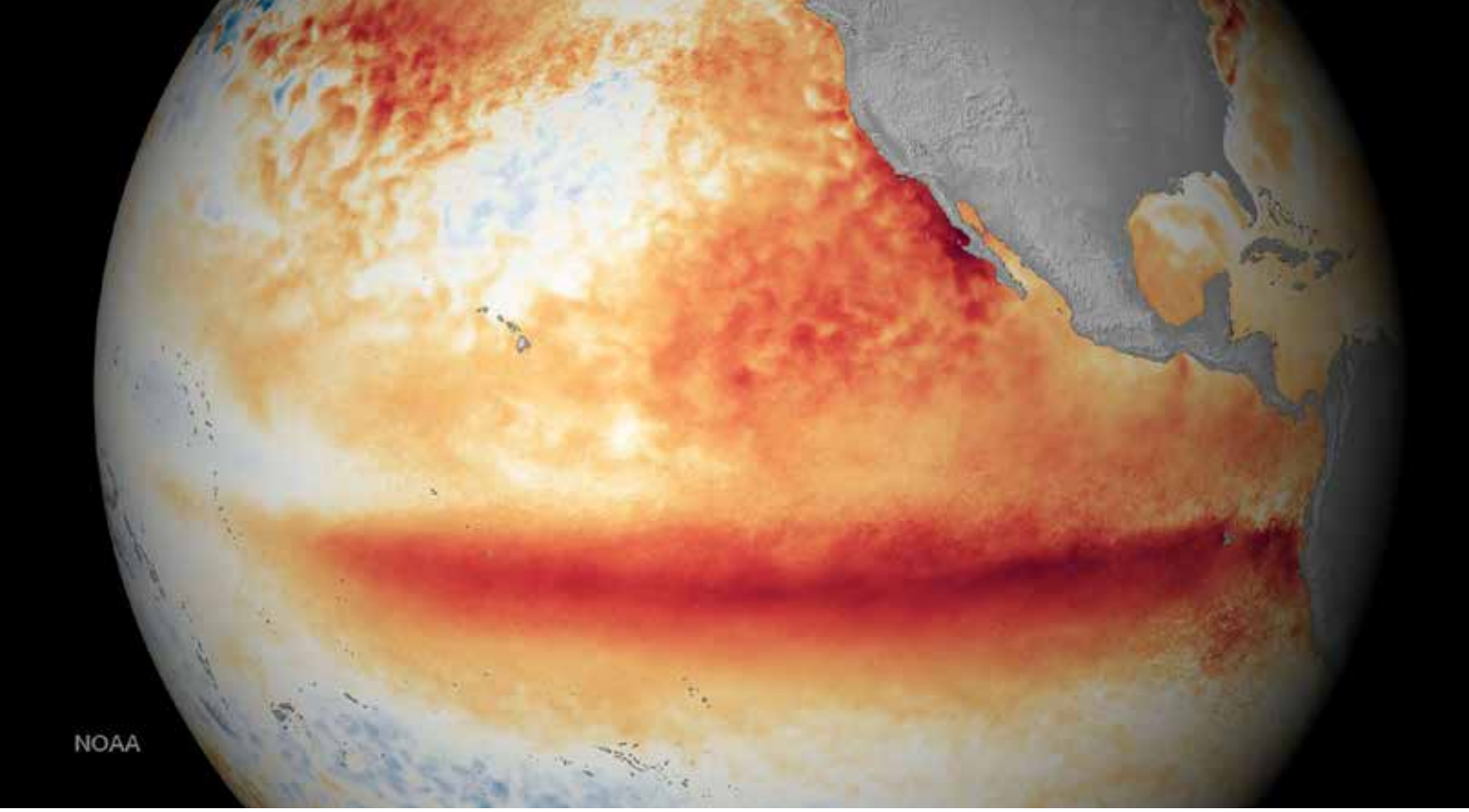
O estudo não faz previsões. Na introdução, os autores lembram que o aquecimento rápido e o aumento do CO2 na atmosfera estão entre os mecanismos de morte apontados para as extinções do passado, ao lado da falta de oxigênio e da acidificação dos oceanos. Myers defende que os próximos trabalhos mirem justamente as passagens entre estados. "Pesquisas futuras devem se concentrar nas transições entre as caixas de haggis, para ajudar a entender a natureza do estresse adicional que elas impõem à biosfera", afirma. A pesquisadora também ressalta a importância de continuar estudando as mudanças ambientais em curso e o que elas podem significar para os ecossistemas atuais.



Planalto de Putorana, na Sibéria, formado pelos derrames de lava dos Traps Siberianos. Essas erupções estão ligadas à maior extinção da história, há cerca de 252 milhões de anos.



Camada de argila que marca o limite entre o Cretáceo e o Paleógeno (faixa clara ao centro), na Formação Raton, Colorado (EUA). Ela registra a extinção de 66 milhões de anos atrás, que acabou com os dinossauros não avianos.



Anomalia de temperatura da superfície do mar no Pacífico durante o forte El Niño de 2015. A faixa vermelha ao longo do Equador mostra as águas mais quentes que o normal, marca do fenômeno.

OEA alerta que El Niño ameaça água, comida e energia nas Américas

Nota técnica preparada com a Organização Meteorológica Mundial prevê seca prolongada na bacia amazônica até fevereiro, chuva em excesso no Sul do Brasil e pressão sobre hidrelétricas que geram metade da eletricidade da região

Fotos: NOAA, União Europeia/Copernicus Sentinel-2, Judison Godinho de Sousa, Sócrates Arantes/Eletronorte

A bacia amazônica, incluindo a porção brasileira, deve enfrentar déficit prolongado de chuvas de agosto de 2026 a fevereiro de 2027, com queda acentuada no nível dos rios, problemas de navegação, comunidades isoladas e incêndios florestais. O prognóstico, classificado como de alta confiança, está na nota técnica "El Niño 2026-2027: perspectivas, impactos potenciais e ação antecipatória", divulgada em outubro pelo Departamento de Desenvolvimento Sustentável da Secretaria-Geral da Organização dos Estados Americanos (OEA), em colaboração com a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Centro Internacional para a Pesquisa do Fenômeno El Niño (Ciifen), sediado no Equador.



Barco encalhado na praia do Maracanã, em Santarém, no Pará, durante a seca de outubro de 2023. A nota da OEA prevê nova queda acentuada dos rios amazônicos até fevereiro de 2027.



Imagem de satélite do rio Negro em outubro de 2024, quando o rio atingiu em Manaus o nível mais baixo desde o início das medições. Bancos de areia expostos ocupam o leito entre as ilhas.

O documento reúne dados da OMM, da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA), do Instituto Internacional de Pesquisa para o Clima e a Sociedade (IRI) e de serviços meteorológicos nacionais. A conclusão central é que a água é o eixo dos impactos na América Latina e no Caribe: a falta ou o excesso dela desencadeia efeitos em cascata sobre energia, agricultura, infraestrutura e saúde pública.

O El Niño atual foi declarado em junho. No início de setembro, segundo o Ciifen, a temperatura do mar na região central do Pacífico usada para monitorar o fenômeno já estava 2 °C acima da média, o que o coloca na categoria "muito forte". Na primeira semana de outubro, a anomalia na costa do Equador e do Peru chegou a 4,5 °C. As previsões da NOAA citadas pela OEA indicam 100% de probabilidade de o evento seguir muito forte até o fim de 2026 e 75% de chance de superar o recorde histórico registrado desde 1950. O pico é esperado entre novembro e dezembro, com efeitos acumulados no primeiro trimestre de 2027 e retorno gradual à neutralidade entre abril e junho.

Segundo a nota, cerca de 50% da matriz elétrica da América Latina e do Caribe depende de hidrelétricas, o que transforma a escassez prolongada de chuva numa ameaça sistêmica. Em abril de 2026, de acordo com a Organização Latino-Americana de Energia (Olade), 44,6% da eletricidade gerada na região veio da água. O documento prevê que reservatórios dos Andes e da América Central recebam menos água, o que deve forçar o acionamento de usinas térmicas e elevar custos. Na Colômbia, a projeção é de chuvas entre 40% e 80% abaixo do normal de outubro a março.

O Brasil depende ainda mais da fonte. Segundo o Balanço Energético Nacional 2025, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as hidrelétricas responderam por 56,8% da oferta de eletricidade do país em 2024. No Pará ficam duas das maiores usinas brasileiras: Belo Monte, no Xingu, afluente do Amazonas, e Tucuruí, no Tocantins. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) acompanha em seus boletins mensais a previsão de vazão do Tocantins em Tucuruí e a energia armazenada nos reservatórios do sistema elétrico.

A Amazônia ainda carrega as marcas das secas recentes. Em outubro de 2024, o rio Negro chegou a 12,11 metros em Manaus, a menor marca desde o início das medições, em 1902, segundo o Serviço Geológico do Brasil, superando o recorde do ano anterior. A nota da OEA recomenda ativar já os planos de contingência para a logística fluvial na Amazônia diante da descida extrema dos rios. No Amazonas, a estiagem atingia mais de 101 mil famílias, segundo boletim da Defesa Civil divulgado em 18 de outubro.

O calor amplia o problema. A previsão para outubro, novembro e dezembro indica probabilidade acima de 80% de temperaturas acima do normal na bacia amazônica e em boa parte do Brasil. Com menos chuva e mais evaporação, acumula-se biomassa seca, o que, segundo a OEA, eleva de forma crítica o risco de incêndios na Amazônia, no Corredor Seco da América Central e no Caribe.

A comida entra na conta pela mesma porta. No diagnóstico de setembro, o Cemaden classificou 22 municípios do Amazonas em risco alto de seca para a agricultura familiar, no período da primeira safra de milho e feijão. Na América Central, a nota estima que a falta de chuva no Corredor Seco pode empurrar entre 500 mil e 750 mil pessoas para a fase de crise alimentar aguda da Classificação Integrada de Fases de Segurança Alimentar. Os dados de preços reunidos pelo documento, a partir da rede de alerta contra a fome Fews Net e da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), mostram alta anual de 40% no milho, 22% no feijão e entre 12% e 15% nos fer



Vertedouro da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no rio Tocantins, no Pará. Hidrelétricas responderam por 56,8% da oferta de eletricidade do Brasil em 2024.

tilizantes na região. No mar, o aquecimento de até 4,5 °C na costa sul-americana altera a distribuição de peixes como a anchoveta e afeta a pesca industrial e artesanal da costa sul-americana.

O Sul do Brasil está do outro lado do mapa. Para a bacia do Prata, que inclui Argentina, Uruguai, Paraguai e o Sul do Brasil, a previsão é de chuva acima da média entre novembro e fevereiro, com cheias nos rios Paraná e Uruguai, encharcamento de lavouras e impacto na logística dos portos. O documento cita o alerta hidrológico emitido em 6 de outubro pela Entidade Binacional Yacyretá, que opera a usina homônima entre Argentina e Paraguai: a vazão de entrada em setembro ficou 37% acima da média histórica, com previsão de picos alimentados por chuvas de até 200 milímetros na bacia do rio Iguaçu.

A seca também mexe com o comércio global. A queda dos lagos Gatún e Alhajuela, que abastecem o Canal do Panamá, deve limitar o calado dos navios Neopanamax a 44 pés, cerca de 13,4 metros, contra o máximo

normal de 50 pés. Na saúde, o racionamento leva famílias a guardar água em recipientes sem proteção, o que favorece a proliferação do Aedes aegypti, transmissor da dengue. Segundo a nota, mais de 200 milhões de pessoas na América Latina e no Caribe não têm abastecimento contínuo de água.

"O El Niño não pode ser evitado, mas grande parte de suas consequências pode", afirmou Andrés Sánchez, chefe da Seção de Água da OEA. Para ele, o documento busca chamar os países a se prepararem para reduzir essas consequências, oferecendo um roteiro de como fazê-lo.

O roteiro pede reforço dos sistemas de alerta precoce, contratos prévios de energia térmica, fundos de contingência, distribuição de sementes resistentes à seca, seguros agrícolas paramétricos e vigilância contra a dengue. Para ilhas e áreas áridas, recomenda dessalinização de reserva e redução de perdas nas redes de distribuição. A mensagem central é de urgência: segundo a OEA, investir em prevenção no último trimestre de 2026 pode custar até dez vezes menos do que financiar a resposta à emergência no auge do fenômeno.

Na Amazônia o maior perigo está na picada, não na onça

Dados do Ministério da Saúde e de pesquisadores mostram que serpentes, escorpiões e o mosquito da malária fazem muito mais vítimas na região do que jacarés, onças e tubarões, protagonistas das listas de curiosidades



Surucucu-pico-de-jaca (Lachesis muta) no Parque Nacional Yasuní, na Amazônia equatoriana. É a maior serpente peçonhenta do Brasil.

Fotos: Christopher Borges, Geoff Gallice, Bernard Dupont, James Gathany/CDC, Karelj, Whaldener Endo, Charles J. Sharp

De 2010 a 2024, o Brasil registrou 3.350.787 acidentes com animais peçonhentos e 4.223 mortes, segundo o boletim epidemiológico especial do Ministério da Saúde publicado em dezembro de 2025. Serpentes responderam por 42,8% dos óbitos, ou 1.765 vidas. A taxa de mortalidade foi mais alta entre moradores da Região Norte, de 0,37 por 100 mil habitantes, e entre indígenas, de 1,40 por 100 mil, contra uma média nacional de 0,14. Roraima e Amazonas lideram a mortalidade entre os estados.

Os números ajudam a separar o risco real do imaginário. Listas populares de "animais mais perigosos da Amazônia" costumam destacar onças, jacarés, tubarões e rãs venenosas. Na vida de quem mora, trabalha ou viaja pela floresta, porém, os acidentes que mais adoecem e matam vêm de animais pequenos e discretos.

A principal delas é a jararaca. As serpentes do grupo Bothrops, com mais de 60 espécies no país, causam a grande maioria dos acidentes ofídicos no Brasil, segundo o Ministério da Saúde. Na Amazônia, o destaque é a Bothrops atrox. Em artigo publicado em 2020 na revista científica Toxicon: X, o pesquisador Wuelton Monteiro e colegas a descrevem como a serpente responsável pela maior parte das picadas na região. O estudo registra taxa média de 52,8 casos por 100 mil habitantes por ano no Amazonas, com municípios acima de 150, e letalidade de 0,6% nos acidentes ofídicos da Amazônia brasileira, mais alta que a de outras regiões do país.

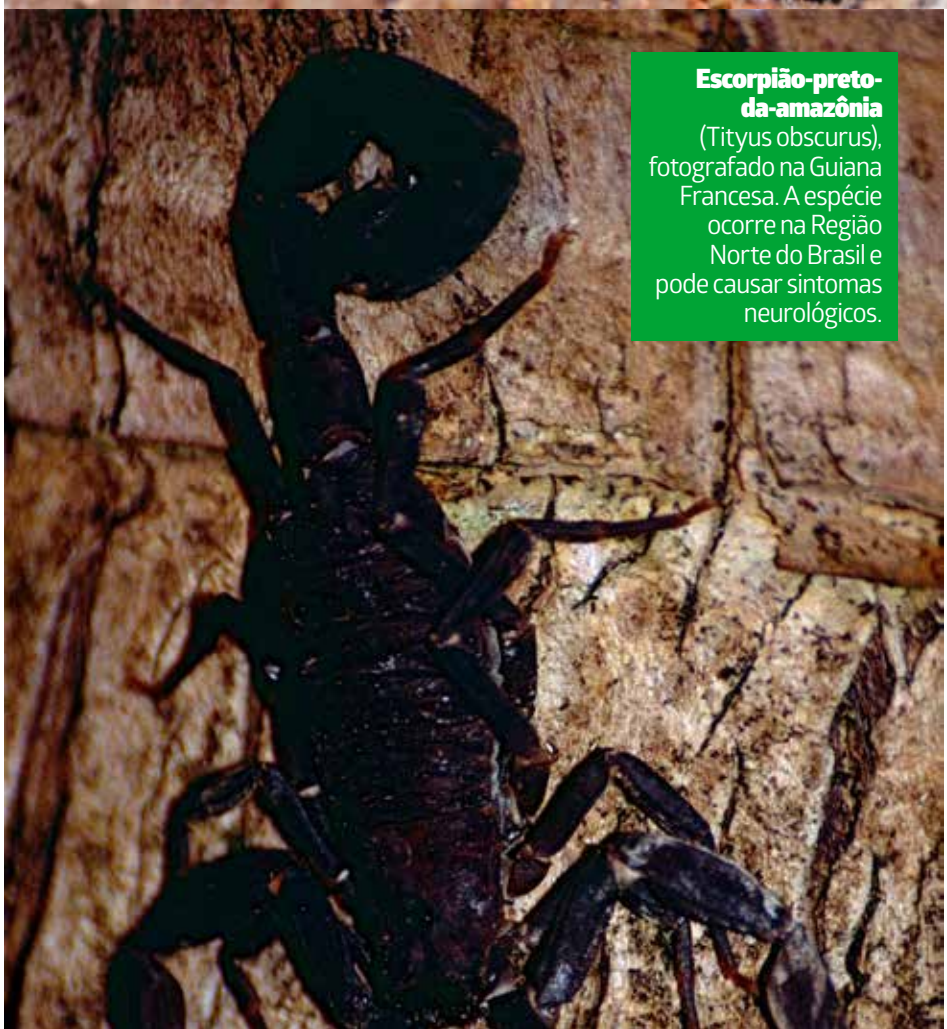
A demora no atendimento pesa. No Alto Juruá, segundo o mesmo trabalho, mais de 30% dos pacientes só foram atendidos mais de seis horas depois da picada. O veneno da jararaca provoca dor, inchaço, manchas roxas e sangramentos, e pode levar a necrose, hemorragias graves e lesão nos rins. O boletim do ministério observa que os acidentes com serpentes se concentram entre outubro e março e que a Região Norte tem taxas muito superiores às médias nacionais.

A floresta também abriga a surucucu-pico-de-jaca (Lachesis muta), a maior serpente peçonhenta do Brasil, segundo o Ministério da Saúde. O acidente se parece com o da jararaca, mas pode causar também dor abdominal, vômitos, diarreia e queda dos batimentos cardíacos.

Os escorpiões são hoje o tipo de acidente mais frequente no país: 1.868.191 casos em 15 anos, 55,8% do total. A incidência mais que dobrou, de 34,22 por 100 mil habitantes entre 2010 e 2014 para 85,34 entre 2020 e 2024. Na Amazônia, a espécie de maior atenção é o escorpião-preto-da-amazônia (Tityus obscurus), encontrado na Região Norte, em Mato Grosso e no Maranhão. Além da dor intensa, típica de qualquer picada de escorpião, acidentes com essa e outras espécies amazônicas já produziram quadros neurológicos, com espasmos musculares involuntários, fala arrastada e perda de coordenação, como descreveu um estudo publicado em 2015 com casos de Santarém, no Pará. O boletim lembra que, entre crianças pequenas, os acidentes escorpiônicos



Jararaca (Bothrops atrox) no norte de Mato Grosso, na Amazônia. A espécie é apontada por pesquisadores como a principal causadora de acidentes ofídicos na região amazônica.



Escorpião-preto-da-amazônia (Tityus obscurus), fotografado na Guiana Francesa. A espécie ocorre na Região Norte do Brasil e pode causar sintomas neurológicos.

são os que mais se destacam pela letalidade.

O animal que mais adoece gente na Amazônia, no entanto, mede menos de um centímetro. O principal transmissor da malária no Brasil é o mosquito Anopheles darlingi, segundo o Ministério da Saúde. Em 2023, o país teve 139.884 casos autóctones da doença, e 99,98% deles ocorreram na região amazônica.

Nos rios, o risco mais comum mora no fundo. As arraias de água doce, do gênero Potamotrygon, costumam ficar no fundo arenoso, e o acidente acontece quando alguém pisa no animal e recebe a ferroada. “O número de acidentes com ferroadas de raias na bacia amazônica é grande e continua crescendo”, afirma a pesquisadora Mônica Lopes-Ferreira, diretora do Laboratório Especial de Toxinologia Aplicada do Instituto Butantan.

Fêmea de mosquito do gênero Anopheles se alimenta de sangue. Na Amazônia, o principal transmissor da malária é o Anopheles darlingi.



Arraia de água doce Potamotrygon motoro, espécie que ocorre na bacia amazônica, fotografada em aquário. Os acidentes com ferrão de arraias são comuns nas praias de rio da região.

"Ainda não existe antídoto para o veneno de raia de água doce." Estudo do grupo, publicado na revista Toxicon com a espécie Potamotrygon rex, mostrou que o veneno de raias jovens causa sobretudo dor intensa, enquanto o das adultas tem ação necrosante. O tratamento se limita a controlar a dor e a morte dos tecidos.

E os grandes predadores? O jacaré-açu (Melanosuchus niger), a maior espécie de jacaré, vive apenas na bacia amazônica, e mais de 70% da área de distribuição da espécie fica no Brasil. Segundo a avaliação de risco de extinção da espécie publicada em 2013 na revista Biodiversidade Brasileira, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), machos podem chegar a cerca de 6 metros, de acordo com registros antigos, embora o maior indivíduo medido na literatura revisada tivesse 3,85 metros. O documento regis-

tra que ataques ocasionais a pessoas têm sido relatados e que, em resposta, moradores às vezes destroem ninhos e matam animais. A espécie é classificada como pouco preocupante quanto ao risco de extinção.

A onça-pintada aparece na literatura médica brasileira em relatos pontuais. Um estudo publicado em 2011 na revista Wilderness & Environmental Medicine pelos pesquisadores Manoel Francisco Campos Neto, Domingos Garrone Neto e Vidal Haddad Junior descreveu três ataques no Centro-Oeste, um deles fatal. Um ocorreu depois que cães encurralaram o animal; os outros dois foram classificados como predatórios. Os autores associam o risco à perda de habitat, à redução de presas naturais e à presença humana em territórios usados pelas onças.

O tubarão-cabeça-chata, capaz de viver em água doce, é outro personagem frequente das listas. Segundo o pesquisador Jansen Zuanon, da Coordenação de Biodiversidade do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), há registros da espécie subindo os rios até Iquitos, no Peru, aparentemente atrás de cardumes. Mas são registros raros, de indivíduos solitários, sem formação de populações.

As rãs coloridas da família dos dendrobatídeos, como a Ameerega trivittata, encontrada na Amazônia, de fato acumulam toxinas na pele. A fama de "animal mais venenoso do mundo", porém, pertence a outra espécie, a Phyllobates terribilis, que vive numa pequena área da costa do Pacífico da Colômbia, fora da bacia amazônica. Pesquisas com essas rãs mostram que a toxicidade depende da dieta de insetos na natureza: criadas em cativeiro, elas não se tornam venenosas.

O boletim aponta que municípios classificados como remotos têm as maiores taxas de mortalidade e que a distância até o atendimento aumenta a letalidade. O ministério está implantando uma estratégia de vigilância dos óbitos por causas evitáveis ou reduzíveis. Entre indígenas, o tratamento inicial com métodos tradicionais pode atrasar o uso do soro, o único tratamento específico para picadas de serpentes e escorpiões. Em 2025, o ministério lançou protocolos clínicos para os acidentes ofídicos e escorpiônicos. A orientação básica continua a mesma: usar botas e luvas em áreas de mata e roça, olhar onde pisa e pôe a mão e, em caso de picada, procurar imediatamente uma unidade de saúde.



Jacaré-açu (Melanosuchus niger) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacari, no Amazonas. Borboletas pousam sobre a cabeça do animal.



Onça-pintada macho às margens de um rio no Pantanal. Ataques a pessoas aparecem em relatos pontuais na literatura médica brasileira.



Rã Ameerega trivittata fotografada no Amazonas. As rãs da família acumulam toxinas na pele a partir da dieta de insetos.



Entrada do centro de convenções Meridian Expo, em Ierevan, na Armênia, onde a COP17 da biodiversidade reuniu delegações entre 19 e 31 de outubro de 2026.

COP17 cobra que a ação climática não destrua a natureza

Conferência da ONU sobre biodiversidade, em Ierevan, pede que países tratem clima e espécies como um só problema. Estudos mostram que proteger florestas, turfeiras e mangues reduz os dois riscos, enquanto soluções mal planejadas podem agravar a perda de vida

Fotos: Mammysou17, Abrget47j, Nasa, Túllio F

Às 10h20 do sábado, 31 de outubro, depois de uma madrugada inteira de negociação, a 17ª Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica (COP17) foi encerrada em Ierevan, capital da Armênia, com cerca de 50 decisões aprovadas. Uma delas pede que os governos deixem de tratar clima e biodiversidade como agendas separadas. O texto incentiva os países a considerar, em seus planos nacionais, as ligações e os benefícios comuns entre proteger espécies e conter o aquecimento global, e a ampliar investimentos em conservação, restauração e uso sustentável dos ecossistemas como parte da mitigação, da adaptação e da redução de riscos de desastres.

A reunião, iniciada em 19 de outubro, tinha uma tarefa inédita: fazer o primeiro balanço global do Marco Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal, acordo de 2022 com 23 metas para deter e reverter a perda de natureza até 2030. O diagnóstico foi duro. Sem aceleração rápida, as metas





Turfeira de Viru, no Parque Nacional de Lahemaa, na Estônia. Áreas alagadas como esta acumulam carbono no solo por milhares de anos, e voltar a inundá-las é uma das ações que servem ao mesmo tempo ao clima e às espécies.

não serão cumpridas. Ficaram mais para trás as que tratam das causas indiretas da destruição, como a obrigação de grandes empresas e instituições financeiras avaliarem e reduzirem seus impactos sobre a biodiversidade, a mudança nos padrões de consumo e a transferência de tecnologia aos países em desenvolvimento.

Em resposta, os países aprovaram o chamado Caminho de Ierevan, um conjunto de prioridades até 2030 que inclui cortar subsídios nocivos à natureza, aumentar o financiamento e reforçar as estratégias nacionais de biodiversidade. Foram anunciados quase 2 bilhões de dólares em novos recursos, valor que organizações ambientais consideraram muito abaixo do necessário. "No fim, o teste não é o que os governos acordaram em Ierevan, mas o que eles mudam quando voltam para casa", afirmou Astrid Schomaker, secretária-executiva da Convenção sobre Diversidade Biológica.

O texto sobre clima e biodiversidade foi um dos mais disputados. Na plenária final, os negociadores retiraram as menções aos pareceres consultivos da Corte Internacional de Justiça e do Tribunal Internacional do Direito do Mar sobre as obrigações dos Estados diante da mudança do clima. Vanuatu, país insular do Pacífico, registrou profunda preocupação com a exclusão e lembrou que o aquecimento é uma ameaça existencial à vida e ao futuro de sua população. Por divergências entre o Reino Unido, o Canadá e a Rússia, o documento também acabou acolhendo apenas o resumo para formuladores de políticas da avaliação do "nexo" produzida pela Plataforma Intergovernamental de Ciência e Política sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES), que analisa juntos biodiversidade, água, alimentos, saúde e clima.

Ficou de pé o incentivo ao uso de diretrizes voluntárias para adaptação baseada em ecossistemas, abordagem que usa manguezais, florestas e várzeas como barreiras naturais contra enchentes, secas e erosão. Um guia resumido para gestores públicos será revisado e volta a ser discutido na COP18, marcada para 2028 no Equador.

A cobrança por coerência tem base científica. "Na proteção do clima, existe o risco de que, pela pressão do tempo, derivemos rápido demais para soluções tecnológicas", afirma a pesquisadora Kirsten Thonicke, vice-chefe do departamento de Análise do Sistema Terrestre do Instituto Potsdam para Pesquisa sobre o Impacto Climático (PIK), na Alemanha, e porta-voz da rede de pesquisa Leibniz Biodiversidade. Ela se refere tanto às energias renováveis quanto às técnicas de retirar gás carbônico (CO_2) da atmosfera e armazená-lo. Para a pesquisadora, as duas crises têm causas em comum: desmatamento, uso intensivo da terra, ocupação de áreas naturais e destruição de habitats.

Isso não significa frear a transição energética. Em artigo publicado em 2025 na revista Nature Reviews Biodiversity, a pesquisadora Pamela McElwee, do Departamento de Ecologia Humana da Universidade Rutgers, nos Estados Unidos, e colegas do Reino Unido e da Noruega concluíram que os conflitos entre a expansão das renováveis e a biodiversidade podem ser superados com planejamento. Os autores lembram que a comparação correta é com o cenário alternativo: o uso descontrolado de combustíveis fósseis é muito pior para a vida selvagem do que os efeitos moderados de parques eólicos e solares bem localizados. O problema aparece quando usinas, linhas de transmissão ou plantios de árvores para captura de carbono são instalados sem planejamento sobre campos, savanas e áreas úmidas.

Os exemplos de ganho duplo são conhecidos: manter florestas em pé, recuperar turfeiras drenadas, renaturalizar rios e ampliar áreas protegidas fortalecem os estoques naturais de carbono, regulam a água e abrigam espécies ameaçadas ao mesmo tempo. A diferença entre as duas crises, segundo Thonicke, está na reversibilidade. "Se reduzirmos as emissões, o sistema climático pode um dia se recuperar. Espécies extintas, porém, desaparecem para sempre."



O caminho inverso também preocupa os cientistas: o clima em mudança já empurra espécies para fora de seus territórios. Um estudo publicado em outubro na revista Science por pesquisadores da Escola de Ecologia da Universidade Sun Yat-sen, na China, com colaboradores de outros países, cruzou projeções de elevação do nível do mar com os mapas de habitat de 34.120 espécies de vertebrados terrestres. Até 2100, dependendo do cenário de emissões, até 15.324 delas, cerca de 45% do total, podem ter parte de seus habitats inundada. Entre as afetadas estão 1.688 espécies já ameaçadas, e os répteis aparecem como o grupo mais vulnerável.

O trabalho também mapeou possíveis refúgios para onde esses animais poderiam se deslocar. Mais de 96% deles estão fora das áreas protegidas existentes, e muitos ficam em países de renda baixa e média. Segundo os autores, os riscos da subida do mar ainda não estão integrados às avaliações de conservação: apenas 5,9% das espécies vulneráveis identificadas têm a mudança do clima registrada como ameaça na Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN).

A foz do Amazonas e as terras baixas ao redor estão entre as zonas de alto risco apontadas pelos pesquisadores, por concentra-



Imagem de satélite da foz do Amazonas, com a pluma de sedimentos avançando sobre o Atlântico. O estudo publicado na Science aponta a foz e as terras baixas vizinhas como zona de alto risco para vertebrados terrestres com a subida do mar.

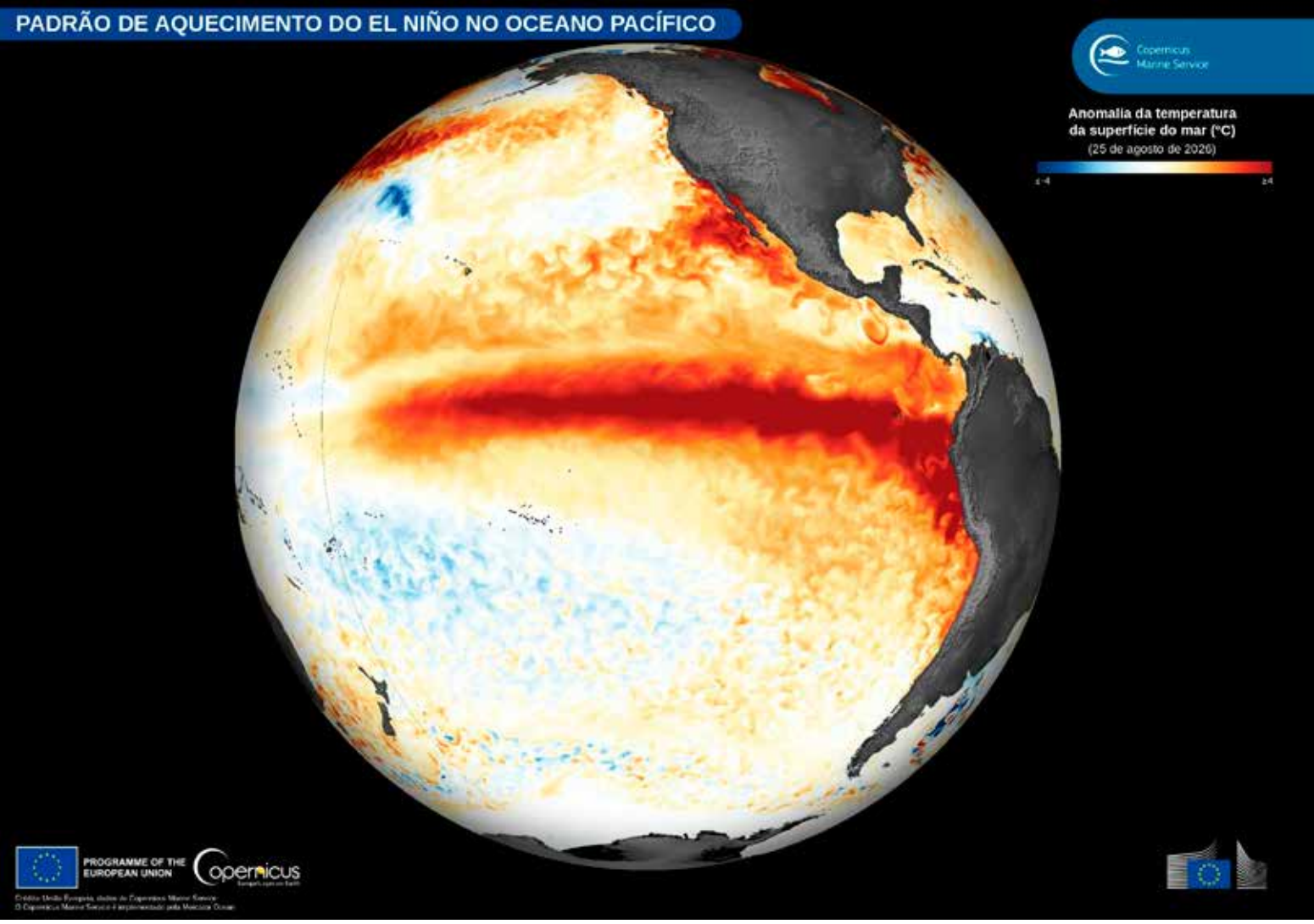


Raízes de mangue-vermelho em Curuçá, no nordeste do Pará. Os manguezais da costa amazônica estocam carbono, protegem o litoral e abrigam espécies que dependem da transição entre rio, mar e floresta.

rem diversidade excepcional de vertebrados terrestres. Ali, a entrada de água salgada ameaça matas ciliares e a transição entre florestas e áreas úmidas costeiras. É uma região que o leitor paraense conhece bem. Segundo levantamento da Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, os manguezais do Amapá, do Pará e do Maranhão somam cerca de 1 milhão de hectares, 75% da área de mangue do Brasil, e formam a maior faixa contínua desse ecossistema no planeta.

São áreas que acumulam as duas agendas discutidas em Ierevan. Guardam carbono, amortecem a erosão e as marés, sustentam a pesca de milhares de famílias e são, ao mesmo tempo, um dos refúgios que a fauna costeira terá à medida que o mar avançar. Na COP17, o Brasil conseguiu incluir no texto do balanço global o reconhecimento da contribuição dos povos afrodescendentes para a conservação da biodiversidade, um ponto que dialoga com as comunidades quilombolas e tradicionais que vivem desses territórios.

Para Linda Krueger, diretora global de política de biodiversidade e infraestrutura da organização The Nature Conservancy, o recado de Ierevan é que as duas crises não se resolvem separadas. “Não existe caminho crível para enfrentar a mudança do clima sem enfrentar também a perda da natureza.”



Anomalia da temperatura da superfície do mar em 25 de agosto de 2026. A faixa vermelho-escura ao longo do Pacífico equatorial, colada ao litoral do Equador e do Peru, marca o aquecimento provocado pelo El Niño.

El Niño afasta peixes e esvazia redes no Pacífico latino-americano

Com o mar até 6°C mais quente, anchovetas e atuns fogem para águas frias e profundas, e pescadores artesanais do Equador, do Peru, do Panamá e da Guatemala voltam com as redes quase vazias. Na Amazônia, a seca de 2023 já mostrou o que um El Niño forte pode fazer com rios, lagos e peixes.



Barcos de pesca artesanal fundeados no porto de Anconcito, na província de Santa Elena, no Equador, a mesma região de Santa Rosa, onde a frota passa boa parte do tempo parada por falta de peixe.

Fotos: União Europeia, Copernicus Marine Service · Aaronmormot · Darmok and jalad at tanagra · Ministerio de la Producción (Peru) · Gpgeo · Tiago da Mota e Silva

Juan Ollague, de 56 anos, passou a noite no mar e voltou a Santa Rosa, povoado pesqueiro da província de Santa Elena, no sudoeste do Equador, com seis cavalas-fragata (Auxis thazard), um tipo de atum pequeno. "A água está quente", resume. "Passamos a noite em claro." No porto, centenas de barcos se apinham, boa parte deles parada. "Antes a pesca era boa, agora está péssima", diz o colega Darwin Zambrano, de 53 anos, que deixou de ver albacoras e bonitos, peixes grandes da família do atum, caírem na rede.

A cena se repete ao longo do Pacífico oriental, do Peru à Guatemala. O mar aquecido pelo El Niño empurra anchovetas, atuns e pargos para águas mais frias e mais fundas, fora do alcance dos barcos pequenos. Nas águas equatorianas, a temperatura média subiu cerca de 3°C na superfície e até 6°C a 40 metros de profundidade, o que reduziu a produtividade marinha e a captura de algumas espécies, segundo o oceanógrafo Jonathan Cedeño, que acaba de voltar de uma expedição de pesquisa.

O El Niño é a fase quente de um ciclo natural do Pacífico tropical. Os ventos alísios enfraquecem, a água quente se acumula no centro e no leste do oceano e a ressurgência, a subida de águas frias e ricas em nutrientes junto à costa da América do Sul, perde força. Com menos nutrientes, há menos plâncton, e os cardumes que dependem dele se dispersam ou descem em busca de temperaturas mais baixas.

Em 8 de outubro, o Centro de Previsão Climática da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos Estados Unidos (NOAA) informou que o fenômeno continuou a se fortalecer em setembro. A anomalia, isto é, o desvio em relação à média, chegou a 2,1°C na região chamada Niño 3.4, no Pacífico central, e a 3,9°C na região Niño 1+2, junto ao litoral do Equador e do Peru. Em partes do Pacífico equatorial leste, a superfície do mar ficou mais de 4°C acima do normal. A agência dá mais de 83% de chance de um El Niño de forte a muito forte até março de 2027 e calcula em 83% a probabilidade de que, entre outubro e dezembro, ele se torne um evento histórico, mais intenso que todos os registrados desde 1950.

O calor aparece também na média do planeta. Segundo o Serviço de Mudanças Climáticas Copernicus, da União Europeia, a temperatura média da superfície do mar entre as latitudes de 60° Sul e 60° Norte chegou a 21,07°C em agosto, recorde para o mês e empatada com março de 2024 como a mais alta já medida. O Copernicus associa os recordes no Pacífico tropical a um El Niño "potencialmente extremo", que se soma ao aquecimento global.



Lanchas de pescadores artesanais junto ao Mercado de Mariscos, na Cidade do Panamá. O mercado abastece supermercados da capital e já recebe menos pescado.

No Panamá, Rigoberto González, de 59 anos, pesca pargos, serras e barracudas com linha a partir de uma praia em Veracruz, perto da capital. Para encontrar peixe, precisa ir cada vez mais longe da costa e ficar mais horas no mar e gastar mais com comida, gelo e combustível. Ele conta que sai com 100 dólares de gasolina e que a venda rende cerca de 150 dólares, a dividir entre quatro trabalhadores. No cais da Cidade do Panamá, alguns preferem nem sair. "Não podemos continuar perdendo", diz Jesús Morales, líder do sindicato de pescadores artesanais do país.

No mercado ao lado do atracadouro, que abastece os supermercados da cidade, o vendedor Carlos Nieto, de 46 anos, diz que chegam menos mariscos e, às vezes, "estragados pelo calor". Ele passou a gastar cerca de 600 dólares por mês só com gelo. "Isso é praticamente um salário." Mais ao norte, em Iztapa, no litoral pacífico da Guatemala, Eliseo Ovando, de 50 anos, afirma que o que pescava em um dia agora exige três e reclama que só as grandes empresas recebem ajuda do Estado. "O peixe grande come o menor."

No Peru, maior produtor mundial de anchoveta, peixe que vira farinha para ração animal e adubo, o golpe atinge também a pesca industrial. Em abril, o governo abriu a primeira temporada de 2026 na zona norte-centro com cota de 1,9 milhão de toneladas, a menor em uma década. Em maio, as condições do mar mudaram, e em 10 de junho a pesca foi suspensa com cerca de 25% da cota capturada, segundo a IFFO, organização internacional que reúne a indústria de ingredientes marinhos. O Peru costuma responder por cerca de 20% da farinha de peixe produzida no mundo.



Anchoveta descarregada em instalação de processamento no Peru, na abertura da temporada de pesca industrial de 2025. Em 2026, o aquecimento do mar levou à suspensão da primeira temporada com só um quarto da cota capturada.

Jessica Luna, presidente da Sociedade Nacional de Pesca (SNP), entidade que representa as empresas do setor peruano, calculou em julho que os desembarques somavam 471 mil toneladas, contra 2,3 milhões no mesmo período de 2025, uma queda de 80%. "É pior que 2023, sem dúvida", disse, comparando com o último El Niño costeiro, ano em que a primeira temporada nem chegou a ser aberta. A cadeia da anchoveta sustenta cerca de 250 mil empregos diretos e indiretos, segundo a SNP. Com a anchoveta longe, há pescadores que trocaram o mar por outros ofícios, como a construção civil.

A comissão peruana encarregada do Estudo Nacional do Fenômeno El Niño (ENFEN), que reúne o Instituto do Mar do Peru (Imarpe), o serviço meteorológico e outros órgãos, elevou em 28 de setembro para 88% a probabilidade de o El Niño costeiro atingir magnitude extraordinária em outubro e prevê aquecimento intenso do mar até janeiro de 2027. Em comunicado anterior, a comissão avisou que a anchoveta da zona norte-centro deve continuar aprofundada e recolhida junto à costa, enquanto espécies de águas quentes, como o atum-de-barbatana-amarela, se aproximam do litoral.

Do outro lado dos Andes, o efeito do El Niño chega pela atmosfera. Em 2023, um El Niño forte, somado às mudanças climáticas, contribuiu para a seca extrema e a onda de calor no norte do Brasil. No Lago Tefé, no Amazonas, a água chegou a 41°C em toda a coluna, de cerca de 2 metros, segundo estudo publicado em novembro de 2025 na revista Science e liderado pelo engenheiro ambiental Ayan Fleischmann, do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. A superfície do lago encolheu cerca de 75%, de 379 para 95 quilômetros quadrados. Em 28 de setembro de 2023, 70 botos e tucuxis foram encontrados mortos; nas semanas seguintes, as carcaças chegaram a 209. Outros lagos e reservatórios da região registraram mortandade de peixes.

Para o biólogo Adalberto Luis Val, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e coautor do estudo, os peixes enfrentam ao mesmo tempo aquecimento, perda de oxigênio e acidificação da água. “Mesmo aumentos pequenos de temperatura, de 1 ou 2 ºC, já comprometem a reprodução e o metabolismo”, afirma. Na época da seca, a Superintendência Federal de Pesca e Aquicultura no Amazonas estimou que 80% dos cerca de 140 mil pescadores do estado, perto de 112 mil pessoas, haviam sido afetados pela estiagem, e o governo federal liberou duas parcelas extras do seguro-defeso, benefício pago aos pescadores artesanais.

De volta a Santa Rosa, a escassez já chegou ao bolso de quem não vai ao mar. No Equador, segundo maior produtor mundial de atum, atrás da Tailândia, o preço do dourado e da bicuda dobrou, segundo o setor pesqueiro, e estabelecimentos de comida em frente ao porto fecharam temporariamente. “Todos nós estamos passando por dificuldades porque as pessoas não têm como consumir, não têm renda”, diz Janeth Toasa, de 54 anos. Francisco Orlando, de 37, que ganha a vida cortando filés de pescado no porto, depende dos barcos. “Se trouxerem, nós trabalhamos. Se não trouxerem, não trabalhamos.”



Boto morto no Lago Tefé, no Amazonas, em 28 de setembro de 2023, durante a seca extrema e a onda de calor que elevaram a temperatura da água a 41°C.



Pequeno lago isolado do rio Solimões pela descida das águas na seca de 2023. Peixes e até um jacaré ficaram aprisionados ali.

Marismas resistem a ondas de dois metros e reforçam a defesa costeira

Experimento em escala real, com pedaços de marisma levados do mar de Wadden para o maior canal de ondas do mundo, mostra que o solo dessas áreas quase não sofre erosão em tempestades extremas. O resultado muda a forma de projetar diques e reforça o valor de ecossistemas costeiros como os manguezais.



Marismas da reserva natural Paezumerlannen (Peazemerlannen), na costa do mar de Wadden, na província holandesa da Frísia. Blocos desta área foram levados ao canal de ondas para o experimento.

Fotos: Theun, Marco De Swart, Maria José Pereira Porto

Depois de 21 horas sob ondas de até dois metros de altura, o solo de uma marisma, área úmida costeira coberta por vegetação tolerante ao sal, baixou em média apenas sete milímetros. A medição foi feita num experimento conduzido pela Universidade de Twente, na Holanda, com o instituto de pesquisa Deltares, a Universidade e Centro de Pesquisa de Wageningen, o Instituto Real Holandês de Pesquisa Marinha (NIOZ) e a Universidade Técnica de Delft, entre outras instituições. Os resultados foram publicados em outubro na revista Nature.

Para chegar ao número, os pesquisadores literalmente mudaram um pedaço da paisagem de lugar. Em setembro e outubro de 2023, retiraram 66 blocos intactos de marisma da reserva natural Peazemerlannen, no litoral do mar de Wadden, na Frísia. Cada bloco, com solo, raízes e plantas, pesava de três a seis toneladas e foi transportado em caminhão fechado até Delft. Lá, a partir de dezembro daquele ano, os blocos foram



O Delta Flume, canal de ondas do instituto Deltares, em Delft, durante outro teste em escala real, com salgueiros, em 2018. O mesmo canal recebeu a marisma transplantada do mar de Wadden.

montados no Delta Flume, canal de ondas do Deltares com 300 metros de comprimento, 5 metros de largura e 9,5 metros de profundidade, capaz de produzir as maiores ondas artificiais do mundo.

O resultado foi uma marisma em escala real, com cerca de 300 metros quadrados, dominada pela gramínea Elymus athericus e com presença de outras espécies típicas dessas áreas. Ela foi submetida a ondas cada vez mais altas, até dois metros de altura significativa, por cerca de 29 horas no total. A pergunta era se essas áreas continuam funcionando como quebra-mar natural durante tempestades extremas e se suas plantas sobrevivem a esse tipo de castigo.

"Primeiro, nos surpreendeu a resistência da marisma a essas ondas extremas, quase sem erosão durante o experimento", afirma Pim Willemsen, primeiro autor do artigo, que fez doutorado e pós-doutorado na Universidade de Twente e hoje é pesquisador em Wageningen e no Deltares.

O terreno elevado da marisma, por si só, já freia as ondas. As plantas acrescentam uma redução extra, mas vão sendo danificadas ao longo da tempestade. Com ondas de 75 centímetros, a vegetação respondeu por 6% a 22% de atenuação adicional; com ondas de dois metros, por no máximo 6%. Ainda assim, a perda de material vegetal foi menor do que se esperava: em média 30%, e ao menos um terço das plantas continuou de pé mesmo nas condições mais severas. Isso indica que a marisma pode seguir protegendo a costa mesmo quando mais de uma grande tempestade ocorre no mesmo inverno.

"As plantas resistiram às ondas e quebraram surpreendentemente pouco, o que permitiu que contribuíssem de forma constante para a atenuação", diz Victoria Mason, pesquisadora do NIOZ.

Para entender o alcance global do resultado, a equipe cruzou os dados do canal com mapas mundiais de marismas, de elevação costeira e de marés de tempestade. A conclusão é que a vegetação faz mais diferença em costas onde as ondas sobre a marisma não passam de cerca de um metro. Nesses locais, a atenuação extra costuma superar 10% e pode chegar a 50%. Em costas mais expostas, com ondas maiores, o papel das plantas diminui, mas o solo continua estável.

Os autores ressaltam que marismas não substituem diques e muros de contenção, mas podem trabalhar junto com eles. Ao reduzir a energia das ondas antes que alcancem a estrutura, diminuem o esforço sobre ela e o custo da obra. Isso já tem efeito prático. "A resistência à erosão e a capacidade de atenuar ondas das marismas, comprovadas no experimento, geraram economia no projeto de reforço do dique Koehool-Lauwersmeer. Parte



Raízes de mangue expostas na praia, na ilha de Marajó, no Pará. Os manguezais do litoral amazônico formam uma das maiores faixas contínuas desse ecossistema no planeta.

do revestimento não precisa ser trocada ou pode ser feita com resistência menor, o que representa economia de milhões de euros", afirma Paul Buring, da Wetterskip Fryslân, autoridade de águas do noroeste da Holanda, que encomendou o experimento.

"Até agora, as marismas praticamente não contavam na avaliação de segurança de um dique. Ninguém podia afirmar com certeza que uma marisma sobreviveria a uma tempestade extrema. Este experimento em escala real fornece essa prova. Significa que podemos começar a projetar a marisma e o dique como um único sistema", diz Bas Borsje, professor de proteção contra inundações baseada na natureza da Universidade de Twente, que liderou o experimento.

Proteger o que existe é a outra lição. Além de defender o litoral, as marismas abrigam fauna e flora e armazenam carbono. Com aporte de sedimentos, conseguem crescer junto com a elevação do nível do mar, mas esse mecanismo tem limite e pode falhar se faltar sedimento ou se as bordas sofrerem erosão. Entre 2000 e 2019, o mundo perdeu 719 quilômetros quadrados de marismas, sobretudo na costa atlântica dos Estados Unidos e no golfo do México, segundo dados citados no estudo. "Conservar as marismas, e restaurá-las onde foram perdidas, é prioridade não só para proteger o litoral, mas também para frear o rápido declínio da biodiversidade", diz Mason.

O estudo trata de marismas de clima temperado, mas o princípio de usar vegetação costeira como aliada da engenharia interessa diretamente ao litoral amazônico, onde esse papel cabe principalmente aos manguezais. O mapeamento divulgado em março de 2026 pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima identificou 1,23 milhão de hectares de manguezais no Brasil, cerca de 78% deles no Pará, no Maranhão e no Amapá. Desde 2018, boa parte dessa faixa integra o sítio Ramsar Estuário do Amazonas e seus Manguezais, com 3,85 milhões de hectares, descrito em sua ficha oficial como uma das maiores formações contínuas de manguezal do mundo, com cerca de 70% dos manguezais do país.

"Os ecossistemas de marisma costumam crescer com uma variedade de plantas, cada uma com sua força para a adaptação às mudanças climáticas. Proteger essa diversidade natural, nas marismas e em outros ecossistemas, é uma ferramenta valiosa para manter sua resiliência climática", resume Willemsen.



Drone pulveriza uma lavoura de arroz. Mapas feitos por drones e satélites permitem aplicar adubo e defensivos apenas onde a planta precisa.

Robôs e drones já dão lucro em 42% das lavouras do mundo

Primeiro mapa global da rentabilidade da agricultura de precisão mostra que regras ambientais fortes aceleram a adoção da tecnologia. Brasil está entre os países onde o potencial mais deve crescer até 2035.

Fotos: Shreesha Sharma, PaulineCant, Roosevelt Pinheiro/Agência Brasil

Drones, robôs e sistemas guiados por inteligência artificial já são economicamente viáveis em 42% das terras agrícolas do planeta, o equivalente a 501,5 milhões de hectares. A conclusão é de um estudo liderado pela Universidade de Bonn, na Alemanha, publicado em outubro na revista científica PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences), dos Estados Unidos. É a primeira estimativa da rentabilidade da chamada agricultura inteligente em escala mundial.

O trabalho é assinado por Shahrear Roman, Hadi Hadi, Wyclife Agumba Oluoch e David Wuepper, do Instituto de Economia Alimentar e de Recursos da Universidade de Bonn, com David Zilberman, da Universidade da Califórnia em Berkeley, e Robert Finger, da Escola Politécnica Federal de Zurique (ETH Zurique), na Suíça. A pesquisa recebeu financiamento da Fundação Alemã de Pesquisa (DFG), por meio do cluster de excelência PhenoRob, e do Conselho Europeu de Pesquisa.



Robô de capina autônomo trabalha à noite numa lavoura de alface. Equipamentos desse tipo foram desenhados para grandes propriedades da Europa e da América do Norte.

Nas fazendas mais tecnificadas da Europa e dos Estados Unidos, drones identificam focos de pragas e enviam os dados para máquinas que pulverizam só as áreas afetadas; robôs arrancam ervas daninhas antes que se espalhem; sistemas de irrigação monitoram a umidade do solo e molham apenas as raízes que precisam de água. "Essas tecnologias têm potencial para tornar a agricultura mais sustentável e menos agressiva ao meio ambiente", afirma o professor David Wuepper.

O problema é que nem sempre a conta fecha. Os equipamentos são caros, exigem conhecimento técnico e dependem de condições locais, como custo da mão de obra, regras ambientais e oferta de capacitação. "Queríamos saber onde a agricultura de precisão compensa economicamente", explica Shahrear Roman, doutorando no grupo de Wuepper.

Como não existem bases de dados sistemáticas sobre o uso dessas ferramentas, os pesquisadores enviaram um questionário a mais de 8 mil especialistas em agricultura inteligente, entre empresas, agricultores e cientistas, pedindo que marcassem num mapa digital os locais onde as tecnologias já eram usadas com lucro. As respostas foram somadas a uma revisão da literatura científica. O resultado foi uma base de 4.422 pontos no mundo, usada para treinar cinco modelos de aprendizado de máquina com resolução de cerca de 5 quilômetros.

O estudo analisou cinco grupos de tecnologia: mapas de aplicação gerados por drones e satélites, máquinas que dosam sozinhas adubo e defensivos, robôs de capina, sistemas de direção por GPS que evitam sobreposição de passadas e irrigação autônoma. Segundo o artigo, o piloto automático por GPS reduz o consumo de combustível entre 6% e 25%, e a aplicação de nitrogênio em taxa variável já mostrou cortes de até 34% nas emissões de óxido nitroso, um potente gás de efeito estufa.

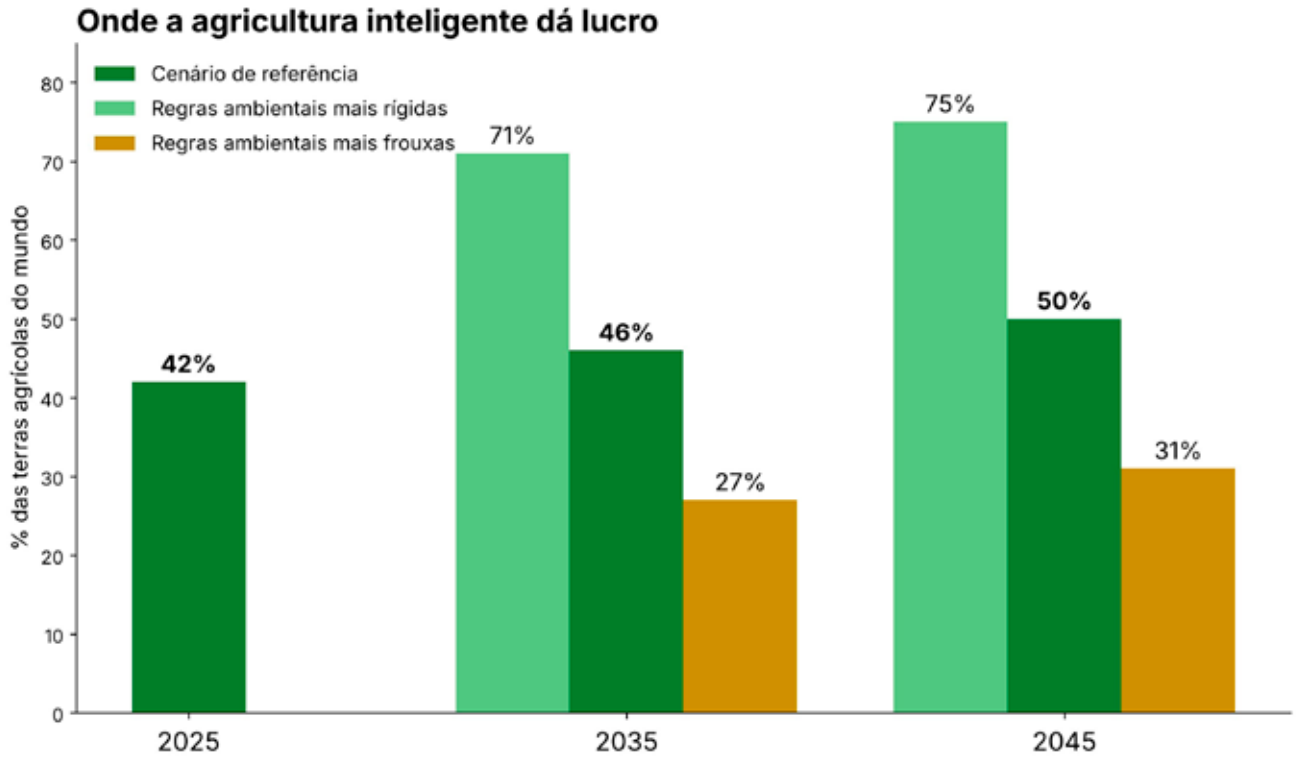
O retorno é maior onde a renda e a escolaridade são altas, as lavouras são grandes e a legislação ambiental é rigorosa, como na Europa Ocidental, no Canadá, nos Estados Unidos e na Austrália. Nessas regiões se usa muito fertilizante e agrotóxico, e aplicar apenas o necessário gera economia. "E, como a mão de obra também custa mais, faz sentido usar máquinas e robôs", diz Roman.

Na África Subsaariana, o potencial é baixo. "Em parte, porque as tecnologias disponíveis se adaptam mal à agricultura de pequena escala", observa Wuepper. "Hoje os equipamentos são desenvolvidos com foco em grandes operações, intensivas em capital, na América do Norte e na Europa. A pesquisa agrícola precisa buscar soluções que sirvam também às pequenas propriedades."

A variável que mais pesou nos modelos foi a qualidade da governança ambiental de cada país, medida pelo Índice de Desempenho Ambiental (EPI, na sigla em inglês). "Descobrimos que a agricultura inteligente já compensa onde a governança ambiental é mais forte. É, de longe, o fator mais importante dos nossos modelos", afirma Roman.

Os pesquisadores projetaram então o futuro. Num cenário intermediário de desenvolvimento socioeconômico, a área em que essas tecnologias são rentáveis sobe para 46% das terras agrícolas em 2035 e 50% em 2045, ou 588,5 milhões de hectares. Se cada país elevasse suas regras ambientais ao nível do melhor colocado em sua faixa de renda, a fatia chegaria a 71% em 2035 e 75% em 2045. No caminho inverso, com regras afrouxadas, cairia para 27% e 31%.

O Brasil aparece entre os destaques. Segundo o artigo, as economias emergentes são as que mais ganham: até 2035, o Leste Europeu, a China e a América do Sul, "especialmente Brasil e Argentina", passam a ter potencial de moderado a alto, que se intensifica até 2045. Os autores apontam que melhorar a governança ambiental pode acelerar a adoção em países como China,



Parcela das terras agrícolas do mundo em que robôs, drones e outras ferramentas de agricultura de precisão já são ou serão rentáveis, em três cenários de regulação ambiental.

Índia e Brasil, e que na América do Sul o potencial da tecnologia se sobrepõe, em grau médio, às áreas com perda de biodiversidade.

No campo brasileiro, a digitalização já avançou, mas de forma desigual. Pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), feita em 2020 com 504 agricultores de todos os estados e 249 empresas e prestadores de serviço, mostrou que 84% usavam ao menos uma tecnologia digital, sobretudo internet e aplicativos de mensagem. Apenas 17,5% recorriam a sensoriamento remoto por satélites ou drones, e o custo de equipamentos e aplicativos foi apontado como obstáculo por 67,1% dos produtores. Entre os profissionais do setor ouvidos no levantamento, 61,4% apontaram a conectividade no meio rural como principal entrave, um desafio ainda maior em regiões remotas como a Amazônia.

Para os autores, os ganhos econômicos e ambientais costumam andar juntos, mas não aparecem sozinhos. Sistemas de irrigação inteligente, por exemplo, tendem a ser rentáveis justamente nas regiões que mais sofrem com falta de água. "Sem política pública, a maior parte do ganho ambiental fica pelo caminho", conclui Wuepper.



Colheita de soja em fazenda de Rondonópolis, em Mato Grosso. O estudo aponta o Brasil entre os países onde o potencial da agricultura de precisão mais deve crescer.

Mudanças rápidas de temperatura embaralham espécies em terra, rios e mar

Análise de mais de 42 mil séries de levantamentos de biodiversidade, publicada na Nature em 2025, mostra que o aquecimento e também o resfriamento aceleram a substituição de espécies nas comunidades locais. Paisagens uniformes e muito alteradas pelo ser humano são as mais sensíveis.



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.

Fotos: Keith Bosley/NOAA · Bruno Kelly/Amazônia Real · Abby Darrah

Nas comunidades de plantas e animais que sentiram a temperatura mudar mais depressa, até 48% das espécies foram substituídas por outras a cada década. O número está em um estudo publicado na revista Nature em 2025, que reuniu 42.255 séries de levantamentos de biodiversidade no mar, em terra e em água doce para testar uma pergunta simples: a velocidade com que o clima local muda determina a velocidade com que as espécies se trocam?

A resposta foi sim, e nos dois sentidos. Onde a temperatura subiu mais rápido, a composição das comunidades mudou mais rápido. Onde ela caiu mais rápido, também. "A taxa de mudança de temperatura em si, e não o seu sinal, parece ter papel importante nas mudanças de composição", escrevem os autores.

O trabalho foi liderado pelo ecólogo Malin Pinsky, professor associado de ecologia e biologia evolutiva da Universidade da Califórnia em Santa Cruz (UC Santa Cruz), nos Estados Unidos. O autor sênior é Shane Blowes, do Centro Alemão de Pesquisa Integrativa em Biodiversidade (iDiv) e da Universidade Martin Luther de Halle-Wittenberg. Assinam também Helmut Hillebrand, da Universidade de Oldenburg, Jonathan Chase, do iDiv, e outros seis pesquisadores da Alemanha, da Finlândia e do Reino Unido.

"É como embaralhar um baralho de cartas, e a mudança de temperatura agora está embaralhando esse baralho cada vez mais rápido", compara Pinsky. "A preocupação é que, em algum momento, você comece a perder algumas cartas."

O estudo não conta quantas espécies vivem em cada lugar, mas quais são elas. A substituição, chamada pelos ecólogos de turnover, acontece quando algumas espécies ganham espaço e outras recuam ou somem, e pode transformar uma comunidade mesmo que o número total de espécies continue parecido. Para medir esse fenômeno, a equipe usou um índice que separa a troca de espécies das variações na riqueza. Nas aves da Suécia, acompanhadas por 57 anos, por exemplo, 0,46% das espécies foram substituídas a cada ano. Na mediana de todas as séries, a taxa foi de 0,82% ao ano.

Os dados vêm da BioTIME, a maior compilação disponível de levantamentos repetidos de biodiversidade. São 257.289 observações de 319 estudos, que resultaram em 38.451 séries marinhas, 3.159 terrestres e 645 de água doce. Peixes respondem por 24.334 séries e aves por 8.356; há ainda invertebrados, anfíbios, répteis, plantas e mamíferos. A maioria das séries começou na segunda metade do século 20, e a duração mediana é de oito anos. Nos locais estudados, o aquecimento médio foi de 0,27 °C por década em terra e de 0,20 °C no oceano, mas muitos pontos esfriaram no período.

Onde a temperatura mudou mais depressa, até 5,1% das espécies de uma comunidade foram substituídas por ano em terra, 5,2% em água doce e 3,2% no mar, embora poucos locais tenham passado por mudanças tão rápidas. O resultado em terra chama atenção porque, até aqui, os efeitos do clima sobre a biodiversidade pareciam mais nítidos no oceano. Animais terrestres podem se deslocar por distâncias curtas até pontos de temperatura mais favorável, o que amortece parte do impacto. Ainda assim, segundo os autores, a adaptação de comportamento e as mudanças nas interações entre espécies não bastam, em geral, para manter a composição das comunidades.

Pinsky define a temperatura como "o metrônomo da vida". O estudo mostra que a resposta depende do clima de partida. Em terra e no mar, comunidades de locais mais quentes



Pesquisadoras da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA (NOAA) registram a captura de um arrasto durante levantamento de peixes de fundo na costa oeste americana. Campanhas científicas repetidas ano após ano, como esta, formam séries temporais do tipo analisado no estudo.

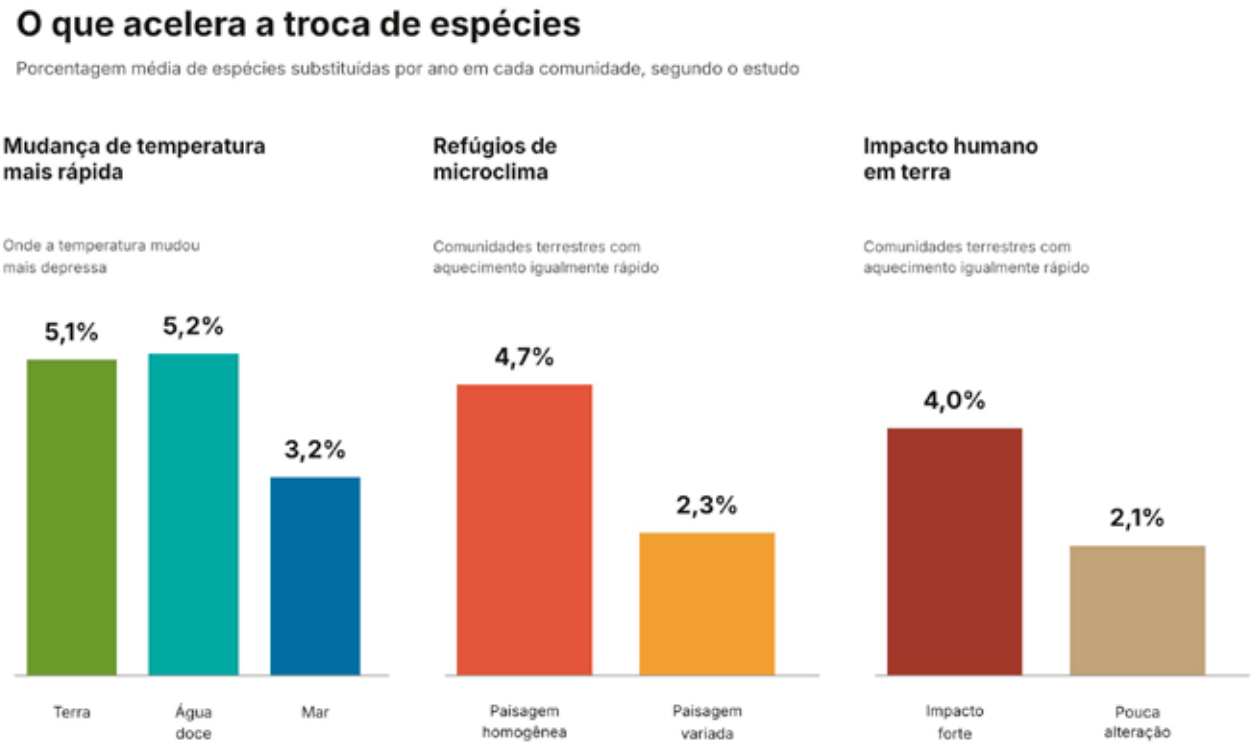


Imagem do satélite Sentinel-2 de 11 de outubro de 2024 mostra os bancos de areia expostos no rio Negro, na região de Novo Airão e do arquipélago de Anavilhanas, no Amazonas, durante a seca que levou o rio ao menor nível já medido em Manaus.

reagiram mais ao aquecimento, e as de locais mais frios, ao resfriamento. Uma explicação apontada pelos autores é fisiológica: espécies de climas quentes vivem mais perto do seu limite superior de tolerância ao calor, e as de climas frios, mais perto do limite inferior.

A paisagem ao redor também pesa. A equipe mediu a variação de temperatura da superfície num raio de 20 quilômetros de cada ponto, um indicador da oferta de microclimas, e encontrou comunidades mais sensíveis em paisagens homogêneas. Com aquecimento igualmente rápido, comunidades terrestres em paisagens uniformes trocaram 4,7% das espécies por ano, mais que o dobro dos 2,3% registrados em paisagens variadas. A lógica é a de quem procura sombra num dia quente: num campo aberto não há para onde fugir, mas numa área com floresta por perto basta caminhar alguns metros.

"Esse resultado destaca o potencial das condições ambientais locais para amortecer ou amplificar os efeitos do aumento de temperatura", afirma o coautor Benoit Gauzens, do iDiv e da Universidade Friedrich Schiller de Jena. "Ele reforça a importância de preservar a diversidade de habitats para manter variações nas con-



Área desmatada e preparada para monocultura ou pecuária perto de Porto Velho (RO), em agosto de 2020. Paisagens uniformes e alteradas pelo ser humano oferecem poucos refúgios de temperatura, condição que o estudo associa a uma troca de espécies mais rápida.



Vira-folha-de-cauda-preta (Sclerurus caudacutus), ave que procura alimento no chão da floresta. Na reserva do PDBFF, ao norte de Manaus, a espécie estava em mais da metade dos pontos de captura no início dos anos 1980 e em menos de 20% deles entre 2008 e 2016. A foto foi feita no Parque Nacional Yasuní, no Equador.

dições climáticas e refúgios para as espécies."

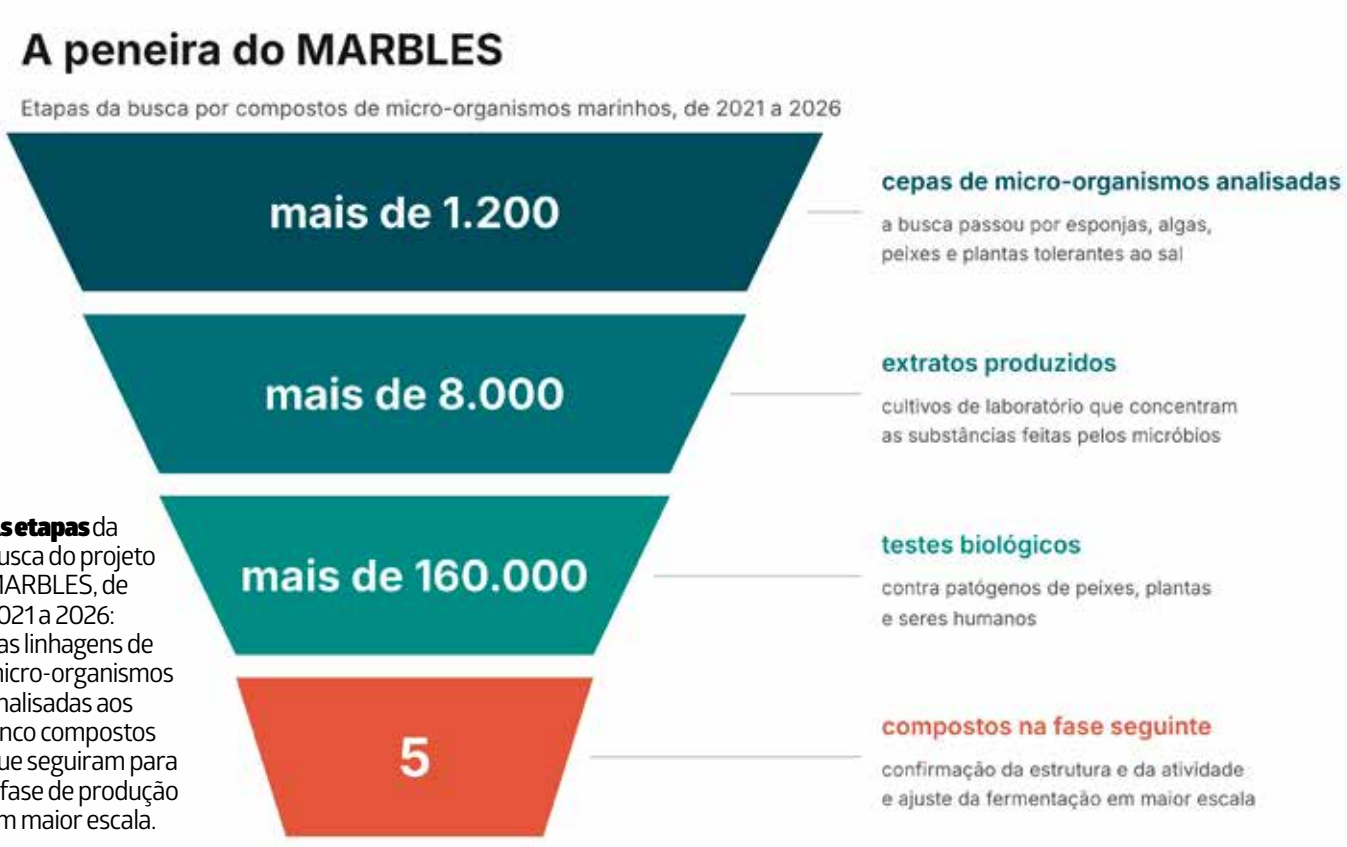
O impacto humano agrava o quadro. Uso da terra, poluição e espécies invasoras ampliaram o efeito da mudança de temperatura sobre a troca de espécies. Com aquecimento igualmente rápido, comunidades terrestres sob forte pressão humana trocaram 4,0% das espécies por ano, contra 2,1% nas pouco alteradas, quase o dobro. No mar o efeito foi mais fraco. Os autores atribuem a diferença ao fato de a pesca, principal pressão humana nos oceanos, não alterar a oferta de microclimas da mesma forma que a degradação de habitats em terra.

"Estabelecer essa ligação explícita entre as taxas de mudança climática e as taxas de substituição de espécies nos permite entender melhor como a mudança de temperatura pode afetar diferentes ecossistemas", diz Blowes. "Identificar os fatores que influenciam a velocidade da substituição local de espécies pode ajudar a priorizar ações de conservação."

A maior parte dos dados vem de regiões temperadas do hemisfério Norte. Os próprios autores ressaltam que as baixas latitudes, onde a vulnerabilidade das espécies é maior, estão sub-representadas, e por isso consideram suas estimativas conservadoras: a sensibilidade real das comunidades à mudança de temperatura tende a ser maior.

Na Amazônia, séries longas de biodiversidade são raras. Uma das mais extensas é a do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), cerca de 80 quilômetros ao norte de Manaus. Ali, uma equipe liderada pelo ornitólogo Philip Stouffer, da Universidade Estadual da Louisiana (LSU), comparou capturas de aves feitas entre 1980 e 1984 em 34 pontos de floresta primária com capturas feitas de 2008 a 2016 em 21 pontos de floresta também intacta. As aves insetívoras que se alimentam no chão ou perto dele foram as que mais diminuíram. O vira-folha-de-cauda-preta, presente em mais da metade dos pontos no início dos anos 1980, aparecia em menos de 20% deles três décadas depois. No estudo, publicado na revista Ecology Letters em 2021, os pesquisadores chamam esse declínio em mata sem desmatamento de "perdas ocultas", possivelmente causadas pela mudança do clima.

Para Pinsky e colegas, o futuro aponta para trocas ainda mais rápidas. As taxas de aquecimento global devem triplicar até o fim do século, e os impactos humanos locais continuam a se expandir, o que tende a acelerar a substituição de espécies. Comunidades que mudam depressa aumentam o risco de surpresas ecológicas, incluindo a perda de funções e serviços dos ecossistemas. As recomendações do estudo são evitar mais aquecimento, preservar a variedade de microclimas das paisagens e reduzir a conversão de áreas naturais. Pinsky acrescenta medidas como "preservar mais habitats naturais, reduzir a poluição e reduzir a disseminação de espécies invasoras". "No oceano, fatores como a redução da pressão de pesca e a proteção de habitats são importantes e úteis", afirma.



As etapas da busca do projeto MARBLES, de 2021 a 2026: das linhagens de micro-organismos analisadas aos cinco compostos que seguiram para a fase de produção em maior escala.

Projeto europeu garimpa no mar micróbios capazes de combater doenças

Em cinco anos, o MARBLES, liderado pela Universidade de Leiden, nos Países Baixos, analisou mais de 1.200 linhagens de micro-organismos ligados a esponjas, algas e peixes. Cinco compostos promissores seguem agora para produção em maior escala, e a ciência brasileira aparece na rede.

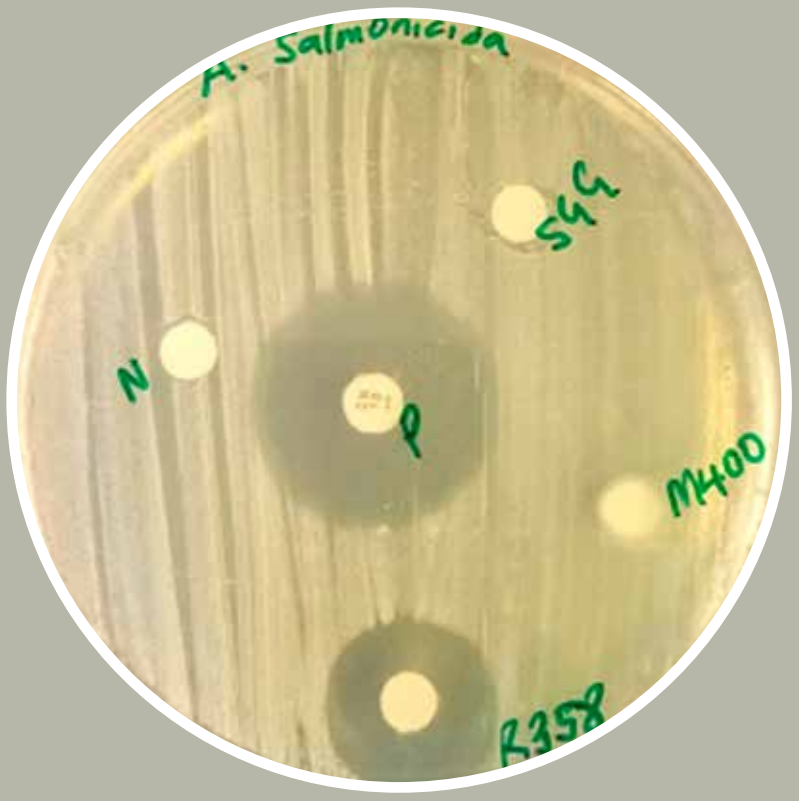
Fotos: Espinoza et al. (2022) · Oluwabusola et al. (2025), Marine Drugs · Diego Delso · Smahajcsik et al. (2025), Microbiology Spectrum · Francini-Filho et al. (2018), Frontiers in Marine Science

Mais de 1.200 linhagens de micro-organismos, 8.000 extratos e 160.000 testes biológicos. Esse é o saldo de cinco anos do MARBLES, projeto europeu que procurou em esponjas, algas, peixes e plantas tolerantes ao sal micróbios capazes de produzir substâncias contra doenças de seres humanos, de lavouras e de peixes de criação. Cinco dos compostos mais promissores passaram à etapa seguinte, em que os cientistas confirmam a estrutura química e a atividade das moléculas e ajustam a fermentação para produzi-las em maior escala.

Coordenado pelo biólogo Gilles van Wezel, professor de Biotecnologia Molecular da Universidade de Leiden, nos Países Baixos, o projeto funcionou de maio de 2021 a abril de 2026, com quase 7,5 milhões de euros do programa Horizon 2020, da União Europeia. O nome é a sigla, em inglês, de Biodiversi-



Colônias de Streptomyces griseus em placa de cultivo. O gênero Streptomyces, do grupo das actinobactérias, é a origem de muitos antibióticos conhecidos, como a estreptomicina, e está entre os micróbios estudados no projeto.



Teste em placa com a bactéria de peixes Aeromonas salmonicida. O halo escuro em volta do disco R358 mostra a inibição causada pelo extrato da Streptomyces B188M101, isolada de uma esponja de mar profundo. O disco P, com o antibiótico gentamicina, serve de comparação.

dade Marinha como Recurso Sustentável de Micróbios Supressores de Doenças e Bioprotetores para a Aquicultura e a Agricultura. Participaram 14 instituições de dez países, entre universidades, centros de pesquisa e pequenas empresas.

"Os ecossistemas marinhos são particularmente promissores", diz a bióloga Mariana Avalos Garcia, gerente do projeto em Leiden. "Os organismos de lá desenvolveram maneiras únicas de sobreviver à competição intensa, à pressão de doenças e ao estresse ambiental. Ao fazer isso, muitas vezes produzem compostos novos para se proteger, que podem ser muito diferentes dos encontrados em terra."

A busca responde a uma pressão conhecida. A resistência antimicrobiana reduz a eficácia de muitos antibióticos, e criadores de peixes e agricultores são cobrados a depender menos de antibióticos e agrotóxicos. "Tradicionalmente, o controle dependeu muito de antibióticos, pesticidas químicos e outros tratamentos sintéticos. Embora muitas vezes eficazes, essas abordagens podem contribuir para a resistência antimicrobiana, a contaminação ambiental e impactos sobre organismos que não são o alvo", afirma Van Wezel.

Para não esgotar a fonte, a equipe cultiva os micro-organismos em laboratório e obtém os compostos por fermentação, em vez de retirar esponjas e outros organismos do mar repetidas vezes. "A ideia era procurar compostos com potencial de um jeito que preserve a própria biodiversidade da qual você depende. Você não tira as esponjas do oceano: encontra os micróbios, as bactérias que vivem ali, retira esses micróbios e deixa as esponjas crescerem", explica o coordenador.

Outra frente foi despertar genes adormecidos. Muitos micróbios têm as instruções genéticas para fabricar substâncias úteis, mas não as produzem nas condições de laboratório. Esses genes costumam ficar reunidos nos chamados agrupamentos de genes biossintéticos. O grupo de Van Wezel testou moléculas sinalizadoras, os eliciadores, capazes de ligar esses conjuntos. "Os micro-organismos muitas vezes guardam uma biblioteca cheia de livros, mas a maioria está trancada", compara Avalos Garcia. "Encontrar um eliciador é como achar a chave que abre esses livros nunca lidos."

Um dos resultados publicados mostra o caminho. Pesquisadores da Universidade de Aberdeen, no Reino Unido, da University College Cork, na Irlanda, da empresa italiana Naicons e do instituto norueguês Sintef isolaram uma bactéria do gênero Streptomyces, a linhagem B188M101, da esponja de mar profundo Lissodendoryx diversichela. Cultivada em meios diferentes, ela rendeu três



Tanque-rede de criação de salmão em Svolvær, nas ilhas Lofoten, na Noruega. Doenças bacterianas de peixes de cultivo, como a furunculose, estão entre os alvos dos compostos e micróbios marinhos pesquisados.

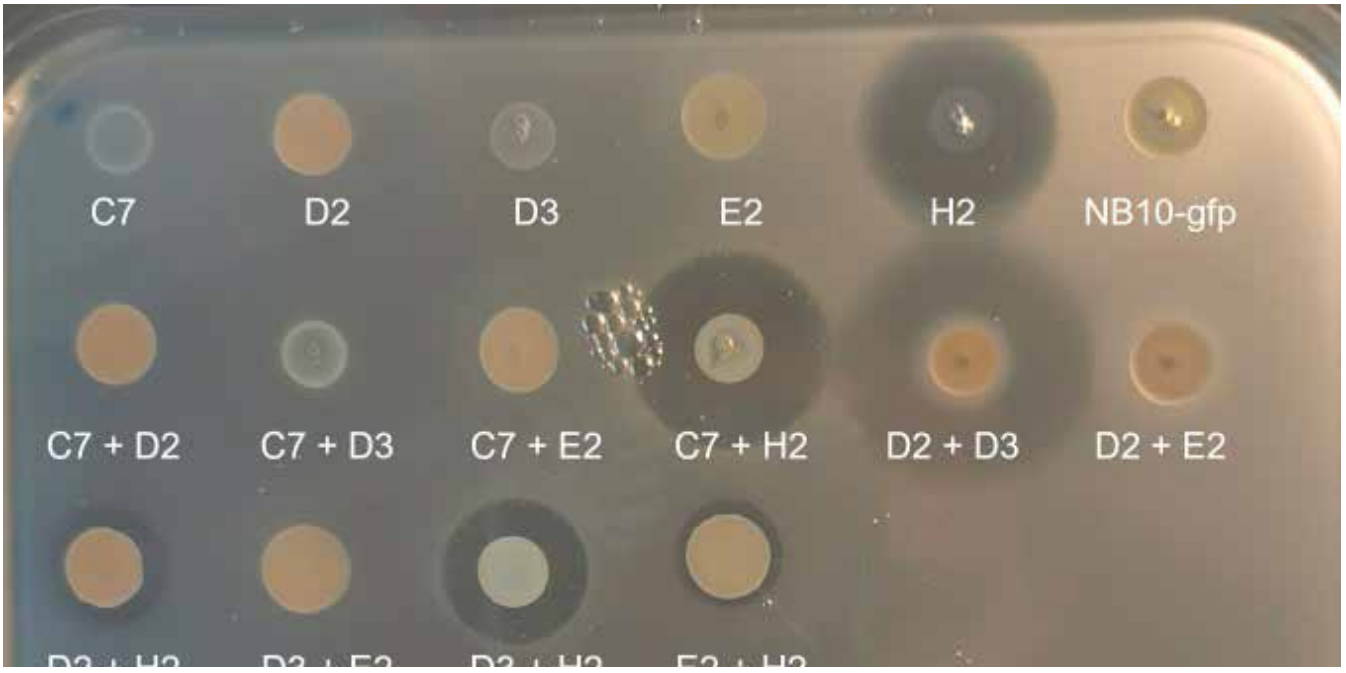
compostos clorados inéditos, batizados de agelolinas B, C e D, além de duas substâncias já conhecidas. A agelolina D inibiu a bactéria Staphylococcus aureus, causadora de infecções em pessoas, na concentração de seis microgramas por mililitro. A gausemicina A barrou a Aeromonas salmonicida, que causa furunculose e outras doenças em salmões e trutas, com 32 microgramas por mililitro, e teve a ação dobrada com adição de cálcio. Segundo o pesquisador Emmanuel Tope Oluwabusola, do Centro de Biodescoberta Marinha de Aberdeen, primeiro autor do estudo publicado em setembro de 2025 na revista Marine Drugs, é o primeiro registro desse efeito contra o patógeno de peixes.

Na Universidade Técnica da Dinamarca (DTU), a equipe da microbiologista Lone Gram estudou as microalgas Tetraselmis suecica e Isochrysis galbana, usadas como alimento vivo na criação de larvas de peixes marinhos. As comunidades de bactérias que vivem com essas algas frearam o crescimento de Vibrio anguillarum, um dos principais patógenos de peixes; algas livres de bactérias não tiveram efeito. Duas bactérias da Isochrysis, Sulfitobacter pontiacus e Vreelandella alkaliphila, inibiram o patógeno quando cultivadas juntas, embora nenhuma fizesse isso sozinha, segundo artigo de 2025 na revista Microbiology Spectrum. Em 2026, no Journal of Natural Products, o grupo descreveu o mecanismo: a Vreelandella fabrica desferrioxaminas, moléculas que capturam ferro, e as compartilha com a Sulfitobacter. Sem ferro disponível, o vibrião deixa de crescer.

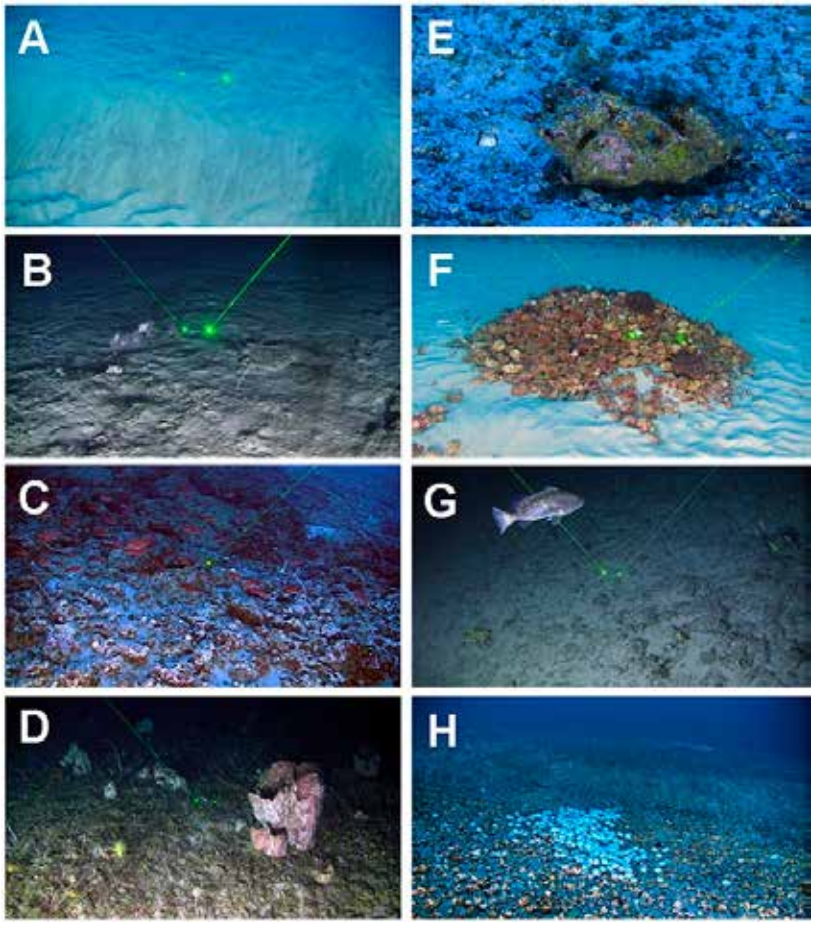
As esponjas também abrigam fábricas químicas pouco conhecidas. Um estudo liderado por Jörn Piel, do Instituto de Microbiologia da Escola Politécnica Federal de Zurique (ETH Zurique), na Suíça, analisou em oito esponjas bactérias simbiontes do grupo Entotheonella, que não crescem em laboratório. Os genomas somaram 493 agrupamentos de genes biossintéticos ou fragmentos deles, e 96,7% das famílias desses agrupamentos não correspondem a nenhum composto já caracterizado, de acordo com o artigo publicado em novembro de 2025 na Nature Chemical Biology.

Separar o que interessa em meio a tantos candidatos é, para Avalos Garcia, como procurar agulha no palheiro. O projeto criou ferramentas para isso. Uma delas, o Fermo, painel online gratuito desenvolvido com participação de Van Wezel e do bioinformata Marnix Medema, cruza dados de espectrometria de massas, testes de atividade e análise de genomas para ordenar as moléculas mais promissoras de uma amostra. Em outra linha, os biólogos Jos Raaijmakers e Victor Carrión, de Leiden, investigaram plantas tolerantes ao sal em busca de micróbios que ajudem lavouras a resistir à salinização do solo.

O MARBLES teve participação brasileira. Pesquisadores do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e da Universidade Federal Fluminense (UFF) assinaram com o microbiologista Alan Dobson, da University College Cork, uma revisão sobre enzimas de micro-organismos marinhos capazes de desmontar biofilmes, camadas de bactérias que resistem a tratamentos e complicam infecções hospitalares. O trabalho, publicado em 2025 na Critical Reviews in Microbiology, recebeu recursos do projeto europeu e de



Ensaio em ágar com o patógeno de peixes Vibrio anguillarum. Os halos escuros indicam inibição. A combinação D2 + D3 (Vreelandella alkaliphila e Sulfitobacter pontiacus) forma halo, embora as duas bactérias, sozinhas, não formem.



Fundo do Grande Sistema Recifal Amazônico entre 60 e 220 metros de profundidade. No quadro D, a porção mais funda do recife, a 220 metros, tem o fundo quase todo coberto por esponjas, octocorais e corais-negros.

agências brasileiras de fomento.

Na costa amazônica, o potencial começa a ser mapeado. Esponjas dos gêneros Agelas e Geodia coletadas em 2014 no Grande Sistema Recifal Amazônico, perto da foz do rio Amazonas, tiveram o material genético de seus micróbios sequenciado por cientistas da Universidade de Brasília (UnB), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agroenergia), da Universidade Católica de Brasília e da UFRJ. O grupo de Ricardo Kruger, da UnB, recuperou 1.054 genomas de micro-organismos. Em dez deles, de um grupo pouco estudado de bactérias chamado Latescibacterota, encontrou 425 peptídeos, dos quais 166 foram classificados como potencialmente bioativos, alguns com previsão de ação antimicrobiana, antifúngica, anti-inflamatória ou anticâncer, segundo artigo de 2023 na Frontiers in Microbiomes. São previsões feitas por computador, ainda sem confirmação em laboratório.

O recife, que se estende da divisa com a Guiana Francesa ao Maranhão, tem área estimada em 9.500 km² e chega a 220 metros de profundidade, sob a pluma de sedimentos do rio, que reduz a luz. Para os cientistas europeus, ambientes assim só valem como fonte se forem preservados. "A biodescoberta só faz sentido se não prejudicar nem enfraquecer a biodiversidade da qual depende", afirma Avalos Garcia. O projeto declara seguir os protocolos de Nagoya, sobre acesso a recursos genéticos e repartição de benefícios, e de Cartagena, sobre biossegurança, e formou dezenas de doutorandos e pós-doutorandos entre a microbiologia, a química, a bioinformática e a sustentabilidade.



Vista aérea do parque eólico de Block Island, a cerca de 6 quilômetros da costa de Rhode Island. As bases amarelas em treliça de aço funcionam como recife artificial e são rapidamente colonizadas por organismos marinhos.

Turbinas no mar viram recife e mudam a teia alimentar do oceano

Estudo com três parques eólicos marinhos dos Estados Unidos mostra que mexilhões e outros organismos presos às fundações redesenham o caminho do carbono no fundo do mar e deixam o ecossistema mais organizado, num alerta útil para o Brasil, que tem dezenas de projetos do tipo em análise

Fotos: Ionna22, U.S. Department of Energy, Olivier Dugornay (Ifremer), Bobby McCabe, Alex DeCiccio

Quatro anos depois de as cinco turbinas do parque eólico de Block Island entrarem em operação, na costa de Rhode Island, nos Estados Unidos, os animais que cresceram presos às estruturas de aço já respondiam por 53% de todo o carbono que os invertebrados da área retiravam da água. O número está num estudo publicado em 2026 no periódico científico Scientific Reports, do grupo Nature, que usou modelos matemáticos para reconstruir quem come quem no fundo do mar antes e depois da chegada das turbinas.

A pesquisa foi liderada por Kimberly Lato, do Biodiversity Research Institute (BRI), centro de pesquisa sediado em Portland, no estado do Maine, com participação do Instituto Real Belga de Ciências Natu-



Mar agitado na base das turbinas de Block Island, o primeiro parque eólico marinho dos Estados Unidos, em 2016, quando as cinco unidades de 6 megawatts ainda estavam em comissionamento.

rais, da Universidade de Gent, também na Bélgica, e do Laboratório de Ecologia Geoespacial Marinha da Universidade Duke, na Carolina do Norte. O trabalho foi financiado pela Autoridade de Pesquisa e Desenvolvimento Energético do Estado de Nova York (NYSERDA, na sigla em inglês).

A energia eólica no mar é um dos setores de energia renovável que mais crescem. Em 2024, segundo os autores, a capacidade instalada no mundo chegou a 83 gigawatts (GW), distribuídos por 15 países de cinco continentes, e a projeção é superar 440 GW até 2034. Nos Estados Unidos, o órgão federal que administra a energia no oceano, o Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), já havia arrendado mais de duas dezenas de áreas para usinas comerciais até 2025, a maioria na plataforma continental do Atlântico.

O efeito mais visível dessas usinas é o de recife artificial. As fundações e as camadas de pedra colocadas em volta da base para evitar a erosão do fundo são ocupadas por mexilhões, anêmonas, estrelas-do-mar, caramujos, crustáceos e vermes marinhos, que por sua vez atraem peixes e outros predadores. Pesquisas no Mar do Norte, onde a tecnologia está instalada há mais tempo, já mostraram que essa comunidade desvia o fluxo de carbono para os animais que se alimentam por filtração e aumenta a produção biológica local.

Os pesquisadores compararam três parques no sul da Nova Inglaterra. Block Island, concluído em 2016, foi o primeiro parque eólico marinho dos Estados Unidos, com cinco turbinas sobre fundações em treliça, em águas de 9 a 23 metros de profundidade. South Fork, concluído em 2024 a 60 quilômetros a leste de Long Island, em Nova York, foi o primeiro de escala comercial a operar plenamente no país, com 12 turbinas apoiadas em monoestacas, grandes tubos de aço cravados no fundo. Empire Wind, ao sul de Long Island, é o maior projeto planejado para o nordeste americano, com até 147 turbinas em cerca de 325 quilômetros quadrados e operação plena prevista para 2027.

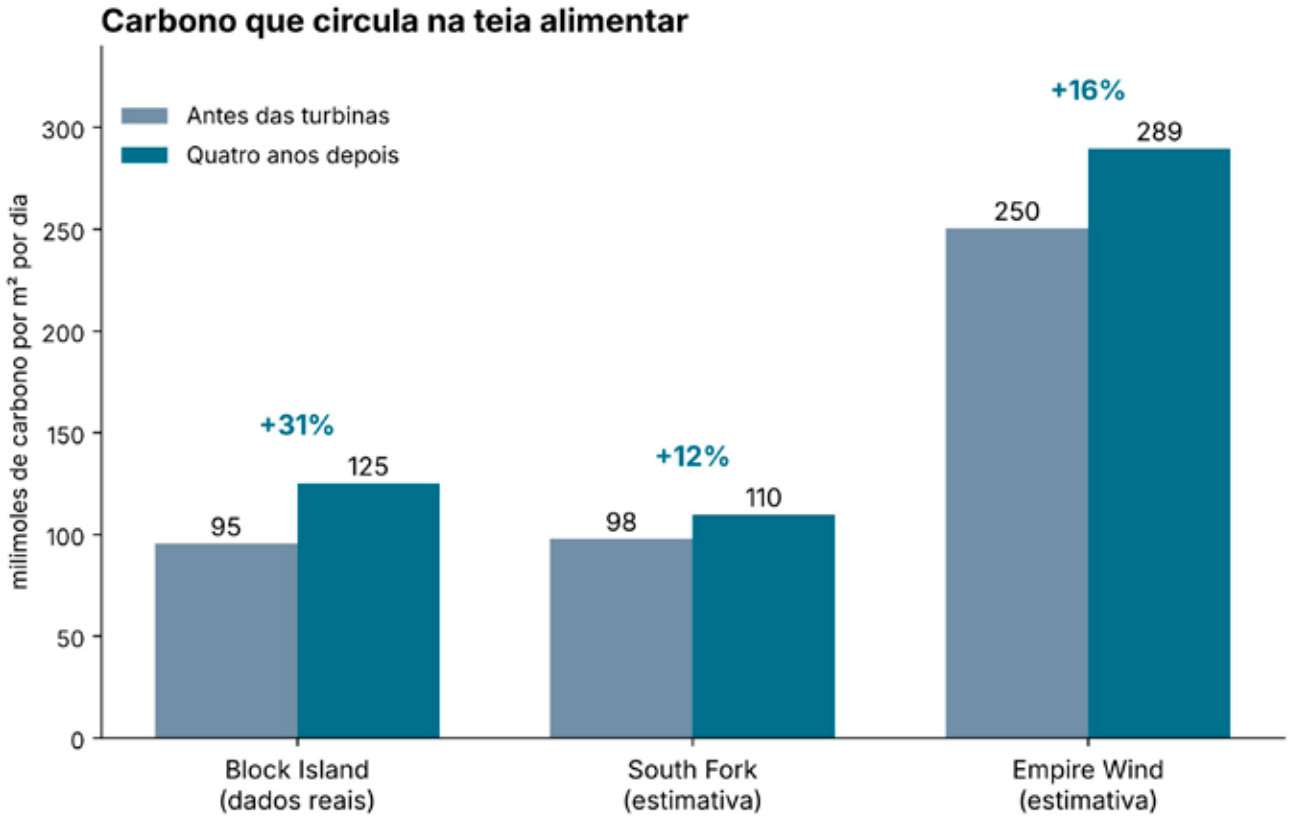
Só Block Island tinha quatro anos de dados reais coletados depois da obra. Para os outros dois parques, a equipe montou cenários a partir do que se observou ali e em usinas europeias. Os modelos usados, chamados de modelos inversos lineares, combinam a biomassa de cada grupo de organismos, a lista de quem se alimenta de quem e parâmetros fisiológicos, como a respiração, para estimar quanto carbono passa de um grupo para outro. Cada modelo foi rodado 30 mil vezes. Toda a informação veio de bases públicas, como levantamentos de plâncton, dragagens de moluscos e arrastos de fundo feitos pelo serviço de pesca da agência oceânica e atmosférica americana (NOAA).

Em Block Island, o modelo posterior à construção apresentou valores significativamente mais altos de dois indicadores de rede, a ascendência e a sobrecarga do sistema, que na ecologia apontam um ecossistema mais organizado, mais maduro e com mais reservas para absorver choques. O fluxo total de carbono que circula na teia alimentar também subiu, de 95 para 125 milimoles por metro quadrado por dia, embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa por causa da grande variação entre as simulações.

South Fork e Empire seguiram a mesma direção, com mais ascendência, mais sobrecarga e mais fluxo total, também sem significância estatística. Outro indicador, porém, andou no sentido contrário. A conectância ponderada, medida da complexidade da teia que leva em conta o volume de cada fluxo, caiu nos dois parques, e de forma significativa em Empire. Para os autores, o sinal contraditório sugere uma possível perda de resistência a perturbações e mostra que nenhum índice isolado basta para descrever a saúde de um ecossistema.

O peso da comunidade das turbinas varia com o tamanho do parque e o tipo de fundação. Os organismos ligados às estruturas responderam por 53% da captação de carbono da coluna d'água pelos invertebrados em Block Island, 9% em South Fork e 3% em Empire. Em Block Island, também forneceram 38% de todos os invertebrados de fundo consumidos pelos predadores, contra 8% nos outros dois parques. Entre os habitantes das turbinas, os bivalves que crescem nas fundações e na camada de pedras foram os de maior influência sobre o conjunto da teia.

O principal deles é o mexilhão-azul (Mytilus edulis). Filtrador, ele retira carbono diretamente da água ao longo das monoestacas e pode desviar energia que antes chegava aos animais filtradores do sedimento. Vídeos preliminares de South Fork e do projeto-piloto Coastal Virginia Offshore Wind mostram mexilhões dominando a camada de pedras



Fluxo total de carbono na teia alimentar dos três parques, sem turbinas e quatro anos após a construção. Em Block Island o cálculo usa dados coletados no local; em South Fork e Empire Wind, cenários estimados.

nos primeiros um a dois anos após a obra, ao contrário do que se registra na Europa, onde essa colonização é pequena. Como as fundações americanas mais novas têm diâmetro maior que as europeias, o efeito pode ser mais forte do que se imaginava.

Mesmo assim, o fundo de areia e cascalho segue no centro da teia. Em todos os modelos, antes e depois das turbinas, os animais que vivem no sedimento, como vermes poliquetas, pequenos crustáceos e bivalves, tiveram o maior impacto trófico entre todos os grupos, resultado que confirma modelos regionais feitos anteriormente para a costa atlântica americana.

Aves marinhas e mamíferos não entraram nas contas, mas os resultados dão pistas. A quantidade de carbono exportada para fora do sistema aumentou depois da construção, o que sugere mais presas disponíveis para os predadores do topo. A literatura científica já registra que um biguá norte-americano (Nannopterum auritum) e a foca-cinzenta (Halichoerus grypus) são atraídos pelas turbinas. "É possível que mudanças na estrutura da teia alimentar nos níveis tróficos mais baixos se propaguem para a distribuição desses animais de níveis mais altos", escrevem os autores.



Banco de mexilhões-azuis (Mytilus edulis), bivalve filtrador que coloniza estruturas rígidas no Atlântico Norte e domina a base de turbinas recém-instaladas na costa americana.



O peixe Centropristis striata, conhecido nos Estados Unidos como black sea bass, é associado a recifes e tende a ser atraído pelas estruturas. Nos modelos, um possível aumento da espécie ficou diluído dentro do grupo dos peixes que se alimentam no fundo.

Uma pergunta central continua aberta. Os parques criam biomassa nova ou apenas concentram animais que já existiam na região? Se for apenas concentração, a oferta de presas fora da área das turbinas pode diminuir e acirrar a competição entre predadores. Se houver aumento real de produção, por exemplo de peixes forrageiros, o impacto para os animais que evitam a área tende a ser menor. A resposta interessa também à pesca comercial e recreativa.

O estudo expõe lacunas importantes. Os únicos dados de biomassa de bactérias do sedimento e da meiofauna, os animais minúsculos que vivem entre os grãos de areia, disponíveis para o sul da Nova Inglaterra são de 1984, há mais de 40 anos, período em que o clima e o oceano mudaram. Em South Fork, nenhuma amostra de fundo foi coletada dentro da área do parque antes da obra, e a equipe precisou usar dados de Block Island, a cerca de 26 quilômetros dali. Segundo os autores, o fundo da plataforma atlântica americana foi pouco amostrado nas últimas décadas.

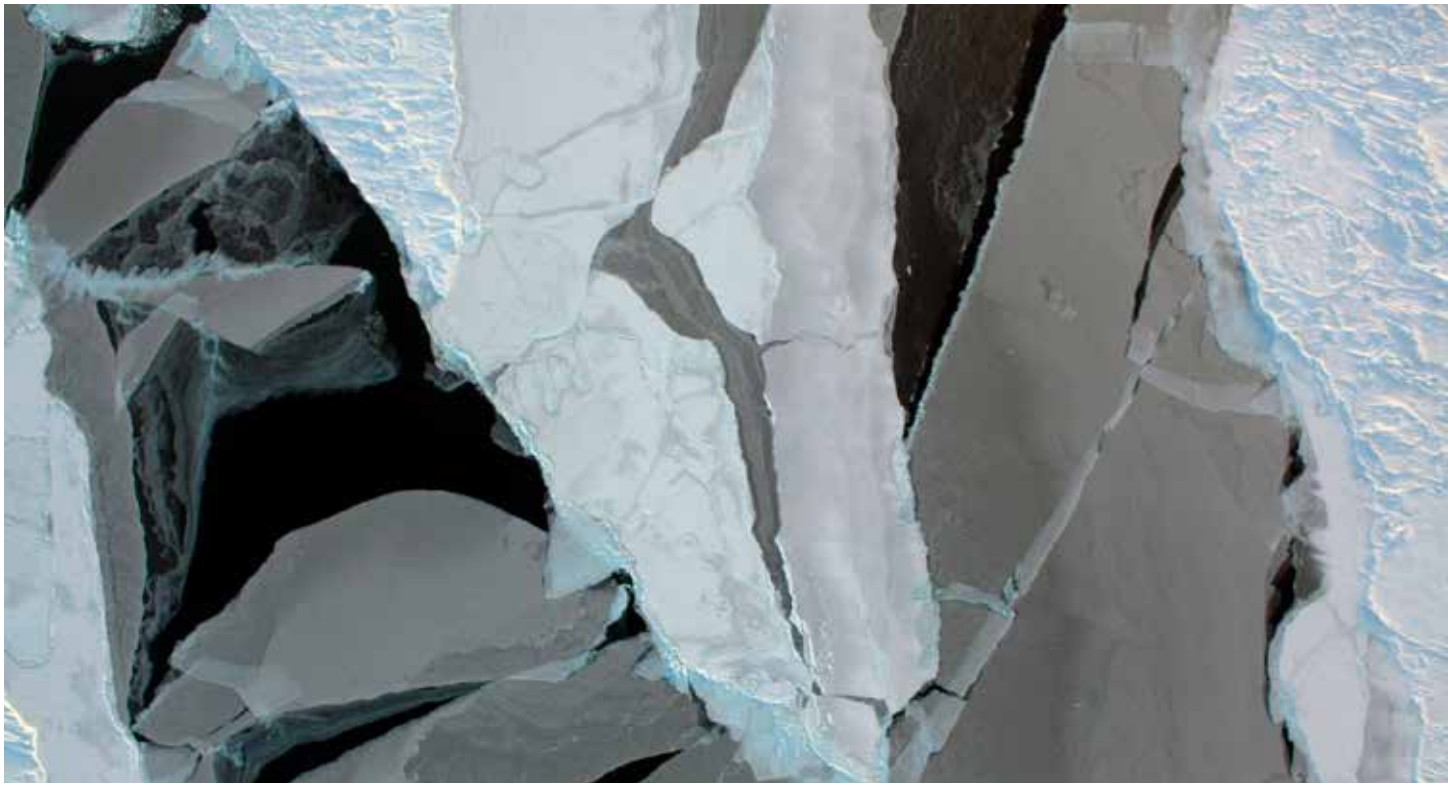
Por isso, a principal recomendação é medir no próprio local a biomassa, a respiração, a dieta e os isótopos dos organismos, sobretudo da fauna que vive no sedimento, e acompanhar a comunidade que ocupa a camada de pedras ao longo de toda a vida útil das usinas. Os autores defendem que os levantamentos já exigidos por lei das empresas nas áreas arrendadas sejam aproveitados para avaliar o ecossistema como um todo, e não espécie por espécie, desde que os métodos sejam padronizados.



Embarcação da Universidade de Rhode Island a caminho do parque eólico de Block Island. Coletar dados no próprio local, antes e depois das obras, é a principal recomendação do estudo.

O tema chega ao Brasil num momento de definição. O marco legal das eólicas no mar, a Lei nº 15.097, foi aprovado em janeiro de 2025, e o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) detalhou as regras em resolução de 1º de abril de 2026. Em julho de 2026, o Rio Grande do Sul liderava os pedidos em análise no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), com 17 projetos, seguido pelo Ceará, com 16, segundo dados do órgão.

Os pesquisadores apresentam o próprio método como uma ferramenta transferível para regiões com poucos dados ou com dados dispersos. Para um país que começa agora a licenciar usinas no oceano, a lição de Block Island é direta: medir o fundo do mar antes da primeira estaca é o que permite saber, depois, o que de fato mudou.



Gelo marinho do Ártico fotografado de avião durante a Operação IceBridge, da NASA, em março de 2011. Placas finas, quase transparentes, convivem com gelo mais grosso e antigo coberto de neve.

Oceanos polares perdem o gelo que sustenta costas, povos e pinguins

Relatório europeu sobre o estado dos oceanos mostra que a superfície do Ártico aqueceu 4,2 °C desde 1982 e que o gelo marinho recua em quase todas as regiões do extremo norte. Na Antártida, a perda de gelo atinge as colônias do pinguim-imperador, espécie que passou a ser classificada como em perigo.

Fotos: NASA · Benjamin Jones/USGS · von Schuckmann et al. (2026), State of the Planet · Hannes Grobe/AWI · Marinha do Brasil

Em pouco mais de quatro décadas, a superfície do mar e do gelo no Ártico esquentou, em média, 4,2 °C. É um ritmo de cerca de 1 °C por década entre 1982 e 2024, medido em toda a área acompanhada pelo Programa de Monitoramento e Avaliação do Ártico (AMAP, na sigla em inglês), braço científico do Conselho do Ártico. O número abre o capítulo sobre as regiões polares da décima edição do Relatório sobre o Estado do Oceano do Copernicus, publicado em 30 de setembro na revista científica State of the Planet.

O relatório é produzido pelo Serviço Marinho Copernicus, da União Europeia, operado pela Mercator Ocean International, organização com sede em Toulouse, na França. O capítulo polar é assinado por oito pesquisadores da própria Mercator, da empresa francesa CELAD e da espanhola Nologin Oceanic Weather Systems, sob a liderança da oceanógrafa

Karina von Schuckmann. "A mensagem é muito clara. O oceano está mudando rapidamente", afirmou Pierre Bahurel, diretor-geral da Mercator Ocean International, na apresentação do relatório.

Os oceanos polares ocupam cerca de 20% da superfície oceânica do planeta, mas pesam muito mais no clima. Só o oceano Austral, que circunda a Antártida, absorve a cada ano uma parcela estimada em 70% do calor extra de origem humana que entra no oceano mundial e responde por cerca de metade da absorção do carbono emitido pelas atividades humanas, segundo os estudos reunidos pelos autores. As águas polares também movem a circulação que distribui calor e carbono entre as bacias oceânicas.

Para medir a mudança, a equipe dividiu o Ártico em grandes ecossistemas marinhos, regiões costeiras de pelo menos 200 mil quilômetros quadrados definidas por critérios ecológicos, como o relevo do fundo e a produtividade, e não por fronteiras políticas. O Conselho do Ártico reconhece 18 delas, e o estudo analisou 13. O aquecimento passou de 1 °C por década no mar de Kara, ao norte da Sibéria (1,68 °C por década), nos mares da Sibéria Oriental e de Laptev (1,28 °C), no mar de Barents (1,23 °C), no mar de Beaufort (1,19 °C) e no mar de Chukchi e no oceano Ártico central (1,18 °C).

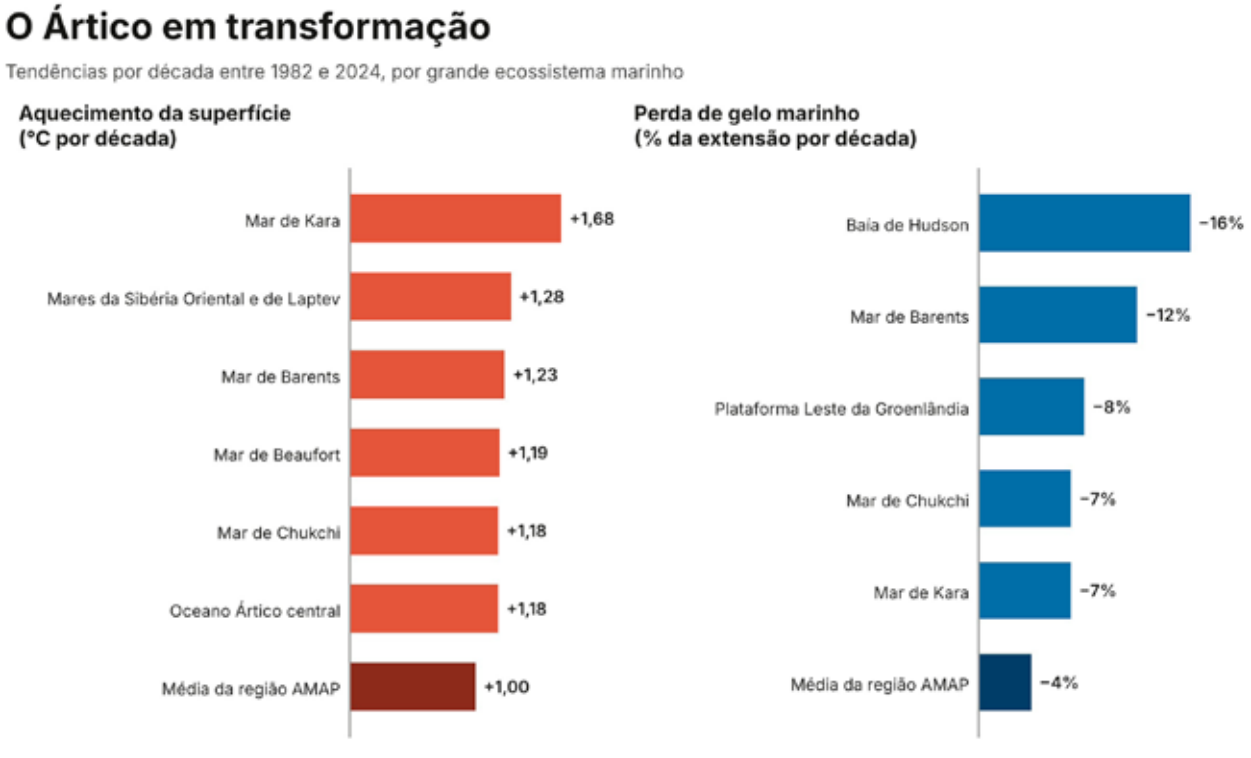
O gelo marinho recuou em todas as regiões com cobertura sazonal, com exceção das plataformas da Islândia e da Noruega, onde ele em geral não se forma. A maior perda foi na baía de Hudson, no Canadá: 16% da extensão por década, em relação à média de 1993 a 2010. Vêm em seguida o mar de Barents (12%), a plataforma leste da Groenlândia (8%) e os mares de Chukchi e de Kara (7%). Na escala de todo o Ártico, o relatório calcula que a extensão média mensal do gelo caiu cerca de 490 mil quilômetros quadrados por década entre 1979 e 2025, o equivalente a perder uma área do tamanho da Espanha a cada dez anos.

Menos gelo significa mais calor retido. O gelo reflete a maior parte da luz do sol, enquanto a água escura do mar aberto a absorve, esquenta e derrete mais gelo, num ciclo que os cientistas chamam de retroalimentação gelo-albedo. Segundo os trabalhos citados no capítulo, o Ártico aqueceu quase seis vezes mais rápido do que a média global desde 1980, e a extensão do gelo no fim do verão encolhe mais de 10% por década desde o início dos registros por satélite. Ao mesmo tempo, águas atlânticas mais quentes e salgadas avançam para o norte e mudam o próprio oceano Ártico, processo conhecido como atlantificação.

Outro capítulo do relatório, liderado pelo pesquisador Roshin P. Raj, do Centro Nansen de Meio Ambiente e Sensoriamento Remoto, na Noruega, mostra que a atlantificação do mar de Barents parou temporariamente entre 2016 e 2022. A região recebeu água menos salgada do Atlântico e mais gelo vindo do Ártico central. Com isso, a água densa que sai do Barents e alimenta o ramo profundo da Circulação Meridional de Revolvimento do Atlântico (Amoc, na sigla em inglês), o sistema de correntes que leva calor ao longo do Atlântico, ficou a menos densa das últimas três décadas, o que pode afetar essa circulação.

O recuo do gelo também chega à terra firme. Sem a proteção do gelo, o vento tem mais espaço para formar ondas, e a temporada de mar aberto fica mais longa. Somado ao degelo do permafrost, o solo permanentemente congelado que dá coesão às margens, o processo acelera a erosão. Nas últimas quatro décadas, as áreas de maior recuo do gelo coincidem com as de erosão costeira mais rápida, e as taxas de recuo do litoral já dobraram ou mais em várias partes do Ártico. Cerca de 60% da infraestrutura costeira identificada na região está em áreas baixas, vulneráveis à erosão e à elevação do nível do mar.

Em todas as águas junto à costa ártica aumentou o número de dias por ano em que a superfície do mar fica acima do ponto de congelamento da água salgada, de menos 1,8



Aquecimento da superfície do mar e do gelo e perda de gelo marinho por década nas regiões do Ártico mais afetadas, entre 1982 e 2024. A região AMAP corresponde à área monitorada pelo Conselho do Ártico.



Bloco de permafrost desabado na costa de Drew Point, no norte do Alasca (EUA), em foto de 2017. Nessa região, as falésias de solo congelado chegam a recuar 20 metros por ano.

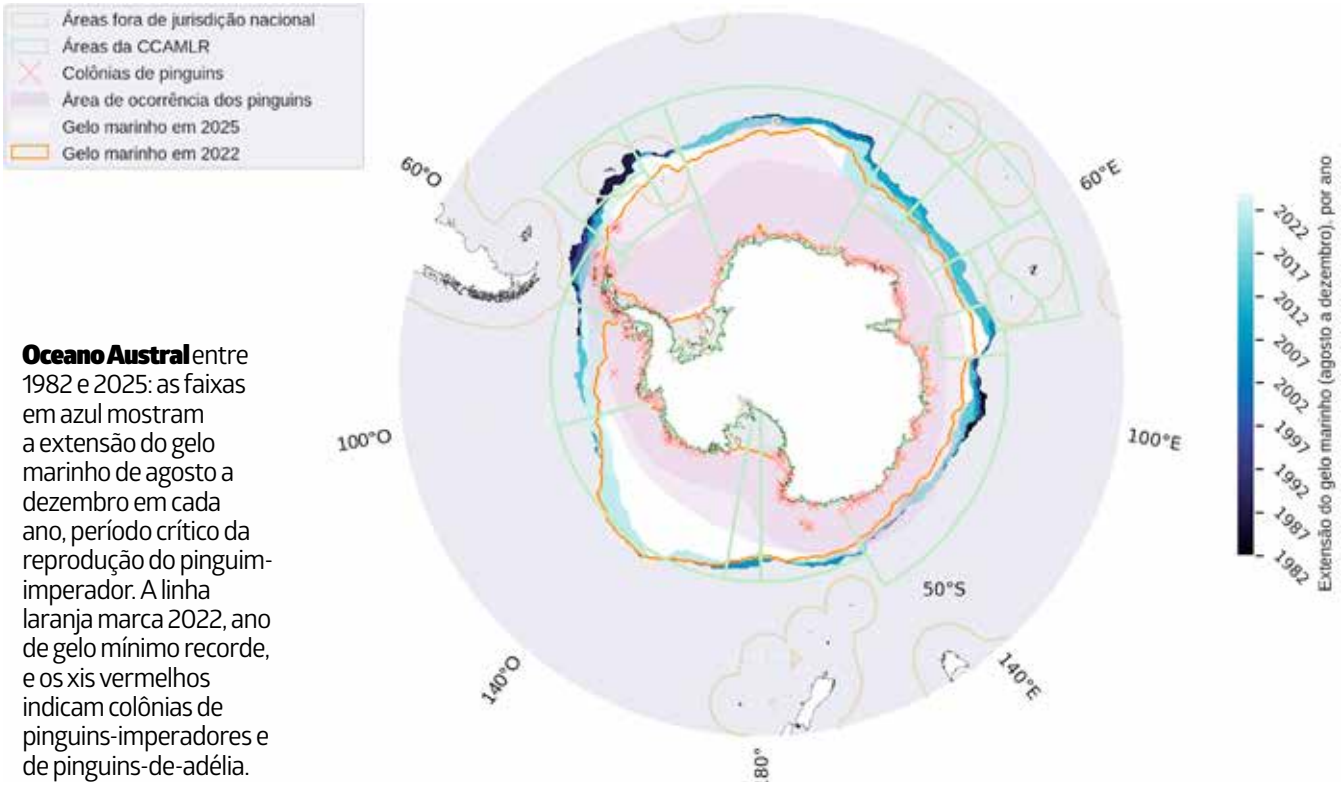
°C. Em quatro décadas, são de 20 a mais de 120 dias a mais nessas condições, conforme o lugar, com os maiores aumentos nos mares de Barents, de Kara e da Groenlândia. Para povos indígenas como os inuítes, no Canadá, no Alasca e na Groenlândia, o gelo mais fino e imprevisível dificulta o acesso às áreas de caça de mamíferos marinhos e às rotas tradicionais de viagem, com efeito direto sobre a segurança alimentar. Ao mesmo tempo, o tráfego de navios no Ártico cresceu 40% entre 2013 e 2025.

Na Antártida, o quadro é diferente, mas igualmente grave. Uma mudança de regime em 2016 levou a extensão do gelo marinho para muito abaixo de sua variação natural. Em 2022, o gelo em volta do continente atingiu um mínimo recorde, e o pinguim-imperador sofreu a primeira falha reprodutiva em larga escala já registrada: em quatro de cinco colônias monitoradas, a reprodução fracassou por completo depois que o gelo se rompeu antes da hora.

A espécie se reproduz apenas sobre o gelo fixo, a placa de gelo marinho presa à costa. Os filhotes nascem em julho e agosto e só ganham penas impermeáveis entre meados de dezembro e o início de janeiro. Antes disso, não sobrevivem se caírem na água. Modelos citados no relatório indicam que mais de 90% das colônias podem chegar perto da extinção até 2100 se o ritmo atual de perda de gelo continuar. Em abril, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, na sigla em inglês) mudou a classificação do pinguim-imperador de quase ameaçado para em perigo. Imagens de satélite indicam a perda de cerca de 10% da população entre 2009 e 2018, mais de 20 mil adultos, segundo a entidade.

O mapa do relatório mostra que as áreas de maior recuo do gelo nos últimos 40 anos coincidem com grandes colônias de pinguins, sobretudo na península Antártica. O efeito vai além dessas aves. O gelo regula a produção de algas microscópicas, a reprodução do krill e a distribuição de peixes, focas, baleias e aves marinhas. Áreas marinhas protegidas podem reduzir a pesca e outras pressões locais, mas não conseguem preservar o gelo. "Quando o clima altera o próprio habitat, a política de conservação e a política climática se tornam inseparáveis", escrevem os autores.

A proteção, porém, anda devagar. Desde 2016, propostas de novas áreas protegidas no oceano Austral, como as do leste da Antártida, do mar de Weddell e da península Antártica, não alcançam o consenso exigido pela Comissão para a Conservação dos Recursos



Oceano Austral entre 1982 e 2025: as faixas em azul mostram a extensão do gelo marinho de agosto a dezembro em cada ano, período crítico da reprodução do pinguim-imperador. A linha laranja marca 2022, ano de gelo mínimo recorde, e os xis vermelhos indicam colônias de pinguins-imperadores e de pinguins-de-adélia.



Colônia de pinguins-imperadores sobre o gelo marinho da baía de Atka, no mar de Weddell. A espécie depende do gelo fixo à costa para criar os filhotes.



Novas instalações da Estação Antártica Comandante Ferraz, na península Keller, ilha Rei George, inauguradas em janeiro de 2020. A estação é a principal base do Programa Antártico Brasileiro.

Vivos Marinhos Antárticos (CCAMLR, na sigla em inglês). Para os autores, o acordo da ONU sobre a biodiversidade em alto-mar, adotado em 2023 e em vigor desde 2026, pode dar novo impulso a essa agenda.

O Brasil acompanha essas mudanças de perto. O Programa Antártico Brasileiro (Proantar) mantém a Estação Antártica Comandante Ferraz, na ilha Rei George, cujas novas instalações foram inauguradas em janeiro de 2020. Entre novembro de 2024 e janeiro de 2025, 57 pesquisadores de sete países navegaram cerca de 30 mil quilômetros ao longo da costa antártica a bordo do quebra-gelo russo Akademik Tryoshnikov, numa expedição coordenada por Jefferson Cardia Simões, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pesquisador do Centro Polar e Climático da universidade. Os resultados preliminares apresentados pela equipe indicam um oceano Austral menos salgado e mais ácido, sobretudo junto à borda do gelo. Os cientistas também acompanharam rios atmosféricos que saem da Amazônia, passam pelo Rio Grande do Sul e chegam à Antártida, e investigam se a fuligem das queimadas amazônicas alcança o continente.

Para os autores do relatório europeu, a mudança nos oceanos polares não é um conjunto de tendências isoladas, e sim uma transformação interligada de sistemas físicos, ecossistemas e sociedades. Proteger a biodiversidade dessas regiões, concluem, exige ao mesmo tempo reduzir as pressões locais e enfrentar, com corte global de emissões, as causas climáticas da perda de gelo.



Elefante-africano se alimenta de galhos em área de floresta montana do Parque Nacional Aberdare, no centro do Quênia. Os elefantes do monte Elgon, no oeste do país, também vivem em florestas de altitude.

ELEFANTES do Quênia usam a floresta como farmácia

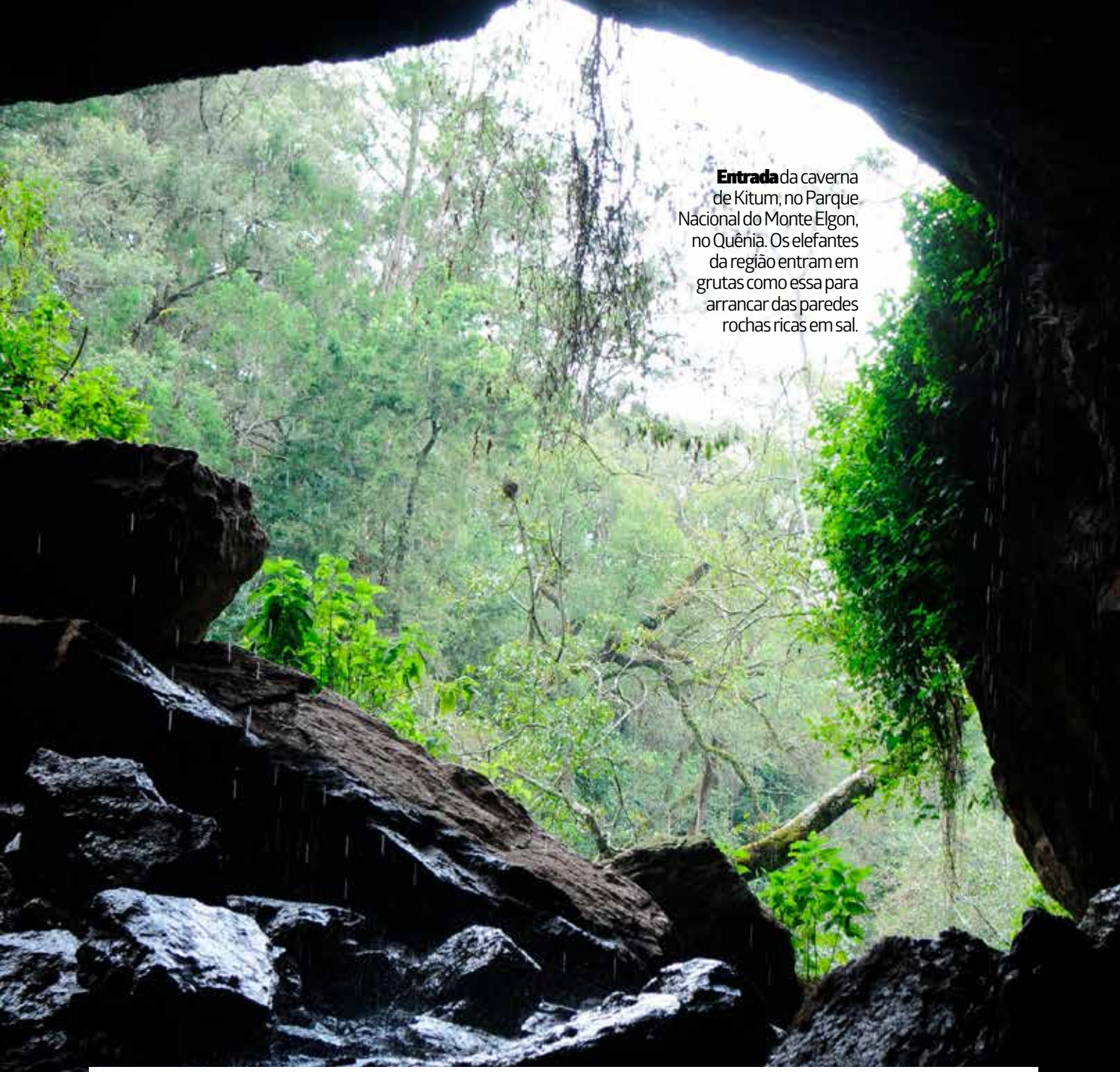
Estudo com testemunhos de moradores do monte Elgon registra 35 espécies de plantas com possível uso medicinal por elefantes africanos, incluindo relatos de mães que misturam folhas ao próprio leite para dar aos filhotes

Fotos: BIT1982, Manyarakinoti, Oscarem65 e Schultz et al./Scientific Reports

Elefantes africanos da região do monte Elgon, no oeste do Quênia, recorrem a pelo menos 35 espécies de plantas com possível função medicinal, e algumas delas seriam oferecidas pelas mães aos filhotes. A conclusão é de um estudo publicado em 24 de setembro na revista científica Scientific Reports, que reuniu relatos de quem convive há décadas com esses animais.

O trabalho foi liderado pelos pesquisadores Fabien Schultz e Elodie Freymann, do grupo de Etnofarmacologia e Zoofarmacognosia do Instituto Bernhard Nocht de Medicina Tropical, em Hamburgo, na Alemanha. Freymann também é pesquisadora do Instituto de Meio Ambiente e Sociedade da Universidade Brown, nos Estados Unidos. A equipe incluiu cientistas dos Museus Nacionais do Quênia, em Nairóbi, e da Fundação Monte Elgon, organização de conservação que atua na área.

Os elefantes do Elgon já intrigavam os cien-



Entrada da caverna de Kitum, no Parque Nacional do Monte Elgon, no Quênia. Os elefantes da região entram em grutas como essa para arrancar das paredes rochas ricas em sal.

tistas por outro motivo. São conhecidos como mineradores de sal: entram em cavernas da montanha e raspam as paredes com as presas para extrair minerais que complementam a dieta. A mais famosa dessas grutas é Kitum, que avança cerca de 200 metros para dentro da encosta e cujas paredes exibem sulcos deixados pelos animais ao longo de séculos.

A pesquisa ouviu oito especialistas locais, todos do povo sabaot e com mais de 20 anos de observação dos elefantes: quatro batedores comunitários de fauna, dois guias, um ex-guarda do Serviço de Vida Selvagem do Quênia e um agrônomo aposentado. As entrevistas foram feitas entre outubro de 2023 e setembro de 2024, em sete localidades dos condados de Trans-Nzoia e Bungoma, numa área de 344,9 quilômetros quadrados. Os participantes não foram identificados, para que se sentissem livres para contar o que viram.

Os entrevistados mencionaram 39 recursos consumidos pelos elefantes: 35 espécies de plantas, de 23 famílias botânicas, e quatro tipos de solo, mineral ou argila. Todas as plantas foram identificadas por meio de exsicatas, amostras preparadas para herbário. Dos 39 itens, 34 (87%) têm uso na medicina tradicional humana da região, e 25 são vistos pelos informantes como remédios para os próprios elefantes.

Os pesquisadores classificaram cada caso segundo critérios usados na zoofarmacognosia, o estudo da automedicação animal. Oito espécies se enquadraram no nível mais forte, reservado a plantas procuradas por elefantes visivelmente doentes com uma finalidade terapêutica específica ou dadas por eles aos filhotes. Entre elas estão a babosa-arbórea Aloe arborescens, a figueira Ficus natalensis e três espécies do gênero

Tronco caído de Dombeya rotundifolia diante da caverna de Tupkeber, com marcas recentes de presas de elefante. Três espécies desse gênero aparecem nos relatos como auxiliares da digestão.

Dombeya, que, segundo os relatos, ajudariam na digestão. Outras sete espécies, entre elas a conífera Podocarpus latifolius, foram citadas como remédios procurados por elefantes doentes, sem que os informantes especificassem o problema de saúde.

Os testemunhos mais surpreendentes envolvem o cuidado materno. Um batedor contou ter visto mães mastigarem a planta que os sabaot chamam de angurweet até formar uma pasta e misturá-la ao próprio leite antes de oferecê-la aos filhotes. Segundo os entrevistados, a mistura, que também leva Ficus natalensis e Bersama abyssinica, funcionaria como uma espécie de imunização.

A angurweet é a Coleus barbatus, espécie conhecida no Brasil como boldo-brasileiro, falso-boldo ou boldo-de-jardim. É usada na medicina popular contra azia, má digestão e mal-estar gástrico e consta do Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira, publicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

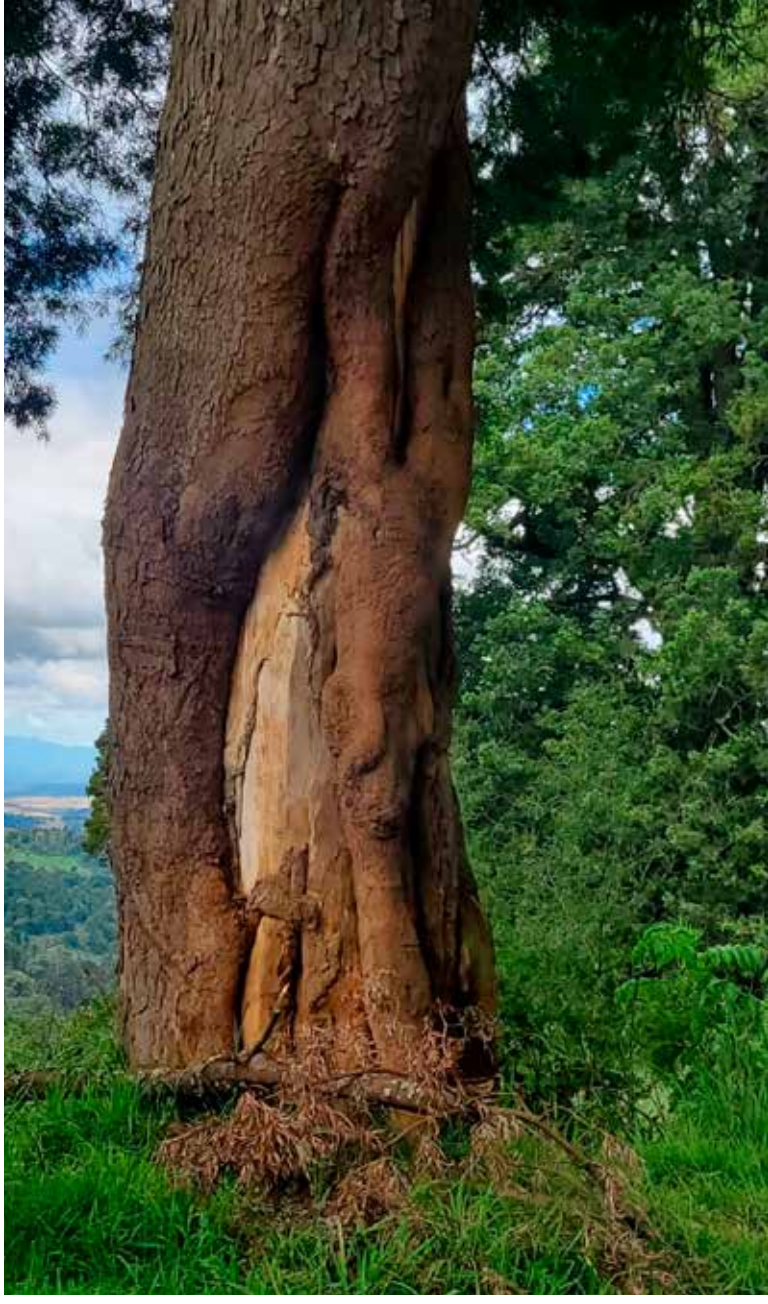
O primatólogo Michael Huffman, da Universidade de Nagasaki, no Japão, que não participou do estudo, considerou esse relato "instigante", mas afirmou que serão necessárias mais evidências para provar que os elefantes oferecem tratamento di-



Elefanta com filhote na reserva Lewa, no Quênia. Segundo moradores do monte Elgon, as mães oferecem aos filhotes misturas de folhas e leite.



Folhas de Coleus barbatus, o angurweet, planta que, segundo moradores do monte Elgon, as mães elefantes misturam ao leite para dar aos filhotes. No Brasil, a mesma espécie é conhecida como boldo-brasileiro.



Tronco de Podocarpus latifolius com a casca arrancada por presas de elefante, na região estudada. A espécie está entre as plantas citadas como remédio de elefantes doentes.

rigido aos filhotes. Os próprios autores reconhecem o limite: com apenas oito entrevistados, escolhidos como especialistas e não como amostra representativa, os resultados indicam hipóteses a serem testadas.

A próxima etapa já começou. A equipe entregou câmeras aos batedores com quem trabalhou, para registrar o comportamento dos animais, e analisa em laboratório as plantas consumidas, em busca de compostos com ação biológica. "O conhecimento local nos deu um mapa", disse Schultz. "Agora queremos seguir os elefantes e investigar se eles escolhem plantas específicas em contextos de saúde específicos e se essas plantas têm atividade biológica relevante."

O registro mais antigo de automedicação em elefantes vem do autor romano Cláudio Eliano, que viveu entre os séculos 2 e 3. Na obra Sobre a Natureza dos Animais, ele descreve um elefante ferido por lanças e flechas que comeu flores de oliveira, bebeu seu óleo e se recuperou. Hoje se sabe que o comportamento é amplo. "Mosquitos e drosófilas se automedicam, abelhas se automedicam, assim como muitas outras espécies, subindo a escada evolutiva até os grandes primatas da África e da Ásia", afirmou Huffman.

Para os autores, a descoberta reforça a urgência de conservar o habitat. O elefante-africano é classificado como ameaçado de extinção pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), e a destruição das florestas pode privar os animais dos recursos medicinais de que dependem. "Isso mostra o quanto nossos remédios estão entrelaçados com o mundo não humano", disse Freymann. "Muitos dos medicamentos que compramos na farmácia vieram de compostos de árvores, algas, fungos e recifes de coral. Proteger essas florestas e manter essas farmácias naturais por tempo suficiente para descobrirmos novos produtos naturais que possam nos salvar no futuro é vantajoso para todos."



Nascer do sol visto da Estação Espacial Internacional sobre a Namíbia, na costa atlântica da África. Em órbita, a cena se repete cerca de 16 vezes a cada 24 horas.

O que os astronautas e
sobre o sono na

Com 16 nasceres do sol por dia, a Estação Espacial Internacional virou um laboratório do relógio biológico. Estudos com astronautas mostram por que ter tempo para dormir não garante sono, uma lição que vale para quem trabalha em turnos e vive sob luz artificial.

Fotos: NASA · NASA/Bob Hines · NASA/Jasmin Moghbeli

Na Estação Espacial Internacional (ISS, na sigla em inglês), o Sol nasce e se põe cerca de 16 vezes a cada 24 horas. A estação dá uma volta na Terra a cada 90 minutos, mais ou menos, e os astronautas não podem ir para a cama toda vez que escurece. O corpo deles, no entanto, continua precisando saber a hora de dormir, acordar, comer, se exercitar e trabalhar.

Para o biólogo Ronan Lordan, pesquisador de pós-doutorado em biologia circadiana do centro FutureNeuro e da Escola de Farmácia e Ciências Biomoleculares da RCSI, universidade de medicina e ciências da saúde em Dublin, na Irlanda, isso transforma o voo espacial em "um experimento extraordinário de biologia humana". Ali dá para ver o que acontece quando somem os sinais que organizam o sono.

A ciência descreve o sono como resultado de dois sistemas. Um é o relógio circadiano, que define quando o cérebro espera dormir e ficar acordado. O outro é a pressão do sono, que cresce a cada hora acordado e se desfaz durante a noite. Em geral os dois andam juntos. O jet lag, o trabalho em turnos e o voo espacial separam um do outro. "Sentir cansaço e estar biologicamente pronto para dormir nem sempre são a mesma coisa", escreve Lordan.

Um estudo publicado em 2014 na revista The Lancet Neurology, liderado por Laura Barger, da Divisão de Medicina do Sono do Hospital Brigham and Women's e da Escola de Medicina de Harvard, nos Estados Unidos, acompanhou com actígrafos de pulso 64 astronautas em 80 missões do ônibus espacial e 21 tripulantes da ISS. A NASA reserva 8,5 horas por noite para o sono. Em voo, os astronautas dormiram em média 5,96 horas no ônibus espacial e 6,09 horas na estação. O déficit já aparecia no treinamento, e 78% dos tripulantes do ônibus espacial e 75% dos da estação rela-

nsinam Terra



O astronauta Kjell Lindgren, da NASA, dentro do saco de dormir da tripulação a bordo da Estação Espacial Internacional, em setembro de 2022.

taram usar remédios para dormir.

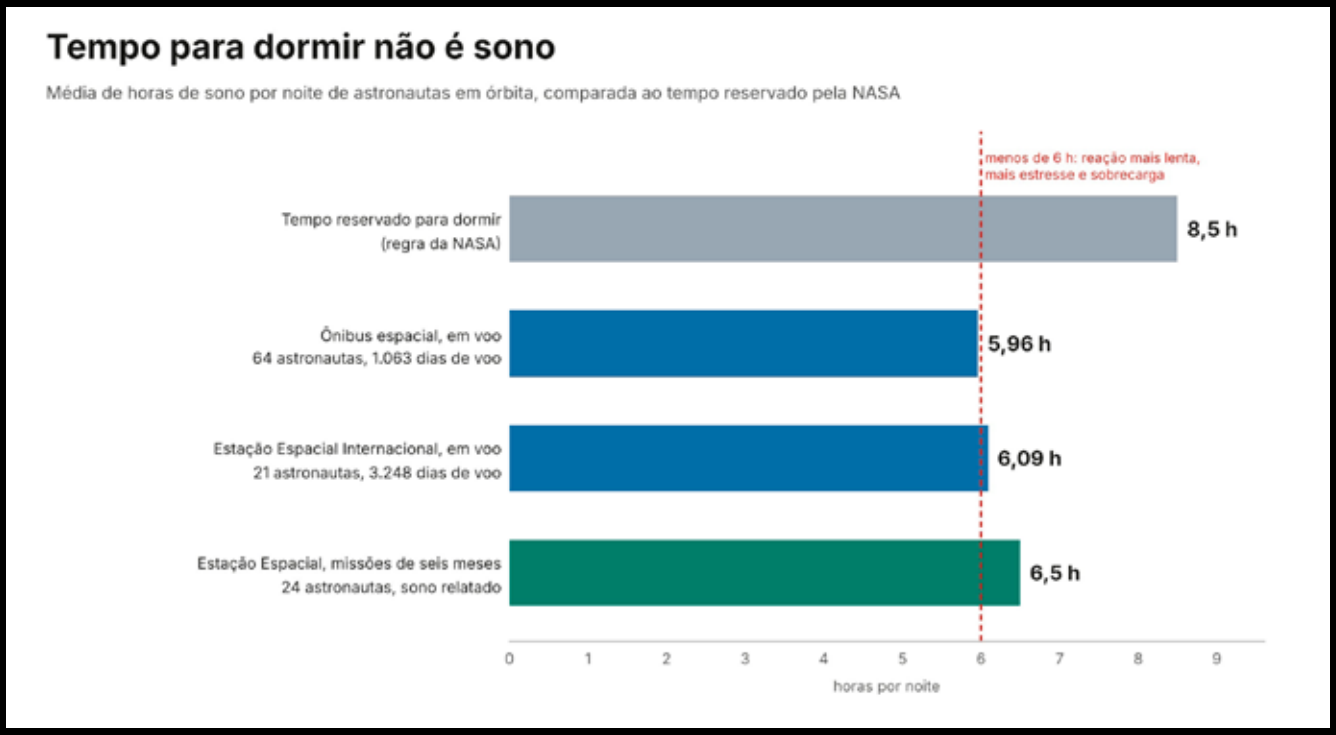
Dormir pouco tem custo. Pesquisadores da Escola de Medicina Perelman, da Universidade da Pensilvânia, liderados por Christopher Jones e David Dinges, aplicaram um teste de reação a 24 astronautas antes, durante e depois de missões de seis meses na ISS, em 2.856 sessões. Os tripulantes relataram dormir cerca de 6,5 horas em órbita. Nos dias depois de noites com menos de seis horas, as respostas no teste de atenção ficaram mais lentas, e o estresse e a sensação de sobrecarga subiram, segundo o artigo publicado em 2022 na revista Sleep.

A arma mais estudada é a luz. Nas naves, ela passou a ser tratada como parte do sistema de suporte à vida, lembra Lordan. Luz branca rica em azul ajuda a manter o alerta e a acertar o relógio nas horas de trabalho; luz mais fraca e com menos azul prepara o cérebro para dormir. Em uma missão simulada de 45 dias em terra, com 16 voluntários, um esquema de iluminação que triplicava a intensidade e a parcela de azul durante o dia reduziu o desencontro entre o horário de dormir e o relógio interno, segundo estudo de Shadab Rahman e colegas do Brigham and Women's publicado em 2022 no Journal of Pineal Research.

Há efeitos colaterais. Testes apoiados pela NASA indicaram que a luz pensada para antes do sono favorece a produção de melatonina, o hormônio da noite, mas piora a distinção de cores, um risco quando é preciso reconhecer botões e alertas coloridos. A cafeína protege o desempenho de quem precisa ficar acordado, mas atrapalha o sono da noite seguinte. "Ela pode resolver um problema temporariamente enquanto ajuda, em silêncio, a criar o próximo", resume Lordan.

Na missão Artemis II, que contornou a Lua em abril de 2026, os quatro tripulantes usaram monitores de movimento e sono no pulso antes, durante e depois do voo, dentro do estudo ARCHeR (Pesquisa Artemis para a Saúde e a Prontidão da Tripulação), da NASA. No Centro de Pesquisa Ames, da NASA, um teste preliminar com 14 adultos que tiraram cochilos de quatro horas ouvindo ruído rosa, um som com todas as frequências audíveis e graves mais fortes, não encontrou diferença no alerta nos 40 minutos depois de acordar.

O próximo desafio é Marte, onde o dia dura cerca de 24 horas e 40 minutos. Em 2008, a equipe em terra da sonda Phoenix trabalhou 78 dias no horário marciano. Segundo estudo de 2012 na revista Sleep, 87% se adaptaram. O sono principal durou em média 5,98 horas quando estava alinhado ao relógio interno e 4,91 horas quando ficava fora de fase. Na simulação Chapea (Análogo de Exploração da Saúde e do Desempenho da Tripulação),



Horas de sono medidas em astronautas em órbita, comparadas às 8,5 horas reservadas pela NASA para dormir. Abaixo de seis horas, os testes a bordo registraram reação mais lenta, mais estresse e mais sensação de sobrecarga.



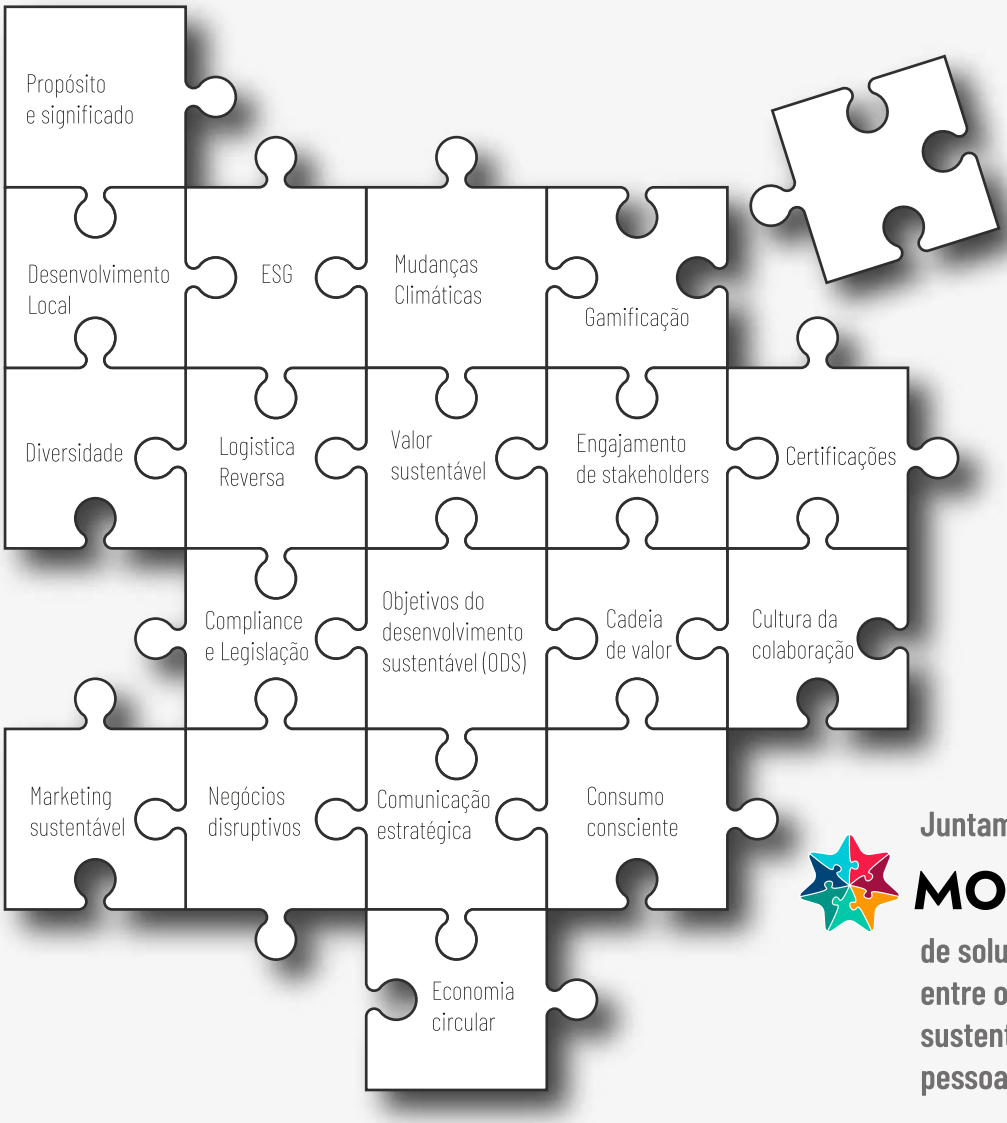
A astronauta Jasmin Moghbeli corre na esteira da Estação Espacial Internacional em fevereiro de 2024. No pulso esquerdo, usa um actígrafo, aparelho que registra o sono e outros sinais do corpo.



A astronauta Christina Koch trabalha dentro da cápsula Orion durante a missão Artemis II, em abril de 2026. No pulso, ela usa um monitor de movimento e sono do estudo ARCHeR, da NASA.

no Centro Espacial Johnson, em Houston, quatro voluntários isolados desde outubro de 2025 passaram a seguir o dia marciano no fim de setembro, até o encerramento, no fim de outubro.

Na Terra, o desencontro entre relógio e rotina não é exceção. Em 2019, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (Iarc), da Organização Mundial da Saúde, classificou o trabalho em turnos noturnos como provavelmente cancerígeno para humanos. Enfermeiros, vigilantes, motoristas e operários vivem, em escala menor, o mesmo dilema dos astronautas. As soluções testadas em órbita, como luz intensa nas horas de trabalho, penumbra antes de deitar e cafeína com hora marcada, são as mesmas que a cronobiologia recomenda para eles. A diferença é que, no espaço, o erro de um tripulante cansado pode custar a missão.



Juntamos um

MOSAIECO

de soluções para criar convergência entre os desafios do desenvolvimento sustentável e a prosperidade das pessoas e organizações

Consultoria de sustentabilidade e ESG | Modelos de negócio de impacto | Marketing, branding e comunicação | Palestras, cursos e treinamentos

MOSAIECO

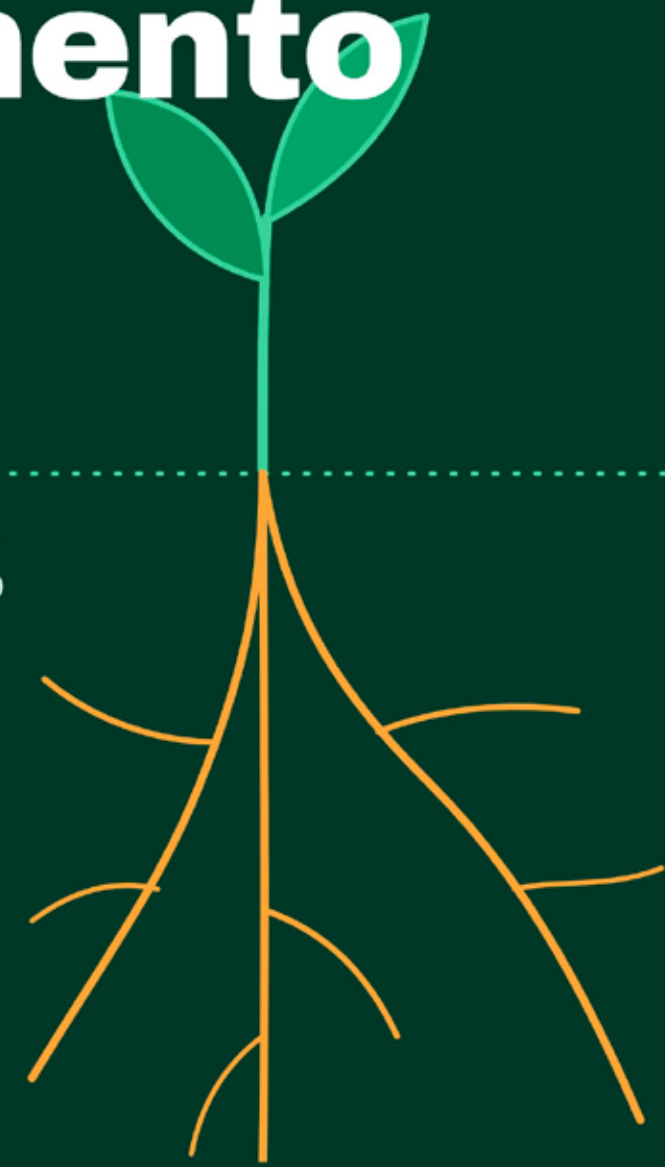
negócios de impacto

ABRAPS ORGANIZAÇÃO PARCEIRA PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

+ 55 11 96846 3921
contato@mosaieco.com.br
mosaieco.com.br

escape TIME
training & learning

Conhecimento que cria raízes.



Como na floresta, o que cresce forte precisa de raiz. A ETBR Academy faz o conteúdo do treinamento ficar na memória da equipe e virar prática no trabalho.

- **Diagnóstico pré e pós de cada colaborador**
- **Coach de IA no WhatsApp entre os encontros**
- **Painéis de retenção e aplicação para o RH**

PARA O RH DAS EMPRESAS

15 dias grátis

+ cupom **ETBR50**: 50% de desconto no primeiro mês. Sem cartão de crédito.

escapetime.com.br/academy

ETBR Academy é a plataforma de treinamento da Escape Time Brasil

Gamificação desde 2015 · 6 cidades