1916 - 2026

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS

Pós-COP30: Ciência Brasileira e Caminhos para a COP31

COORDENAÇÃO

Adalberto Luis Val e Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Relatos da série de debates

"COP30: balanço crítico e lições para a ciência brasileira rumo à COP31"



2026

1916 - 2026 110 ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS

Diretoria

Triênio 2025-2028

PRESIDENTE

Helena Bonciani Nader

VICE-PRESIDENTE

Jailson Bittencourt de Andrade

VICE-PRESIDENTES REGIONAIS

Adalberto Luis Val – *Norte*
Anderson Stevens Leonidas Gomes – *Nordeste e Espírito Santo*
Mercedes Maria da Cunha Bustamante – *Minas Gerais e Centro-Oeste*
Patricia Torres Bozza – *Rio de Janeiro*
Glaucius Oliva – *São Paulo*
Ruben George Oliven – *Sul*

DIRETORES

Mariangela Hungria – *Diretora-Secretária-Geral*
Débora Foguel – *Diretora-Secretária Institucional*
Alvaro Toubes Prata – *Diretor-Tesoureiro*
Virginia Sampaio Teixeira Ciminelli – *Diretora de Cooperação Institucional*
Luiz Drude de Lacerda – *Diretor de Comunicação*

© Direitos autorais, 2026, de publicação, de organização, da
Academia Brasileira de Ciências
Rua Anfilófio de Carvalho, 29 - 3º Andar
20030-060 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Tel: +55 (21) 2391-7802
www.abc.org.br

Isenção de Responsabilidade: As opiniões aqui publicadas não refletem, necessariamente, o posicionamento da Academia Brasileira de Ciências.

Índice

Apresentação **4**

Introdução **5**

Biomas brasileiros e mudanças climáticas **7**

Água, rios e clima: vulnerabilidades dos sistemas hidrológicos brasileiros **25**

Oceanos e zona costeira: conexões invisíveis na agenda climática **38**

Biodiversidade, bioeconomia e soluções climáticas: evidências, limites e perspectivas pós-COP30 ..... **44**

Mudanças climáticas e saúde humana: riscos crescentes e respostas possíveis **56**

Povos indígenas, comunidades tradicionais e justiça climática **69**

Conclusão **78**

Apresentação

A realização da COP30 em Belém, em novembro de 2025, colocou o Brasil no centro das negociações climáticas internacionais. Ao sediar a conferência na Amazônia, o país ofereceu ao debate global uma oportunidade rara de olhar para a crise climática a partir de um dos lugares onde seus efeitos e suas possíveis soluções se manifestam de forma mais concreta.

O encerramento da conferência, contudo, não encerra a responsabilidade brasileira. Em um momento em que o multilateralismo e os compromissos do Acordo de Paris enfrentam pressões crescentes, a ciência tem um papel insubstituível: oferecer evidências sólidas, identificar riscos, apontar caminhos e ajudar a sociedade e os governos a tomar decisões à altura do que vivemos, que já não é apenas uma mudança do clima, mas uma emergência climática.

Foi com esse propósito que a Academia Brasileira de Ciências (ABC) promoveu, ao longo de 2026, a série de debates "COP30: balanço crítico e lições para a ciência brasileira rumo à COP31". A iniciativa percorreu diferentes regiões do país e reuniu pesquisadores de distintas áreas do conhecimento para examinar o que a COP30 deixou como legado, o que ainda precisa avançar e como a ciência brasileira pode contribuir para as próximas etapas da agenda climática internacional.

Os relatos reunidos nesta publicação mostram a amplitude dessa contribuição. Dos biomas aos oceanos, dos rios à saúde humana, da biodiversidade e da bioeconomia à justiça climática e aos direitos dos povos indígenas e das comunidades tradicionais, os debates evidenciaram que o Brasil dispõe de conhecimento qualificado, instituições consolidadas e experiências concretas capazes de orientar políticas públicas e posições negociadoras.

Esta publicação chega em um ano especial para a ABC, que completa 110 anos de atuação dedicada ao desenvolvimento científico do país e à relação entre ciência e sociedade. Este documento, encaminhado à representação brasileira na COP31, insere-se nessa tradição e reafirma o compromisso da instituição com uma agenda climática baseada em evidências, comprometida com a equidade e atenta à diversidade do território brasileiro.

Agradecemos aos coordenadores da série, Adalberto Luis Val e Mercedes Bustamante, aos debatedores, mediadores e relatores de cada sessão, às instituições que acolheram os encontros, aos membros afiliados que deram vida às reuniões regionais, à Diretoria e à equipe da ABC. Que estas páginas sirvam não apenas como registro de um ciclo de debates, mas como contribuição efetiva para que o Brasil continue exercendo um papel de liderança na construção de respostas à crise climática.

Helena B. Nader

Presidente da Academia Brasileira de Ciências

Introdução

A série de debates “COP30: balanço crítico e lições para a ciência brasileira rumo à COP31” foi concebida pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) para promover uma reflexão sobre os resultados alcançados na COP30, os desafios que permanecem em aberto e as contribuições que a ciência brasileira pode oferecer à agenda climática internacional rumo à COP31, que será realizada em Antália, na Turquia, entre 9 e 20 de novembro de 2026.

A proposta partiu de uma constatação simples: a participação da ciência nas conferências do clima não pode se limitar à apresentação de diagnósticos. O conhecimento científico produzido no Brasil é amplo e qualificado, mas nem sempre chega de forma organizada e oportuna aos espaços em que as decisões são tomadas. A ciência precisa não apenas identificar os problemas, mas contribuir efetivamente para a construção das respostas. Neste sentido, a série buscou reunir pesquisadores e especialistas de diferentes instituições e áreas do conhecimento para debater desafios e perspectivas para a formulação de políticas públicas, identificando caminhos concretos para transformar conhecimento em ação.

Os encontros foram organizados em seis sessões temáticas, que procuraram cobrir algumas das principais dimensões da crise climática no país. A primeira sessão, “Biomas brasileiros e mudanças climáticas”, realizada em formato virtual em 4 de agosto de 2026, examinou os efeitos das mudanças climáticas sobre a Amazônia, a Caatinga, o Cerrado, a Mata Atlântica, o Pampa e o Pantanal. Seguiram-se as sessões “Água, rios e clima: vulnerabilidades dos sistemas hidrológicos brasileiros”, em Macapá (AP), em 13 de agosto; “Oceanos e zona costeira: conexões invisíveis na agenda climática”, em Maceió (AL), em 1º de setembro; “Biodiversidade, bioeconomia e soluções climáticas: evidências, limites e perspectivas pós-COP30”, em Brasília (DF), em 14 de setembro; “Mudanças climáticas e saúde humana: riscos crescentes e respostas possíveis”, no Rio de Janeiro (RJ), em 22 de setembro; e “Povos indígenas, comunidades tradicionais e justiça climática”, em São Paulo (SP), em 22 de outubro.

Com exceção da sessão inaugural, a série esteve associada ao calendário das reuniões regionais de diplomação de novos membros afiliados da ABC realizadas ao longo de 2026. Essa escolha teve um duplo significado. De um lado, permitiu levar o debate a diferentes regiões do país e incorporar às discussões as realidades, os problemas e o conhecimento produzido em cada território. De outro, aproximou a agenda climática a uma nova geração de cientistas, que terá papel decisivo na construção das respostas à emergência climática nas próximas décadas.

Cada sessão contou com a participação de pesquisadores convidados e com um relator responsável por sistematizar as apresentações e os debates. Os relatos aqui reunidos preservam a diversidade de abordagens, estilos e ênfases de cada encontro. Em comum, todos procuram identificar o que a ciência já sabe, quais capacidades o país já possui, quais lacunas persistem e que prioridades podem contribuir para a atuação brasileira rumo na COP31.

Ao longo da série, alguns temas atravessaram todas as sessões: a urgência de passar do diagnóstico à implementação; a interdependência entre clima, biodiversidade, água, oceanos, saúde e sociedade; a necessidade de monitoramento de longo prazo e de financiamento contínuo e adequado para a ciência; e o reconhecimento de que os impactos da emergência climática recaem de forma desigual sobre a população, exigindo atenção à equidade e à participação efetiva das comunidades diretamente afetadas. Os debates mostraram também que o Brasil já dispõe de conhecimento, instituições, pesquisadores e experiências capazes de contribuir para muitas das respostas necessárias. O desafio é assegurar que essas capacidades sejam mantidas, fortalecidas e incorporadas às decisões.

Os resultados dos debates são apresentados neste documento da ABC, a ser encaminhado à representação do Brasil na COP31. Esperamos que ele contribua para qualificar a posição brasileira nas negociações, fortalecer o diálogo entre a comunidade científica e os tomadores de decisão e reafirmar a ciência como base indispensável para a formulação e implementação de políticas climáticas eficazes, justas e duradouras. Mais do que registrar os debates realizados, este documento busca oferecer elementos que possam contribuir para decisões e ações concretas diante de uma emergência que exige respostas cada vez mais rápidas, integradas e sustentadas pela melhor ciência disponível.

Registramos nosso agradecimento aos debatedores, mediadores e relatores, às instituições que sediaram os encontros, à equipe da Academia Brasileira de Ciências e a todos que acompanharam e enriqueceram os debates.

Adalberto Luis Val e Mercedes Maria da Cunha Bustamante
Coordenadores

SESSÃO 1

Biomas brasileiros e mudanças climáticas

DATA E LOCAL 4 de agosto de 2026 – sessão virtual

APRESENTAÇÃO

O debate "Biomas brasileiros e mudanças climáticas", realizado em 4 de agosto de 2026, em formato virtual, abriu a série "COP30: balanço crítico e lições para a ciência brasileira rumo à COP31", promovida pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) e coordenada pelos Acadêmicos Mercedes Bustamante e Adalberto Luis Val. A iniciativa tem como propósito refletir sobre os resultados alcançados, os desafios ainda existentes e, sobretudo, as contribuições que a ciência brasileira pode oferecer à agenda climática internacional no percurso entre a COP30 e a COP31. Os resultados dos debates deverão subsidiar uma publicação da ABC a ser encaminhada também à representação brasileira na COP31.

A sessão foi coordenada por Carlos Nobre e reuniu especialistas dos seis biomas brasileiros: Ima Célia Guimarães Vieira (Museu Paraense Emílio Goeldi), pela Amazônia; Aldrin Martin Pérez Marin (Instituto Nacional do Semiárido – INSA), pela Caatinga; José Alexandre Felizola Diniz Filho (Universidade Federal de Goiás – UFG), pelo Cerrado; Simone Aparecida Vieira (Universidade Estadual de Campinas – Unicamp), pela Mata Atlântica; Daniela Hoss (Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS), pelo Pampa; e Leticia Couto Garcia (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS), pelo Pantanal.

Na abertura, a presidente da ABC, Helena Bonciani Nader, destacou que a realização da COP30 em Belém aproximou o mundo da realidade das florestas, dos povos e da biodiversidade brasileira, em um momento central para o multilateralismo do Acordo de Paris, hoje sob pressão em diversas partes do mundo. Ressaltou que o olhar internacional sobre o Brasil costuma concentrar-se na Amazônia, mas que o país precisa olhar igualmente para a Caatinga, o Cerrado, a Mata Atlântica, o Pampa e o Pantanal, e também para ecossistemas como os manguezais, fortemente afetados pelas mudanças em curso. A cooperação global foi apresentada não como luxo, mas como necessidade, o que exige também a busca de novas parcerias diante do afastamento de parceiros tradicionais da agenda climática. O objetivo declarado da série é oferecer à diplomacia brasileira um diagnóstico rigoroso e recomendações construídas a partir da melhor ciência disponível.

A escolha dos biomas como tema da sessão inaugural evidencia que os efeitos das mudanças climáticas no Brasil são heterogêneos e exigem respostas adequadas a cada território. Ao longo das seis apresentações, contudo, emergiu um conjunto de padrões comuns: aquecimento e secas mais intensos e frequentes, expansão do fogo, perda de vegetação nativa, fragmentação, perda de biodiversidade e de resiliência, e uma interdependência hidrológica entre os biomas que torna as decisões tomadas em uma região determinantes para o destino das demais. A

mensagem transversal pode ser assim resumida: as mudanças climáticas não atuam isoladamente, mas se somam ao desmatamento, à conversão de ecossistemas nativos, à degradação e ao fogo. Como os principais vetores de risco dependem de decisões humanas, a transição dos biomas para estados degradados ainda não é inevitável, e a incerteza sobre quando os limiares serão ultrapassados deve ser argumento para antecipar a ação, e não para adiá-la.

1. A COP30 E O PONTO DE PARTIDA DA SÉRIE

Ao assumir a coordenação da sessão, Carlos Nobre situou o debate no balanço da COP30. Lembrou que o Brasil apresentou em Belém dois "mapas do caminho": um voltado a zerar o desmatamento até 2030 e promover a restauração e a regeneração florestal em larga escala, e outro voltado a acelerar a transição para longe dos combustíveis fósseis. Embora tenham recebido amplo apoio, os dois mapas não foram aprovados por todos os países, o que foi descrito como uma frustração importante do processo negociador. Também foi lembrado que a COP30 contou, pela primeira vez na história das conferências, com um pavilhão dedicado à ciência planetária, que abrigou 65 sessões científicas e levou aos negociadores evidências sobre a urgência de proteger todos os biomas e eliminar o uso de combustíveis fósseis.

Como a presidência brasileira da COP permanece em exercício até a COP31, que terá organização compartilhada entre Turquia e Austrália, a série da ABC foi apresentada como uma oportunidade concreta de produzir subsídios para que o Brasil mantenha sua liderança e contribua para convencer os demais países da gravidade da emergência climática. A coordenadora Mercedes Bustamante reforçou que a discussão sobre o clima não pode ficar restrita aos períodos das conferências: ela precisa integrar o cotidiano da comunidade científica, e os eventos extremos que se sucedem em diferentes partes do mundo lembram, de maneira cada vez mais evidente, o impacto das mudanças climáticas sobre os ecossistemas. Por isso, a série pretende ir além do relato, produzindo um documento com proposições capazes de qualificar a contribuição brasileira ao enfrentamento da crise global.

2. AMAZÔNIA: PERDA DE RESILIÊNCIA, FOGO E LIMIARES DE TRANSIÇÃO

A apresentação de Ima Vieira organizou-se em torno de quatro perguntas: o que já mudou na Amazônia, como a floresta está respondendo, onde estão os limiares e o que a literatura científica recente sustenta. O primeiro ponto destacado foi que as condições climáticas recentes na Amazônia têm ultrapassado a faixa de variabilidade observada nas últimas décadas: entre setembro e novembro de 2023, a anomalia de temperatura regional chegou a cerca de 1,5 °C acima da média de 1991–2020. Em duas décadas, a região enfrentou secas extremas em 2005, 2010, 2015–2016 e 2023–2024, e a estação seca no sul da bacia vem se prolongando. O ponto ecológico decisivo, segundo a pesquisadora, não é a intensidade isolada de cada seca, mas sua frequência: as secas passaram a ocorrer antes que a floresta se recupere do evento anterior. A perda de resiliência já é detectável por satélite na maior parte da bacia

desde o início dos anos 2000, medida pelo aumento do tempo de recuperação após perturbações.

A resposta da floresta inclui o declínio de longo prazo do sumidouro de carbono, observado desde os anos 1990, e o aumento da mortalidade de árvores, sobretudo das de grande porte. O leste da Amazônia, em especial o Sudeste, já opera como fonte líquida de carbono, em associação com o desmatamento, o fogo e estações secas mais quentes e longas. Em 2023, a região teria respondido por cerca de 30% da perda líquida de carbono das áreas tropicais. O enfraquecimento desse sumidouro reduz a margem de qualquer trajetória de emissões compatível com o limite de 1,5 °C. Experimentos de longo prazo, como o de exclusão de chuva em Caxiuanã, indicam perda substancial de biomassa após uma década de redução da precipitação, reforçando a vulnerabilidade da floresta à seca prolongada.

O fogo foi apresentado como um fenômeno que atinge hoje a floresta amazônica em escala inédita. Em 2024, a área queimada no bioma ficou 117% acima da média histórica e correspondeu a cerca de 52% de toda a área queimada no Brasil; pela primeira vez, a floresta densa foi a classe de vegetação que mais queimou, à frente de pastagens e capoeiras. Como o fogo não é natural na Amazônia e depende de ignição humana, fogo e clima passam a se retroalimentar: a floresta queimada perde biomassa e biodiversidade, seca mais rapidamente e torna-se mais inflamável, num processo que a pesquisadora denominou secundarização da floresta. Estudos conduzidos no Tapajós mostram que incêndios recorrentes reduzem a biomassa e a riqueza de espécies e alteram a composição florística: uma única queima levou à extinção local de cerca de 38% das espécies, e duas queimas na mesma área, à extinção local de cerca de 57% entre espécies de grande porte. Embora o desmatamento de 2025 tenha sido bem menor que o de anos anteriores, o passivo acumulado continua a empurrar o sistema: considerando o bioma, cerca de 38% da floresta remanescente já está degradada pelo fogo, pelo efeito de borda, pela extração ilegal de madeira e pela seca extrema.

Um dos pontos centrais da apresentação foi a distinção entre os limiares associados a cada vetor de pressão. Considerando apenas o aquecimento global, estudos recentes situam o limiar crítico de transição em torno de 3,7 a 4 °C, com até um terço da floresta perdendo estabilidade, sobretudo no oeste e no sudoeste da bacia. Quando o desmatamento é somado, o quadro muda de natureza: a transição pode atingir de 62% a 77% da área com aquecimento de apenas 1,5 a 1,9 °C, combinado a um desmatamento de 22% a 28% da bacia, condições que podem ser alcançadas até meados do século. Por outro lado, se o desmatamento permanecer próximo do nível atual, de cerca de 15%, a transição em larga escala não aparece nas simulações. A razão dessa assimetria está na chuva que a própria floresta produz: até metade da precipitação amazônica é gerada dentro da bacia, e a transpiração no fim da estação seca condiciona o início do período chuvoso. Nas simulações, a quase totalidade das transições decorre de efeitos em rede, isto é, a perda de floresta em um local reduz a umidade transportada para jusante e desestabiliza florestas a centenas ou milhares de quilômetros de distância. Por isso, não importa apenas quanto se desmata, mas onde: o desmatamento no Leste, a montante do transporte de umidade, produz efeito desproporcional sobre o oeste da bacia. A Amazônia foi

caracterizada, assim, como elemento de inflexão do sistema terrestre, e não apenas como um bioma sob pressão.

A vulnerabilidade também não é uniforme do ponto de vista biogeográfico. As formações mais atingidas pelo desmatamento concentram-se nas bordas leste e sul da bacia, na Amazônia Oriental, onde o núcleo úmido da floresta encontra a fronteira agropecuária, o que reforça a necessidade de considerar a diversidade de tipos de vegetação e sua localização no planejamento das ações de conservação e restauração. A dimensão humana foi igualmente enfatizada: quem sente primeiro os impactos são as populações que dependem dos rios, que, nas secas extremas, ficam isoladas por semanas ou meses, com interrupção do transporte de alimentos e combustível, queda da pesca e piora da qualidade da água, além da exposição à fumaça que cobriu cidades inteiras nas temporadas de queimadas de 2023 e 2024. Trata-se de uma distribuição desigual do ônus, que remete diretamente à agenda de justiça climática.

A pesquisadora reconheceu as incertezas existentes (heterogeneidade da bacia, papel do lençol freático raso na manutenção da biomassa durante secas, ritmo da transição, efeito fisiológico do CO_2 sobre transpiração e chuva, simplificações dos modelos), mas ressaltou que elas dizem respeito à quando, onde e em que ritmo as mudanças ocorrerão, e não à sua direção. Os estudos convergem em três pontos: o sistema perdeu resiliência de forma detectável; o risco cresce de modo não linear quando os fatores atuam juntos; e os dois vetores que controlam esse risco, as emissões globais e o desmatamento regional, dependem diretamente de decisões humanas. Foram apresentadas cinco prioridades: manter o aquecimento abaixo de 1,5 °C, com eliminação dos combustíveis fósseis; zerar o desmatamento, com atenção especial à sua localização e à dinâmica do mercado de terras e da fronteira agrícola, que já avança sobre o oeste; restaurar de forma estratégica, dando à restauração um papel climático imediato, uma vez que a reciclagem de umidade se recupera mais rapidamente que a biodiversidade; fazer a gestão do fogo, com prevenção, manejo integrado e alternativas ao uso do fogo em pastagens e áreas agrícolas, com foco em períodos e municípios críticos; e sustentar a ciência e o monitoramento na região, incluindo infraestruturas como as torres de fluxo do Programa LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia), programas como o Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), os sistemas de alerta e as brigadas comunitárias. Como condição transversal, destacou a participação das populações que vivem nas regiões afetadas como sujeitos das decisões, e não apenas como participantes eventuais de projetos ou eventos.

No plano das negociações, a pesquisadora chamou atenção para o fato de que o mapa do caminho global para reverter o desmatamento e a degradação deveria ser apresentado em setembro, enquanto a versão brasileira ainda não estava clara, o que sugere a necessidade de a ABC acompanhar o tema. Defendeu que a degradação seja tratada no mesmo patamar do desmatamento, que as metas tenham endereço geográfico e que a restauração seja entendida como instrumento climático, e não como mera compensação. Sua mensagem para a COP31 foi sintetizada na ideia de que nem todo hectare vale o mesmo: o mapa do caminho precisa começar onde o sistema é mais frágil e mais decisivo, a Amazônia Oriental.

3. CAATINGA: DE FLORESTA ESTIGMATIZADA A ALIADA DO CLIMA

A apresentação de Aldrin Pérez Marin tratou a Caatinga como uma floresta seca "na linha de frente do clima" e organizou-se em torno de três provocações: se a Caatinga está condenada pelas mudanças climáticas ou se é uma das maiores defesas contra elas; se essas mudanças são fatalidade da natureza ou fruto de um modelo que concentra poder e degrada a terra; e se o maior obstáculo à sua proteção não estaria nas ideias construídas sobre ela. O ponto de partida foi o estigma historicamente associado ao bioma, reforçado pela imprensa, pela literatura e pelas artes, de que são exemplos as representações de *Vidas Secas*, de Graciliano Ramos, e de *Retirantes*, de Portinari. Essas imagens consolidaram a ideia de uma "mata branca", de uma floresta pobre e de uma terra vazia e inviável, ignorando que a beleza da Caatinga não está no verde permanente, mas nos ciclos de verde, cinza e branco que caracterizam sua dinâmica.

Em contraste com essa imagem, a ciência tem revelado um bioma exclusivamente brasileiro, entre as terras secas mais habitadas do mundo e com elevada biodiversidade: segundo a Flora do Brasil, são cerca de 2.900 espécies de plantas, das quais aproximadamente 42% são endêmicas. O território abriga também povos indígenas e comunidades tradicionais. O pesquisador argumentou que as mudanças climáticas e a degradação do bioma não podem ser dissociadas de um modelo econômico baseado na demanda por commodities, que concentra investimentos públicos em grandes empreendimentos de energia, agronegócio e mineração e que depende de grandes extensões de terra. Esse modelo estaria associado à concentração da terra, da água e da biodiversidade em poucas mãos e à captura política exercida por setores primários da economia, que influenciam a flexibilização de marcos legais e ambientais. O resultado é um ciclo vicioso no qual a desertificação, as emissões de carbono, a perda de biodiversidade e de proteção do solo e a erosão se retroalimentam, reduzindo a produção primária e intensificando as próprias mudanças climáticas.

Os dados apresentados indicam que o semiárido já se expandiu em cerca de 160 mil km^2 e que essa expansão deve continuar. As espécies endêmicas, de distribuição restrita e exigências ecológicas específicas, são as mais ameaçadas: os modelos projetam perda significativa de área climaticamente adequada para parte relevante da flora, e, no pior cenário, algumas espécies podem perder toda a sua área de ocorrência até meados do século. Como se trata de espécies que só existem ali, não há possibilidade de reposição. Cerca de 46% da Caatinga já foi desmatada e aproximadamente 11% da área encontra-se em situação crítica ou severa de degradação.

Ao mesmo tempo, a Caatinga foi apresentada como aliada do clima. Estudos do próprio grupo do pesquisador mostram que, mesmo durante a seca, o bioma absorve mais carbono do que emite, comportando-se como sumidouro líquido. Além disso, está entre os ecossistemas mais eficientes em transformar carbono absorvido em biomassa: em média, cerca de 40% do carbono capturado permanece retido no sistema, o que a coloca entre as florestas secas mais eficientes do mundo nesse aspecto. Foi apresentado um exercício de valoração econômica desse serviço, cujo resultado alcança dezenas de bilhões de reais por ano, com parcela relevante associada a unidades de conservação e territórios quilombolas. Daí a defesa de um

crédito social de carbono, que remunere diretamente quem mantém a floresta em pé, e da incidência sobre a regulamentação da Lei nº 15.042/2024, que instituiu o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões, para que ela contemple as particularidades de cada bioma, incluindo as florestas secas.

Entre as soluções, foram destacados o recaatingamento, ou seja, a restauração das caatingas, no plural, com as comunidades no centro do processo; a convivência com o semiárido; as tecnologias sociais de acesso à água, como cisternas e barragens; e a agroecologia como eixo transversal. Os dados apresentados indicam que sistemas agroecológicos geram retorno econômico positivo, aumentam a produção de biomassa e evitam perdas expressivas de solo. Foi enfatizada a necessidade de reconhecer quem cuida do território, como mulheres, quilombolas, povos indígenas e assentados da reforma agrária, lembrando que as mulheres sustentam a maior parte do trabalho de cuidado e contribuem significativamente também para as atividades produtivas. A resiliência, nesse sentido, não se importa de fora: ela cresce a partir do saber de quem convive com o semiárido há gerações.

Sobre a COP30, o pesquisador observou que o Consórcio Nordeste e a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) tiveram atuação ativa e levaram a Caatinga ao debate, mas que o bioma permaneceu à margem dos espaços centrais de negociação. Rumo à COP31, propôs três mensagens: pluralidade de soluções, reconhecendo que o Brasil é pluridiverso e que a agenda climática não pode se restringir à Amazônia; uma só agenda, com convergência entre as três Convenções do Rio (Clima, Diversidade Biológica e Desertificação), lembrando que a conferência da Convenção de Combate à Desertificação ocorreria nas semanas seguintes; e crédito de carbono social, agroecologia e convivência com o semiárido como políticas de Estado. Sua síntese foi a de que a Caatinga não é um problema, mas parte da solução para o clima, e precisa sair da margem para o centro do debate global.

4. CERRADO: DESLOCAMENTO DE ESPÉCIES, PERDA DE DIVERSIDADE GENÉTICA E RESGATE EVOLUTIVO

José Alexandre Felizola Diniz Filho apresentou o Cerrado como um mosaico complexo de vegetação, com formas de vida muito distintas e grande variação climática ao longo de sua extensão latitudinal, integrante da diagonal seca da América do Sul. Embora reconhecido desde 2000 como um dos *hotspots* globais de biodiversidade, em razão do elevado endemismo e das ameaças decorrentes da expansão da fronteira agrícola a partir das décadas de 1950 e 1960, o Cerrado, assim como a Caatinga, sempre foi tratado como um bioma marginalizado, em parte pela percepção popular de uma vegetação aberta e rasteira, menos valorizada que as formações florestais.

As projeções climáticas indicam um forte gradiente espacial: maior aumento de temperatura nas porções mais ao norte do bioma e perda de umidade, com intensificação do fogo e alterações na sazonalidade. Modelos de nicho ecológico, que projetam a distribuição das espécies a partir de suas condições climáticas atuais, mostram que, para a maior parte das espécies de ampla distribuição no Cerrado, há um deslocamento das áreas climaticamente

adequadas em direção ao sudeste. Estudos com plantas medicinais, por exemplo, indicam fragmentação e redução das áreas ocupadas e perda de riqueza de espécies na região central do bioma. Ao acoplar esses modelos a abordagens demográficas e de genética de populações, o grupo do pesquisador tem mostrado que não apenas as distribuições estão mudando, mas também que a variabilidade genética das espécies está sendo perdida, o que é especialmente relevante para árvores e recursos genéticos de interesse econômico.

A combinação desses processos com a perda de habitat produz o que o pesquisador chamou de "tempestade perfeita": as espécies tendem a se deslocar para o sudeste, mas justamente nessa região já não existem habitats suficientes para sustentar populações viáveis. Ao integrar os efeitos das mudanças climáticas aos cenários de ocupação humana, porém, é possível aplicar métodos de planejamento sistemático da conservação para maximizar a persistência da diversidade genética, identificando remanescentes que permitam a sobrevivência das espécies sob diferentes cenários.

Outra linha de pesquisa questiona a premissa, presente na maioria dos modelos de distribuição, de que o nicho ecológico das espécies permanece constante. Sob pressões seletivas intensas, as populações podem responder evolutivamente e recuperar-se de declínios, processo conhecido como resgate evolutivo. O grupo desenvolveu, em 2019, um arcabouço que acopla modelos de resgate evolutivo, de genética quantitativa e de demografia a modelos biogeográficos, comparando a velocidade da mudança do clima com a velocidade máxima de adaptação permitida pelas características das populações. Aplicado ao baru (*Dipteryx alata*), árvore de grande importância socioeconômica para a região, o modelo indica que, no cenário climático pessimista, a espécie desapareceria; no cenário intermediário, além das áreas de extinção, de estabilidade e de possível dispersão, surge uma pequena faixa na borda da distribuição em que a adaptação seria possível. Nesse caso, a diversidade genética da espécie, que cairia de 48 para 35 alelos em um dos marcadores analisados caso restasse apenas a área de persistência, seria praticamente recuperada (42 alelos) com o resgate evolutivo.

O pesquisador destacou que os dados utilizados estão organizados na base EcoClimate, hoje hospedada no Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), e que novas frentes buscam incorporar a variabilidade genética adaptativa associada ao clima, em colaboração com outros grupos, inclusive da Amazônia. Ressaltou, contudo, que a biodiversidade é muito mais do que distribuição geográfica e genética, envolvendo diversidade funcional, interações ecológicas e outros atributos que também serão afetados pelas mudanças climáticas. A possibilidade de adaptação não substitui, portanto, a conservação de habitats nem a mitigação das emissões, mas precisa ser considerada no planejamento.

5. MATA ATLÂNTICA: FRAGMENTAÇÃO, CARBONO E A NECESSIDADE DE MONITORAMENTO INTEGRADO

Simone Vieira iniciou sua apresentação ressaltando que, ao contrário da Amazônia, ainda se sabe pouco sobre os efeitos das mudanças climáticas na Mata Atlântica, embora eles sejam enormes para o sistema. Segunda maior floresta tropical do país, a Mata Atlântica cobria

originalmente cerca de 15% do território nacional, abriga aproximadamente 70% da população brasileira (cerca de 156 milhões de pessoas) e está direta ou indiretamente associada a cerca de 80% do PIB. Cerca de 80% de sua área já foi convertida para outros usos, e restam aproximadamente 23% da cobertura original, dos quais apenas uma pequena fração corresponde a floresta madura. O bioma reúne elevada riqueza de espécies e endemismo (mais de 20 mil espécies de plantas, mais de mil de aves, centenas de mamíferos e mais de 370 de anfíbios), o que o torna um dos principais *hotspots* de biodiversidade do planeta, além de desempenhar papel importante nos ciclos de carbono, nitrogênio e água.

Uma característica singular do bioma é sua ocorrência ao longo de amplos gradientes de latitude, longitude e altitude: nas florestas costeiras, a altitude pode variar do nível do mar a mais de mil metros em poucos quilômetros, o que faz da Mata Atlântica um laboratório a céu aberto para o estudo dos efeitos de variações de temperatura e precipitação. Os remanescentes mais preservados concentram-se justamente nas áreas montanhosas, menos aptas à agricultura, onde também ocorre grande parte das espécies endêmicas. Com o aquecimento, essas espécies de topo de morro podem não ter para onde ir. Estudos citados indicam que apenas cerca de 27% das comunidades poderiam migrar para cotas mais altas e cerca de 13% para cotas mais baixas.

A pesquisadora mostrou que a erosão da biodiversidade está associada à erosão da biomassa e, portanto, da capacidade de estocar carbono. Nos últimos anos, observa-se uma transição florestal, com redução da perda líquida e ganho de floresta em diversas regiões, mas esse ganho ocorre sobretudo em florestas secundárias, frequentemente efêmeras, que voltam a ser desmatadas antes de acumular carbono de forma duradoura, enquanto continua a perda de floresta primária. A fragmentação reduz o estoque de carbono na vegetação, e a defaunação, especialmente a perda de grandes dispersores de sementes, favorece espécies de sementes menores, associadas a menor densidade da madeira e menor porte, reduzindo ainda mais a capacidade de estoque.

O clima da Mata Atlântica já mudou de forma perceptível: desde o fim da década de 1970, observa-se aumento das temperaturas máximas e mínimas e redução da precipitação, o que resultou em elevação de cerca de 1 °C na temperatura média e queda da precipitação média. O fogo, antes pouco relevante, passou a atingir também áreas de floresta úmida, como ocorreu em incêndios recentes no estado de São Paulo. Embora a Mata Atlântica estoque menos carbono na vegetação do que algumas áreas da Amazônia, sua capacidade de estocar carbono em profundidade no solo, favorecida por climas mais frios, é muito elevada e pode superar, por hectare, a observada na Amazônia. Estudos ao longo de gradientes altitudinais mostram, porém, que temperaturas mais altas reduzem essa capacidade, e que a temperatura é o principal fator de redução da biomassa, por afetar a ocorrência de árvores grandes e a diversidade funcional. Maior sazonalidade também reduz o sequestro anual de biomassa. Além disso, a composição de espécies está mudando em ritmo muito mais lento que o clima, o que pode levar ao colapso de comunidades, e o clima é o principal preditor das estratégias de dispersão de sementes, tornando espécies de sementes grandes particularmente vulneráveis.

Como sinal de esperança, foram apresentados estudos mostrando que a conectividade entre fragmentos aumenta a diversidade de fungos e bactérias do solo, reduz patógenos e favorece a fixação de nitrogênio, e que fragmentos conectados podem absorver entre 43% e 69% mais carbono que fragmentos isolados. Para avaliar adequadamente os impactos das mudanças climáticas, contudo, é necessária uma rede de pesquisa integrada: apesar de iniciativas como o PPBio, os PELD e numerosos esforços individuais, apenas cerca de 0,1% da Mata Atlântica é acompanhado ao longo do tempo. Nesse contexto, foi apresentada a Rede DAMA, que busca reunir pesquisadores que trabalham com parcelas permanentes no bioma, fortalecer a pesquisa e ampliar a quantidade e a regularidade do financiamento para estudos de longa duração.

6. PAMPA: CAMPOS NATIVOS DIANTE DOS EXTREMOS CLIMÁTICOS

Daniela Hoss chamou atenção para a invisibilidade dos ecossistemas campestres na agenda ambiental. Os campos cobrem cerca de 40% da superfície terrestre, mas são proporcionalmente menos protegidos, e sua conversão em lavouras ou plantios florestais não gera a mesma preocupação que o desmatamento; em escala global, quase metade já desapareceu. O Pampa, que se estende também pelo Uruguai e pela Argentina, ocupa mais da metade do Rio Grande do Sul, abriga mais de 3 mil espécies de plantas e centenas de espécies de fauna e, nas últimas quatro décadas, foi, juntamente com o Cerrado, o bioma com maior perda proporcional de vegetação nativa no Brasil. O Rio Grande do Sul, por sua vez, vem enfrentando sucessivos extremos, com secas severas e inundações recentes.

A pesquisa apresentada buscou entender como a produtividade dos campos responde a eventos climáticos extremos e se é possível prever essa resposta a partir das espécies presentes. Os eventos foram definidos pelo balanço entre precipitação e evapotranspiração, por meio de um índice padronizado aplicado a séries históricas, e a produtividade foi estimada por sensoriamento remoto (NDVI) para as unidades amostrais da rede PPBio Campos Sulinos, em escala de bioma. A resistência das comunidades foi medida pelo afastamento da produtividade em relação à linha de base durante os eventos extremos, e as comunidades foram caracterizadas por seus atributos funcionais, ao longo de um gradiente entre estratégias aquisitivas (crescimento rápido) e conservativas (crescimento lento e armazenamento de recursos).

Os resultados mostram que o tipo de evento é o fator mais importante. Há uma clara assimetria: as secas extremas reduzem a produtividade em cerca de 9%, em média, enquanto os extremos úmidos a aumentam em cerca de 5%. A resistência é maior nos eventos úmidos para todos os tipos de comunidade, e diminui em todas elas à medida que a severidade dos eventos aumenta. A composição funcional permite prever a direção da resposta: as comunidades conservativas são as que mais perdem produtividade nas secas. Com isso, já é possível localizar geograficamente as comunidades campestres mais ou menos suscetíveis a diferentes extremos e orientar medidas específicas de conservação.

A principal mensagem foi a de que os campos estão sendo convertidos exatamente no momento em que os extremos se intensificam, com perda de biodiversidade e dos serviços que ela presta, como o estoque de carbono, a produção de forragem para a pecuária e a renda de muitas famílias. A vegetação campestre é resistente, mas não resiste à conversão de sua área. Proteger o que resta é, portanto, ao mesmo tempo uma estratégia de conservação da biodiversidade e de adaptação climática. A pesquisadora destacou ainda que esses resultados dependem de dados coletados em campo por muitas equipes, sem os quais não seria possível dimensionar o que está acontecendo.

7. PANTANAL: PULSO DE INUNDAÇÃO, FOGO E AMEAÇAS DA INFRAESTRUTURA

Leticia Couto Garcia apresentou o Pantanal como uma planície regida pelo pulso de inundação e completamente dependente do planalto circundante, onde estão as nascentes dos rios que o abastecem e que abrange áreas de Cerrado, Chaco, Mata Atlântica e Amazônia. Reconhecido como Reserva da Biosfera pela UNESCO e sítio Ramsar, o Pantanal é a maior área úmida contínua do planeta e funciona como uma esponja hidrológica: o transbordamento lateral dos rios pode levar até três meses para alcançar as porções mais baixas da planície, amortecendo picos de cheia e evitando inundações abruptas e catastróficas a jusante, na bacia do Prata.

No campo normativo, a pesquisadora mencionou a recente promulgação do Estatuto do Pantanal (Lei nº 15.228/2025), para cujo texto a comunidade científica contribuiu, inclusive com a inclusão da restauração na ementa, além de leis estaduais. Alertou, porém, para o projeto da hidrovia do rio Paraguai, que prevê dragagens e derrocamentos para permitir a passagem de comboios industriais de soja, carne e minério de ferro. Essa alteração física do rio ameaçaria o princípio de conservação hídrica estabelecido na própria lei: ao conter o leito e reduzir o extravasamento lateral, a obra rebaixaria o lençol freático, alteraria o pulso de inundação e comprometeria as baías e áreas alagáveis laterais que sustentam a biodiversidade, com efeitos sobre povos originários, sobre a pesca e sobre a pressão por monoculturas em áreas que passariam a secar. Somam-se a isso projetos de pequenas centrais e usinas hidrelétricas no entorno, cujos barramentos dificultariam a migração de peixes que sustentam a pesca e o turismo, pilares da economia regional.

O Pantanal atravessa também o período mais seco de sua série histórica. O rio Paraguai precisa atingir cerca de quatro metros para extravasar, e a ausência de inundação favorece o acúmulo de biomassa seca e os incêndios. Desde os anos 1980, a temperatura média no bioma subiu cerca de 2 °C e a umidade relativa do ar caiu cerca de 25%; mesmo que o volume de chuvas se mantenha, o calor extremo retira mais água do solo e das plantas, tornando as paisagens inflamáveis em janelas de tempo cada vez mais curtas. Em 2020, a área queimada chegou a cerca de 40 mil km², quase 400% acima da média das décadas anteriores, e 43% da área afetada não havia queimado nos vinte anos anteriores, incluindo ambientes úmidos que antes funcionavam como barreiras ao fogo e refúgios para a fauna. Estima-se que cerca de 17 milhões de vertebrados tenham morrido diretamente; a onça-pintada teve 79% de seu território em áreas protegidas afetado, e a arara-azul perdeu 28% de suas áreas adequadas para alimentação

e nidificação. Os grandes incêndios de 2020 e 2024 coincidiram com o aumento da conversão da vegetação nativa, especialmente dos campos nativos, que historicamente permitiram conciliar a pecuária extensiva com a conservação e que vêm sendo substituídos por paisagens simplificadas. A variabilidade da precipitação, explicada em grande parte por teleconexões ligadas à temperatura dos oceanos Pacífico e Atlântico, e a redução da inundação também favorecem a expansão de espécies invasoras.

As projeções são preocupantes. Estudo em fase de submissão indica que dezenas de espécies vegetais sensíveis ao fogo podem perder quase toda a sua área adequada, enquanto espécies invasoras de pastagem e espécies pioneiras tendem a se expandir, sendo que as áreas de maior perda coincidem com a distribuição potencial da onça-pintada. Projeta-se ainda, até 2050, um "arco da conversão" da vegetação nativa no entorno do Pantanal, semelhante ao arco do desmatamento amazônico. Como a umidade que sustenta o bioma vem do Norte, a partir da Amazônia, no período chuvoso, e do Leste, a partir do Cerrado e do Atlântico, no período seco, essa conversão comprometeria o transporte de umidade, aumentando a vulnerabilidade das planícies inundáveis aos megaincêndios e podendo levar ao colapso do ciclo hidrológico regional. A perda de vegetação no planalto também aumenta expressivamente o aporte de sedimentos para a planície. Até o final do século, os cenários indicam aumento de temperatura que pode chegar a 7 °C nos extremos projetados, redução de até 30% na precipitação e ondas de calor cobrindo até 80% do território, com a possível transição do Pantanal de área úmida para semiúmida. Configura-se, assim, uma cascata de riscos: aquecimento, perda de umidade atmosférica, crise hídrica, falha do pulso de inundação, megaincêndios, perda de biodiversidade e invasões biológicas.

Entre as soluções, foi apresentado um mapa de resiliência elaborado para todo o Brasil, que combina heterogeneidade da paisagem (relevo, altitude, áreas úmidas, riqueza de solos) e conectividade local para identificar áreas com maior capacidade de abrigar espécies sob mudanças climáticas, que deveriam ser priorizadas para proteção e restauração. No Pantanal, as cabeceiras dos rios coincidem com áreas degradadas mapeadas como prioritárias para restauração. Foram relatadas experiências de restauração com comunidades indígenas, que mostram como a degradação afeta diretamente as populações mais expostas à injustiça climática e como a restauração é capaz de recuperar funções, embora precise ser realizada em larga escala. As recomendações finais foram: evitar a conversão dos campos nativos em monoculturas exóticas; zerar o desmatamento no entorno do Pantanal e restaurar as cabeceiras; não autorizar a implantação da hidrovia nem de novos barramentos na Bacia do Alto Paraguai; estruturar mecanismos de financiamento para resiliência, restauração e conservação; implementar o manejo integrado do fogo com protagonismo de brigadas indígenas e de comunidades tradicionais; e internalizar os compromissos das convenções internacionais, incorporando as contribuições da comunidade científica às normas estaduais e federais relacionadas ao bioma.

8. O FOGO COMO AMEAÇA TRANSVERSAL AOS BIOMAS

O fogo apareceu em todas as apresentações como um dos principais vetores de degradação: na Amazônia, avançando sobre a floresta densa; no Cerrado, intensificado pelo aquecimento e pela perda de umidade; na Mata Atlântica, alcançando florestas úmidas antes pouco suscetíveis; e no Pantanal, atingindo áreas que funcionavam como refúgios. No encerramento de sua participação, Carlos Nobre enfatizou que, com o aquecimento global se aproximando de forma permanente de 1,5 °C, as ondas de calor e as secas não voltarão aos padrões anteriores, tornando a vegetação de todos os biomas muito mais inflamável. Lembrou que mais de 99% dos incêndios registrados na Amazônia em 2023 e 2024 tiveram origem humana e defendeu que a legislação brasileira deixe de permitir o uso do fogo na agricultura e na pecuária, argumentando que práticas regenerativas dispensam seu uso. Relatou ter defendido essa proposta em evento recente, na presença do ex-ministro do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar Paulo Teixeira, que teria manifestado concordância e elaborado minuta de projeto de lei, especialmente diante da perspectiva de um *El Niño* capaz de provocar nova seca severa na Amazônia.

O tema evidencia uma tensão que merece aprofundamento: a apresentação sobre a Amazônia defendeu a gestão do fogo com prevenção, manejo integrado e alternativas ao seu uso agropecuário, enquanto a apresentação sobre o Pantanal recomendou o manejo integrado do fogo conduzido por brigadas indígenas e comunidades tradicionais. A coordenadora Mercedes Bustamante sugeriu que a relação entre o fogo e os biomas brasileiros seja objeto de um debate específico promovido pela ABC, de modo a tratar de forma diferenciada o uso do fogo como prática agropecuária, os incêndios, o manejo integrado e os regimes de fogo próprios de ecossistemas savânicos e campestres.

9. BIOMAS INTERDEPENDENTES: ÁGUA, UMIDADE E CONEXÕES TERRITORIAIS

Uma das contribuições mais relevantes da sessão foi evidenciar que os biomas brasileiros não podem ser tratados de forma isolada. A umidade reciclada pela floresta amazônica sustenta chuvas no próprio bioma e em outras regiões; o desmatamento na Amazônia Oriental afeta desproporcionalmente o oeste da bacia; o Pantanal depende da umidade proveniente da Amazônia, do Cerrado e do Atlântico e das águas que nascem no planalto; e a conversão da vegetação nativa no entorno do Pantanal pode comprometer o ciclo hidrológico regional e afetar a bacia do Prata. Decisões sobre uso da terra, infraestrutura e conservação tomadas em um bioma produzem, portanto, efeitos sobre os demais.

Outro ponto comum foi a invisibilidade dos ecossistemas não florestais e dos biomas fora da Amazônia. Caatinga, Cerrado e Pampa foram descritos como historicamente marginalizados, seja pela percepção de vegetação “pobre” ou rasteira, seja pela menor proteção legal conferida a formações campestres e savânicas. Esses biomas, contudo, abrigam elevada biodiversidade e endemismo, estocam carbono, inclusive no solo, e sustentam meios de vida de milhões de pessoas. A sessão evidenciou também que a conversão dessas áreas tem ocorrido em ritmo

proporcionalmente elevado, e que a agenda climática brasileira precisa reconhecer a contribuição de todos os biomas para a mitigação e a adaptação.

Por fim, as apresentações convergiram quanto à dimensão social dos impactos. Populações ribeirinhas isoladas pela seca, comunidades do semiárido, povos indígenas do Pantanal e famílias que dependem da pecuária em campos nativos estão entre os primeiros a sentir os efeitos das mudanças climáticas. No encerramento, Adalberto Luis Val destacou que a segurança alimentar e nutricional está conectada às características de cada bioma e sofre impactos sociais sem precedentes, e Helena Nader acrescentou a segurança hídrica como dimensão igualmente central.

10. DA MUDANÇA À EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: ENCAMINHAMENTOS DO ENCERRAMENTO

No encerramento, Helena Nader propôs que os resultados da série sejam levados a um debate qualificado no Congresso Nacional, a ser organizado após o período eleitoral, envolvendo parlamentares e suas assessorias, sob o argumento de que não se pode esperar que o mundo mude, mas o Brasil pode mudar e fazer sua parte. Sugeriu também que a série e o documento final passem a utilizar a expressão “emergência climática” em lugar de “mudanças climáticas”, uma vez que as mudanças já chegaram e o limite de 1,5 °C está praticamente alcançado. A proposta foi endossada por Adalberto Luis Val, que defendeu a substituição já nas próximas chamadas, se possível, e, definitivamente, no documento final. Helena Nader destacou ainda que as soluções desenvolvidas para cada bioma podem oferecer soluções de alcance global, e Mercedes Bustamante sintetizou que a sessão mostrou o quanto o Brasil tem produzido em ciência, mas também o quanto ainda precisa avançar, sobretudo na gestão e no manejo dos biomas.

11. RESULTADOS ALCANÇADOS E CAPACIDADES JÁ EXISTENTES

O debate demonstrou que a ciência brasileira dispõe de conhecimento sólido e atualizado sobre os efeitos das mudanças climáticas em todos os seus biomas. Entre as capacidades evidenciadas estão o monitoramento por satélite do desmatamento, do fogo e da resiliência florestal; experimentos de longa duração na Amazônia, como os associados ao LBA; redes de parcelas permanentes e programas como o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) e o Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD); modelos que integram clima, distribuição de espécies, demografia e genética; bases de dados biogeográficos e climáticos de acesso público; métodos de sensoriamento remoto para avaliar a resposta da vegetação campestre a extremos; mapeamentos de resiliência da paisagem e de áreas prioritárias para restauração; e experiências de restauração e de convivência com o semiárido construídas com comunidades locais, povos indígenas e organizações da sociedade civil.

A COP30 também representou um marco ao abrir, pela primeira vez, um espaço dedicado à ciência planetária e ao apresentar mapas do caminho para zerar o desmatamento e superar os combustíveis fósseis. O desafio rumo à COP31 é transformar essa visibilidade em

compromissos negociados e em políticas implementadas, estendendo a atenção hoje concentrada na Amazônia a todos os biomas brasileiros. O país não parte do zero: existem conhecimento, instituições, pesquisadores, instrumentos legais e experiências bem-sucedidas, cuja mobilização coordenada e sustentada é a questão estratégica.

12. DESAFIOS REMANESCENTES

A síntese das apresentações e do debate permite identificar um conjunto de desafios que permanecem centrais:

- Efeitos combinados e não lineares: aquecimento, desmatamento, degradação, fogo e fragmentação atuam em conjunto e podem levar os biomas a limiares de transição muito antes do que indicariam os efeitos isolados do clima.
- Passivo acumulado de degradação: a redução das taxas anuais de desmatamento não elimina o efeito do passivo acumulado nem da degradação, que precisa ser tratada no mesmo patamar do desmatamento.
- Expansão do fogo: o fogo de origem humana alcança hoje formações antes pouco suscetíveis, como florestas densas e úmidas e áreas úmidas, e o marco legal ainda permite seu uso agropecuário em condições climáticas cada vez mais críticas.
- Invisibilidade dos biomas não amazônicos e dos ecossistemas não florestais: Caatinga, Cerrado, Pampa e formações campestres e savânicas recebem menos atenção política, menos proteção legal e menos espaço nas negociações internacionais.
- Conversão de vegetação nativa e grandes obras de infraestrutura: a expansão de monoculturas e projetos como hidrovias e barramentos podem comprometer funções hidrológicas essenciais, como o pulso de inundação do Pantanal.
- Lacunas de conhecimento e de monitoramento: parte importante dos biomas, como a Mata Atlântica, é acompanhada em proporção ínfima de sua área, e faltam séries de longo prazo e redes integradas.
- Descontinuidade e desigualdade do financiamento: a manutenção de infraestruturas de pesquisa, experimentos de longa duração e redes de monitoramento depende de financiamento regular e de uma distribuição de recursos mais adequada às regiões estratégicas.
- Distribuição desigual dos impactos: populações ribeirinhas, comunidades do semiárido, povos indígenas e comunidades tradicionais são os primeiros a sofrer os efeitos e precisam participar das decisões como sujeitos, e não como beneficiários eventuais.
- Conversão de ciência em mandato negociador e em política pública: os mapas do caminho apresentados na COP30 ainda não se transformaram em mandatos negociados, e a versão nacional precisa de metas com endereço geográfico e instrumentos de implementação.

13. CONTRIBUIÇÕES E PRIORIDADES DA CIÊNCIA BRASILEIRA RUMO À COP31

A partir das apresentações e do debate, podem ser sistematizadas prioridades que representam contribuições concretas da ciência brasileira para a agenda climática internacional rumo à COP31.

13.1 Tratar a agenda climática a partir de todos os biomas

As estratégias nacionais e as posições negociadoras devem reconhecer as especificidades e as contribuições de cada bioma para a mitigação e a adaptação, incluindo florestas secas, savanas, campos e áreas úmidas, superando a concentração da atenção na Amazônia.

13.2 Zerar o desmatamento e a conversão com endereço geográfico

As metas devem considerar onde a perda de vegetação ocorre, priorizando áreas decisivas para a estabilidade dos sistemas, como a Amazônia Oriental, as cabeceiras do Pantanal e os campos nativos, e incluindo a conversão de ecossistemas não florestais.

13.3 Tratar a degradação no mesmo patamar do desmatamento

Fogo, efeito de borda, extração ilegal de madeira e secas extremas degradam parcelas crescentes dos biomas e precisam ser monitorados, contabilizados e enfrentados com metas próprias.

13.4 Enfrentar o fogo como ameaça sistêmica

É necessário rever o marco legal sobre o uso do fogo na agropecuária, ampliar alternativas ao seu uso, fortalecer a prevenção e o manejo integrado do fogo e considerar as especificidades ecológicas de cada bioma e os conhecimentos e práticas das comunidades tradicionais.

13.5 Restaurar de forma estratégica

A restauração deve ser compreendida como instrumento climático, e não como compensação, priorizando áreas que maximizem a reciclagem de umidade, a conectividade entre fragmentos, a resiliência da paisagem e a recuperação de nascentes, com participação das comunidades locais.

13.6 Proteger as funções hidrológicas dos biomas

Projetos de infraestrutura que alterem regimes hidrológicos, como hidrovias e barramentos na Bacia do Alto Paraguai, devem ser avaliados à luz de seus efeitos sobre o pulso de inundação, a biodiversidade, a segurança hídrica e as populações locais.

13.7 Remunerar quem mantém os biomas em pé

Mecanismos de crédito de carbono e de pagamento por serviços ambientais devem contemplar as particularidades de cada bioma, incluindo as florestas secas, e destinar recursos diretamente às comunidades que conservam e restauram os territórios.

13.8 Integrar as três Convenções do Rio

Clima, biodiversidade e desertificação devem ser tratados como uma só agenda, com convergência entre as negociações das respectivas conferências.

13.9 Consolidar redes integradas de monitoramento de longo prazo

É preciso fortalecer e articular infraestruturas como torres de fluxo, parcelas permanentes, sistemas de alerta e programas como PRODES, PPBio e PELD, ampliando a cobertura de biomas hoje pouco monitorados.

13.10 Incorporar adaptação, diversidade genética e resiliência ao planejamento

Modelos que integrem clima, distribuição de espécies, genética, demografia e uso da terra podem orientar o planejamento sistemático da conservação, a identificação de áreas resilientes e a proteção de recursos genéticos de interesse socioeconômico.

13.11 Colocar as populações dos territórios no centro das decisões

Povos indígenas, comunidades tradicionais, agricultores familiares e populações ribeirinhas devem participar das decisões como sujeitos, com reconhecimento de seus conhecimentos e de seu papel na conservação, na restauração e na gestão do fogo.

13.12 Aproximar ciência, Parlamento e diplomacia

A comunidade científica deve contribuir de forma sistemática para a construção do mapa do caminho nacional, para a posição negociadora brasileira e para o debate legislativo, por meio de sínteses e recomendações acessíveis aos tomadores de decisão.

14. MENSAGENS-CHAVE RUMO À COP31

O debate permite sintetizar algumas mensagens centrais para a construção da agenda brasileira rumo à COP31.

- A mudança climática já é uma emergência nos biomas brasileiros. Aquecimento, secas mais frequentes, fogo e extremos hidrológicos já alteram o funcionamento dos ecossistemas em todo o país.
- O risco cresce de forma não linear quando aquecimento, desmatamento, degradação e fogo atuam juntos. Os limiares de transição podem ser atingidos ainda nesta geração.
- A transição dos biomas para estados degradados não é inevitável. As emissões globais e o desmatamento dependem de decisões humanas, e a incerteza sobre os limiares é argumento para antecipar a ação.
- Nem todo hectare vale o mesmo. As metas de desmatamento zero e de restauração precisam ter endereço geográfico e começar onde os sistemas são mais frágeis e decisivos.

- O Brasil é pluridiverso, e sua agenda climática também deve ser. Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal precisam sair da margem para o centro do debate.
- Os biomas são interdependentes. A umidade, a água e a estabilidade de um bioma dependem das decisões tomadas sobre os demais.
- Campos, savanas e florestas secas também são aliados do clima e precisam de proteção adequada à sua importância ecológica e climática.
- O fogo tornou-se uma ameaça sistêmica e exige revisão do marco legal, prevenção e manejo integrado com participação das comunidades.
- A restauração é instrumento climático, e não compensação, e deve ser estratégica, conectada e realizada em larga escala.
- Sem monitoramento de longo prazo e financiamento contínuo, não é possível antecipar riscos nem avaliar políticas.
- As populações que vivem nos biomas são as primeiras a sofrer os impactos e devem estar no centro das decisões e das soluções.

15. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O debate *"Biomas brasileiros e mudanças climáticas"* ofereceu um panorama abrangente e atualizado dos efeitos das mudanças climáticas sobre os seis biomas do país e revelou, ao mesmo tempo, a heterogeneidade das respostas e a existência de padrões comuns. Na Amazônia, a perda de resiliência, o fogo em escala inédita e a transformação de parte da floresta em fonte de carbono indicam a proximidade de limiares críticos. Na Caatinga, a expansão do semiárido convive com a capacidade do bioma de sequestrar e reter carbono. No Cerrado, o deslocamento das espécies esbarra na ausência de habitats e na perda de diversidade genética. Na Mata Atlântica, a fragmentação e a defaunação reduzem a capacidade de estocar carbono num bioma ainda pouco monitorado. No Pampa, os campos nativos perdem produtividade nas secas enquanto são convertidos. No Pantanal, o aquecimento, o fogo, a conversão do entorno e grandes obras ameaçam o pulso de inundação que sustenta todo o sistema.

Esses diagnósticos convergem para uma constatação central: os efeitos das mudanças climáticas são amplificados pelo desmatamento, pela conversão de ecossistemas nativos, pela degradação e pelo fogo, e esses vetores são, em larga medida, resultado de decisões humanas. É exatamente por isso que ainda há margem para agir. A ciência brasileira já dispõe de conhecimento sólido para orientar escolhas sobre onde zerar o desmatamento, onde restaurar, como manejar o fogo e quais áreas proteger, e precisa de continuidade institucional e financeira para ampliar o monitoramento e preencher as lacunas que persistem.

A transição da COP30 para a COP31 oferece uma oportunidade para que o Brasil, que ainda exerce a presidência da conferência, transforme os mapas do caminho apresentados em Belém em compromissos com metas concretas, endereço geográfico e instrumentos de implementação, e para que esses compromissos alcancem todos os biomas. Essa agenda deve

integrar clima, biodiversidade e desertificação, articular conservação, restauração e adaptação, e reconhecer o papel das populações locais, dos povos indígenas e das comunidades tradicionais como sujeitos das decisões.

A principal mensagem que emerge do encontro pode, portanto, ser sintetizada em uma mudança de orientação: da mudança para a emergência climática; da Amazônia para todos os biomas; da quantidade para a localização das perdas e das restaurações; da compensação para a restauração como instrumento climático; e do diagnóstico para compromissos negociados e políticas implementadas.

Nesse percurso, proteger os biomas brasileiros significa também proteger a água, a segurança alimentar e nutricional, os modos de vida e as possibilidades de futuro de milhões de pessoas. Como ressaltado no encerramento, as soluções construídas para cada bioma podem oferecer respostas de alcance global, e a ciência brasileira tem papel fundamental em levar à COP31 não apenas evidências sobre os riscos em curso, mas caminhos concretos para enfrentá-los.

SESSÃO 2

Água, rios e clima: vulnerabilidades dos sistemas hidrológicos brasileiros

RELATORIA Susana Braz Mota (Membro Afiliada da ABC – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia)
DATA E LOCAL 13 de agosto de 2026 – Macapá (AP)

APRESENTAÇÃO

O debate "Água, rios e clima: vulnerabilidades dos sistemas hidrológicos brasileiros", realizado em 13 de agosto de 2026, em Macapá, integrou a série "COP30: balanço crítico e lições para a ciência brasileira rumo à COP31", promovida pela Academia Brasileira de Ciências (ABC). A iniciativa tem como propósito refletir sobre os resultados alcançados, os desafios ainda existentes e, sobretudo, as contribuições que a ciência brasileira pode oferecer à agenda climática internacional no percurso entre a COP30 e a COP31. Os resultados dos debates deverão subsidiar uma publicação da ABC a ser encaminhada também à representação brasileira na COP31.

A escolha da água, dos rios e do clima como eixos do debate, com foco na vulnerabilidade dos sistemas hidrológicos, evidencia a centralidade dos recursos hídricos na agenda climática brasileira. Em um país de dimensões continentais e marcado por ampla diversidade ambiental, social e cultural, os efeitos das mudanças climáticas já se manifestam de forma concreta, por meio de temperaturas extremas, secas prolongadas, cheias intensas, alterações na qualidade e na disponibilidade da água e impactos sobre os ecossistemas aquáticos.

Na abertura do encontro, foi destacada a necessidade de avançar na construção de um "mapa do caminho" capaz de conectar o conhecimento científico produzido no Brasil às decisões e compromissos que deverão orientar a participação do país na COP31. A discussão foi contextualizada por eventos climáticos cada vez mais intensos: temperaturas extremas, episódios de seca e de inundação e seus efeitos sobre segurança hídrica, segurança alimentar, saúde, biodiversidade e qualidade de vida. Foi enfatizado que a participação da ciência brasileira nas conferências climáticas precisa avançar para além da apresentação de diagnósticos, contribuindo de maneira cada vez mais efetiva para a formulação de caminhos de implementação.

O debate reuniu quatro palestrantes que trouxeram para o debate perspectivas complementares sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos, monitoramento de sistemas aquáticos, extremos hidrológicos, qualidade da água, eutrofização, saúde, infraestrutura científica e políticas públicas. Ao longo das apresentações e da discussão final, destacou-se uma mensagem transversal: o Brasil já dispõe de sólida capacidade científica e amplo conhecimento sobre os processos que afetam seus sistemas hídricos. O desafio atual é garantir a continuidade

das pesquisas, integrar esse conhecimento em redes interdisciplinares e transformá-lo em políticas públicas, ações de adaptação e benefícios concretos para a sociedade.

1. ÁGUA COMO EIXO INTEGRADOR DA AGENDA CLIMÁTICA BRASILEIRA

A discussão evidenciou que a água não deve ser considerada apenas um componente ambiental afetado pelas mudanças climáticas. Ela constitui um elemento de conexão entre sistemas ecológicos, econômicos e sociais e, por isso, precisa assumir posição estratégica na agenda de adaptação climática do Brasil. Alterações na quantidade, qualidade e temporalidade da água repercutem simultaneamente sobre biodiversidade, produção de alimentos, abastecimento, pesca, navegação, geração de energia, saúde pública, manutenção de modos de vida e funcionamento dos ecossistemas. Em regiões como a Amazônia, essa interdependência é particularmente evidente, pois os ciclos da água organizam não apenas a dinâmica ecológica, mas também a ocupação dos territórios, a mobilidade, a economia e a cultura.

Na abertura do debate, Adalberto Luis Val (INPA) ressaltou essa dimensão ao caracterizar a água como um importante elo social, diretamente relacionado à segurança alimentar e nutricional, à saúde, à educação e ao transporte. Essa perspectiva amplia o significado da segurança hídrica: garantir água não significa apenas assegurar determinado volume disponível, mas preservar sistemas aquáticos funcionalmente íntegros, capazes de sustentar biodiversidade, produção de alimentos, saúde e bem-estar humano. Essa abordagem integrada apareceu de diferentes formas nas quatro apresentações. Biodiversidade, qualidade da água, extremos hidrológicos, saneamento, poluição, saúde e desenvolvimento não foram apresentados como problemas isolados, mas como partes de um mesmo sistema. Consequentemente, as respostas científicas e políticas também não podem permanecer fragmentadas.

2. BIODIVERSIDADE, SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E RESILIÊNCIA FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A primeira apresentação, conduzida por Cláudia Bonecker (UEM), abordou a biodiversidade como base dos serviços ecossistêmicos e da resiliência da sociedade frente às mudanças climáticas. A biodiversidade foi apresentada como elemento fundamental para a provisão de serviços ecossistêmicos materiais, reguladores e não materiais. Entre eles estão a manutenção da qualidade da água, a produção e disponibilização de recursos, a regulação climática e de inundações, além de benefícios culturais, recreativos e associados ao valor de existência da natureza. Nesse sentido, preservar biodiversidade não constitui apenas uma finalidade de conservação: significa preservar funções essenciais ao bem-estar e à própria organização das sociedades humanas. Resultados provenientes de sistemas associados ao rio Paraná foram utilizados para ilustrar as consequências da degradação da qualidade da água e da simplificação da biodiversidade. O aumento da ocorrência de organismos potencialmente tóxicos e as mudanças na estrutura das comunidades aquáticas exemplificam processos capazes de comprometer simultaneamente a integridade ecológica e diferentes usos da água.

A redução da qualidade ambiental também se reflete na pesca, em que mudanças na abundância e na composição das comunidades de organismos aquáticos afetam processos como ciclagem de nutrientes, produção de matéria orgânica, relações tróficas e disponibilidade de recursos pesqueiros. A diversidade de grupos funcionais (peixes, macrófitas, insetos, zooplâncton e outros componentes da biota) sustenta diferentes funções no ecossistema. Os resultados apresentados evidenciam que o aumento da riqueza de espécies está associado ao aumento da funcionalidade do sistema. As mudanças climáticas introduzem uma pressão adicional sobre esses sistemas. A elevação da temperatura, a redução da disponibilidade hídrica e a alteração da dinâmica entre períodos secos e úmidos modificam distribuição, tamanho corporal, metabolismo, interações ecológicas e capacidade de persistência das espécies. Tais mudanças podem favorecer algumas espécies, inclusive espécies invasoras, enquanto outras se tornam "perdedoras" em ambientes progressivamente mais quentes, alterados e imprevisíveis.

A principal mensagem resultante dessa apresentação é que a biodiversidade funciona como infraestrutura ecológica para a manutenção dos recursos hídricos. Sua perda compromete o funcionamento do ecossistema e diminui a capacidade de resposta da sociedade aos impactos climáticos. Assim, políticas de segurança hídrica e adaptação não podem ser estruturadas exclusivamente a partir de indicadores de volume de água. A qualidade da água e a integridade da biodiversidade precisam ser incorporadas às estratégias de planejamento, monitoramento e tomada de decisão. Na discussão final, Bonecker reforçou a necessidade de conectar explicitamente biodiversidade, quantidade de água, qualidade da água e saúde, defendendo maior mobilização da comunidade científica junto aos órgãos e agentes públicos.

3. IGARAPÉS COMO SENTINELAS DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS E A NECESSIDADE DE CIÊNCIA EM REDE

A apresentação de Leandro Juen (UFPA) trouxe para o centro do debate os pequenos cursos d'água amazônicos, os igarapés, e sua importância como sistemas sentinelas das mudanças climáticas e ambientais. Embora os grandes rios predominem no imaginário associado à Amazônia, uma parcela expressiva da rede hidrográfica regional é formada por pequenos cursos d'água. Sua dimensão, proximidade com a floresta e sensibilidade às alterações locais fazem com que respondam rapidamente às mudanças na temperatura, cobertura vegetal, precipitação, uso da terra e disponibilidade hídrica. Por isso, alterações nos igarapés podem funcionar como sinais antecipados de processos de degradação mais amplos. Nesse contexto, a identificação de espécies "ganhadoras" e "perdedoras" diante das mudanças ambientais permite compreender como a reorganização da biodiversidade pode modificar o funcionamento dos ecossistemas. Espécies com diferentes tolerâncias e capacidades de adaptação não responderão de forma uniforme à elevação da temperatura, às secas e à transformação dos habitats. Monitorar essas respostas é essencial para antecipar áreas e grupos biológicos de maior vulnerabilidade.

Essa capacidade de antecipação foi relacionada a uma mudança necessária na relação entre ciência e gestão: o conhecimento científico precisa contribuir para a prevenção antes que o desastre se instale, e não apenas documentar suas consequências posteriormente. Para isso, torna-se fundamental produzir dados em escala compatível com a dimensão e a heterogeneidade amazônicas. Essa necessidade, entretanto, não significa simplesmente ampliar indiscriminadamente a coleta de informações. A mensagem apresentada foi a de que a Amazônia precisa de ciência em rede não apenas para gerar mais dados, mas para transformar dados dispersos em conhecimento capaz de sustentar decisões.

A complexidade das perguntas científicas e socioambientais da Amazônia ultrapassa a capacidade de qualquer disciplina ou instituição isolada. A resposta exige redes que articulem ecologia, biologia, climatologia, hidrologia, saúde, antropologia, sociologia, psicologia e outros campos do conhecimento. Durante o debate, foi ressaltado que a escala necessária aos estudos amazônicos só pode ser efetivamente alcançada por meio dessa cooperação. Essa integração também deve incluir os povos indígenas, povos originários e comunidades tradicionais como participantes da produção do conhecimento. A experiência relatada de monitoramento construído conjuntamente com comunidades mostrou que perguntas científicas, locais de amostragem, metodologias e interpretação dos resultados podem ser coproduzidos. Essa abordagem se contrapõe ao modelo denominado durante o debate de “ciência helicóptero”, no qual pesquisadores chegam aos territórios, coletam informações e se retiram sem construir vínculos duradouros nem garantir retorno do conhecimento às populações envolvidas.

4. FINANCIAMENTO, CONTINUIDADE E INFRAESTRUTURA PARA A CIÊNCIA AMAZÔNICA

Um dos desafios mais recorrentes ao longo do debate foi a inadequação dos mecanismos tradicionais de financiamento às características das perguntas científicas associadas às mudanças climáticas. Monitorar clima, biodiversidade e recursos hídricos exige séries temporais de longa duração. No entanto, grande parte dos editais financia projetos de dois ou três anos. Essa temporalidade é incompatível não apenas com o estudo de processos ecológicos e climáticos de longo prazo, mas também com a construção de relações de confiança com comunidades e povos originários. Leandro Juen ressaltou que projetos de três anos podem terminar justamente quando os pesquisadores começam a estabelecer a confiança necessária para trabalhar de maneira efetivamente colaborativa com as comunidades. A dificuldade também compromete a manutenção de equipes, a fixação de profissionais e a continuidade de séries históricas. A produção científica sobre mudanças climáticas não pode depender de sucessivos ciclos curtos nos quais parte considerável da energia dos grupos é destinada à obtenção do próximo financiamento.

Desse debate emerge a necessidade de mecanismos de financiamento de longa duração, flexíveis e adequados às especificidades da ciência de campo, especialmente na Amazônia. Pesquisas em regiões remotas são logisticamente caras e exigem infraestrutura institucional, equipes permanentes, transporte, equipamentos, manutenção de redes de monitoramento e formação continuada de recursos humanos. O financiamento climático internacional também

foi apontado como oportunidade que precisa ser convertida em capacidade científica efetiva no território. No encerramento, ressaltou-se que recursos internacionais anunciados para o enfrentamento das mudanças climáticas precisam alcançar de forma mais direta as instituições, laboratórios e atividades de campo que produzem conhecimento nas regiões onde os impactos estão ocorrendo.

5. DA PRODUÇÃO DE DADOS A SISTEMAS INTEGRADOS DE INFORMAÇÃO

Entre as propostas concretas apresentadas ao longo do encontro, destacou-se a possibilidade de construir instrumentos capazes de integrar diferentes indicadores ambientais e biológicos. Foi sugerida a criação de um painel integrado para a Amazônia, reunindo informações sobre qualidade da água, biodiversidade, serviços ecossistêmicos e outros indicadores capazes de subsidiar decisões políticas. Também foi proposta uma rede nacional de sentinelas hídricas, associada à incorporação de indicadores de biodiversidade nos planos de adaptação. Essas propostas representam uma mudança importante de perspectiva. O desafio contemporâneo não reside apenas na ausência de dados. Há vasto conhecimento científico sendo produzido no país, mas uma parcela significativa permanece fragmentada entre projetos, instituições, regiões e disciplinas.

A integração dessas informações permitiria identificar padrões, antecipar riscos, estabelecer prioridades territoriais e comparar respostas entre diferentes regiões brasileiras. Sistemas de monitoramento integrados também poderiam ajudar a distinguir impactos climáticos de pressões locais e orientar ações de adaptação mais adequadas às particularidades regionais. Essa abordagem deve reconhecer que não existe uma única Amazônia. A enorme heterogeneidade ambiental, climática, geomorfológica, social e cultural do território exige estratégias regionalizadas. Uma ação apropriada a determinado estado, bacia ou contexto ecológico pode não ser adequada a outro.

6. ÁREAS ALAGÁVEIS COMO ALICERCE NATURAL DE ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA

A apresentação de Jochen Schöngart (INPA) destacou a intensificação dos extremos hidrológicos na Amazônia, com aumento da frequência e magnitude de cheias e secas e ampliação da diferença entre níveis máximos e mínimos dos rios. Esses eventos já produzem impactos ecológicos, sociais e econômicos crescentes e representam um desafio central para a ciência e para as políticas públicas. Nesse contexto, as áreas alagáveis amazônicas assumem papel estratégico. O pulso de inundação regula trocas de água, nutrientes e organismos, estrutura a biodiversidade e sustenta atividades como pesca, agricultura e extrativismo. Além disso, simulações apresentadas durante a palestra indicam que essas áreas contribuem para amortecer cheias e secas, evidenciando sua função como infraestrutura natural de regulação hidrológica.

Apesar dessa importância, muitas áreas alagáveis permanecem fora de sistemas de proteção, inclusive regiões dominadas por espécies altamente especializadas. Sua conservação exige ampliar mosaicos de áreas protegidas e garantir a conectividade longitudinal e lateral dos

sistemas fluviais. As secas extremas intensificam ainda outros riscos, como aumento da temperatura da água, perda de habitats aquáticos e maior vulnerabilidade de igapós ao fogo. Esses efeitos são agravados por desmatamento, incêndios e grandes obras de infraestrutura.

Para a agenda rumo à COP31, a principal contribuição dessa discussão é reconhecer que a conservação das áreas alagáveis deve integrar as estratégias de adaptação climática do Brasil. Como sintetizado no debate, enquanto a mitigação está fortemente associada ao carbono, a adaptação está diretamente relacionada à água (sua falta, seu excesso e sua qualidade). Assim, proteger áreas alagáveis significa fortalecer simultaneamente a regulação hidrológica, a biodiversidade, a segurança alimentar e a capacidade de adaptação das populações humanas às mudanças climáticas.

7. QUALIDADE DA ÁGUA, EUTROFIZAÇÃO E SAÚDE

A apresentação de Sandra Azevedo (UFRJ) ampliou o debate ao destacar a degradação da qualidade da água, a eutrofização e suas consequências ambientais e sanitárias. O crescimento populacional e urbano, o aumento do consumo de água e a expansão de atividades produtivas têm ocorrido, em muitas regiões, sem infraestrutura de saneamento proporcional. Um aspecto destacado foi que coleta de esgoto não equivale a tratamento de esgoto. Quando os rejeitos são apenas removidos de determinado local e lançados adiante sem tratamento adequado, o problema é transferido, e não resolvido. Nutrientes, fertilizantes, pesticidas, medicamentos e diferentes contaminantes alcançam os sistemas aquáticos, onde interagem com o aumento das temperaturas e as alterações hidrológicas. Assim, as mudanças climáticas não atuam isoladamente: elas se somam a pressões existentes e podem produzir efeitos sinérgicos sobre a qualidade da água. A própria palestrante enfatizou essa complexificação progressiva da água bruta e a perda sinérgica de qualidade.

Eventos de seca prolongada podem agravar ainda mais esse cenário. Menores volumes de água favorecem a concentração de nutrientes e contaminantes e modificam processos biogeoquímicos. Ao mesmo tempo, temperaturas elevadas podem favorecer determinados microrganismos e aumentar os riscos associados às florações. A qualidade da água deve, portanto, ser compreendida simultaneamente como questão ambiental, sanitária, social e política. Garantir segurança hídrica demanda investimentos em saneamento, monitoramento, prevenção, tratamento, educação e gestão. Um ponto central da apresentação e da discussão foi que o conhecimento científico sobre esses processos já é expressivo. Existem informações sobre condições ambientais necessárias à saúde dos sistemas aquáticos, assim como técnicas de manejo e controle, inclusive alternativas de baixo custo e baseadas em abordagens sustentáveis. O problema, portanto, não pode ser reduzido à falta de conhecimento. O desafio consiste em fazer com que esse conhecimento ultrapasse os limites acadêmicos.

8. TRANSLAÇÃO DO CONHECIMENTO E APROXIMAÇÃO ENTRE CIÊNCIA, SOCIEDADE E DECISÃO POLÍTICA

A necessidade de translação do conhecimento científico esteve entre os consensos mais fortes do debate. Produzir artigos científicos, séries de dados e diagnósticos de alta qualidade é indispensável, mas insuficiente diante da velocidade dos desafios climáticos. Os participantes enfatizaram que pesquisadores precisam desenvolver mecanismos para comunicar resultados a públicos diversos e estabelecer interlocução mais efetiva com gestores, formuladores de políticas, comunidades, setor educacional e sociedade.

Sandra Azevedo resumiu esse desafio ao argumentar que nenhuma área do conhecimento conseguirá, isoladamente, oferecer respostas robustas aos problemas relacionados aos recursos hídricos. Além da integração entre disciplinas, as soluções precisam ser traduzidas e encaminhadas a quem efetivamente pode utilizá-las. A fala foi sintetizada pela necessidade de a comunidade científica “fazer mais barulho”, intensificando sua presença no debate público e junto aos tomadores de decisão. Leandro Juen também ressaltou que, se a comunidade científica pretende dialogar com políticos e tomadores de decisão, não pode se limitar à publicação de artigos dirigidos ao próprio meio acadêmico.

A divulgação científica e a comunicação precisam ser compreendidas como parte do trabalho científico e não como atividade acessória. Essa translação deve ocorrer em duas direções. Não se trata apenas de levar conhecimento acadêmico à sociedade. A produção científica precisa também incorporar os conhecimentos, experiências e necessidades das populações diretamente afetadas pelos extremos climáticos.

9. PARTICIPAÇÃO DAS COMUNIDADES E PRODUÇÃO PLURAL DO CONHECIMENTO

A inclusão de populações indígenas, povos tradicionais e comunidades locais emergiu como componente estruturante de uma ciência climática capaz de produzir transformação. No encerramento, Schöngart destacou que as populações expostas diretamente à falta ou ao excesso de água precisam ser integradas às pesquisas e às estratégias de gestão territorial. Propostas construídas sem considerar as realidades locais correm o risco de serem inadequadas ou inviáveis. A produção de conhecimento deve tornar-se cada vez mais plural e construída conjuntamente.

Essa integração também exige revisão do funcionamento de editais e mecanismos de avaliação científica. A aproximação com territórios, o estabelecimento de confiança e a coprodução de conhecimento são processos de longo prazo. O tempo social necessário à construção dessas relações não pode ser comprimido à temporalidade administrativa de projetos curtos. Nesse sentido, fortalecer a ciência em rede significa também superar hierarquias tradicionais na produção do conhecimento. Comunidades não devem aparecer apenas como fontes de informação ou beneficiárias finais de projetos, mas como participantes da definição de problemas, da construção de métodos, da interpretação de resultados e da elaboração de soluções.

10. EDUCAÇÃO, FORMAÇÃO E FIXAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

A educação apareceu no debate em diferentes níveis: formação científica, educação básica, educação social, divulgação científica e capacitação das populações e instituições para responder aos desafios climáticos. Schöngart ressaltou que transformar a sociedade passa pela educação e que os compromissos relacionados às mudanças climáticas precisam ultrapassar os ciclos políticos imediatos. As ações necessárias hoje produzirão consequências que atravessarão gerações, e a ausência de resposta deixará como legado impactos que serão vividos principalmente pelas gerações futuras.

Outro desafio destacado foi a distribuição desigual de pesquisadores e de infraestrutura científica no território brasileiro. Regiões estratégicas para a compreensão e o enfrentamento das mudanças climáticas ainda apresentam déficits de recursos humanos e capacidade instalada incompatíveis com a magnitude dos desafios que enfrentam. Durante a discussão, Adalberto Val enfatizou a necessidade de estratégias nacionais de formação e fixação de pesquisadores, especialmente em regiões periféricas, associadas a investimentos em ciência, educação, capacitação e novas ferramentas, incluindo a inteligência artificial.

Essa questão é particularmente crítica na Amazônia. A produção de conhecimento científico contínuo e de longo prazo sobre a região depende do fortalecimento das instituições locais e da permanência de equipes qualificadas nos territórios, capazes de consolidar laboratórios, formar novas gerações de pesquisadores, manter séries temporais de monitoramento e estabelecer relações duradouras com comunidades e gestores.

11. SEGURANÇA ALIMENTAR, PEIXES AMAZÔNICOS E VULNERABILIDADE TÉRMICA

A conexão entre clima, água, biodiversidade e segurança alimentar foi particularmente enfatizada no encerramento. O pescado constitui importante fonte de proteína para populações amazônicas, fazendo com que alterações nos ecossistemas aquáticos sejam também ameaças diretas à segurança alimentar e nutricional. Foi destacado que algumas espécies de peixes amazônicos já podem estar operando próximas de seus limites máximos toleráveis de temperatura. No debate, foi mencionada uma margem térmica da ordem de 1,2 °C para algumas espécies, evidenciando uma reduzida distância entre as condições ambientais experimentadas e os limites fisiológicos de tolerância. Também foi lembrado o episódio de aquecimento extremo no lago Tefé, no qual a temperatura da água alcançou valores excepcionais.

Essa proximidade entre temperatura ambiental e limite fisiológico ilustra de forma concreta como o aquecimento global pode ultrapassar a dimensão abstrata das projeções climáticas. Para organismos ectotérmicos aquáticos, pequenas elevações adicionais da temperatura podem representar transição entre condições suportáveis e condições incompatíveis com a sobrevivência. Assim, o monitoramento climático e hidrológico precisa ser integrado a informações biológicas e fisiológicas. Conhecer quanto a temperatura aumenta é fundamental, mas igualmente importante é compreender o que esse aumento significa para organismos, populações, pesca, alimentação e sociedade.

12. POLUIÇÃO E AMEAÇAS MÚLTIPLAS AOS SISTEMAS AQUÁTICOS

Além das mudanças climáticas, os ecossistemas aquáticos brasileiros estão submetidos a um conjunto crescente de contaminantes. Durante o encerramento foram destacados mercúrio, microplásticos, medicamentos e riscos associados ao petróleo. Conforme apresentado no debate, dados recentes indicam ampla ocorrência de microplásticos em peixes consumidos na Região Norte e sua presença também nas demais regiões do país. Essas pressões precisam ser compreendidas de maneira integrada às mudanças climáticas. Temperaturas elevadas, alterações de vazão, secas e mudanças na qualidade da água podem modificar transporte, concentração, biodisponibilidade e efeitos dos contaminantes.

O exemplo dos peixes de respiração aérea foi utilizado para ilustrar como características adaptativas desenvolvidas ao longo da história evolutiva podem tornar determinadas espécies particularmente vulneráveis a novos tipos de impacto. A utilização da superfície para respiração, vantajosa em ambientes naturalmente pobres em oxigênio, pode se tornar fator de exposição adicional em cenários de contaminação superficial por petróleo.

O enfrentamento da vulnerabilidade hídrica brasileira exige, portanto, abordagem de múltiplos estressores, reconhecendo que clima, poluição, perda de habitat, desmatamento, infraestrutura, saneamento insuficiente e exploração dos recursos naturais interagem entre si.

13. DA DISTRIBUIÇÃO HISTÓRICA DE RECURSOS AO INVESTIMENTO ESTRATÉGICO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Uma das reflexões finais do debate propôs uma mudança conceitual no financiamento da ciência brasileira: passar de uma lógica predominantemente baseada na distribuição histórica dos investimentos para uma política de investimentos estratégicos em ciência e tecnologia, orientada pelos desafios contemporâneos do país.

Segundo essa perspectiva, a permanência durante décadas de padrões semelhantes de distribuição de recursos entre áreas e regiões geográficas pode não ser suficiente diante da magnitude e da urgência das mudanças climáticas. Os desafios atuais requerem capacidade de identificar territórios críticos, áreas científicas estratégicas, lacunas de recursos humanos e infraestruturas indispensáveis e, a partir delas, orientar investimentos. Isso não significa abandonar áreas consolidadas, mas reconhecer que ameaças emergentes demandam instrumentos capazes de responder rapidamente a novas prioridades. A Amazônia constitui exemplo evidente: sua importância para o sistema climático global contrasta com os desafios de infraestrutura, financiamento de longo prazo e fixação de pesquisadores.

14. RESULTADOS ALCANÇADOS E CAPACIDADES JÁ EXISTENTES

As discussões realizadas em Macapá demonstraram que a ciência brasileira dispõe de importante base para enfrentar os desafios relacionados à água e ao clima. Entre as capacidades evidenciadas estão o conhecimento acumulado sobre o funcionamento dos ecossistemas aquáticos; séries de monitoramento de biodiversidade e qualidade da água;

compreensão crescente da relação entre biodiversidade e serviços ecossistêmicos; experiência em monitoramento de extremos hidrológicos; conhecimento sobre eutrofização e contaminantes; desenvolvimento de técnicas de manejo e mitigação; redes de pesquisa consolidadas; capacidade científica instalada na Amazônia; e experiências de pesquisa colaborativa com comunidades.

A COP30 também foi reconhecida como um espaço importante para ampliar a visibilidade da Amazônia, das florestas e dos povos originários, além de fortalecer a presença da ciência no debate climático, contando, pela primeira vez, com um espaço dedicado especificamente à discussão científica. Entretanto, o debate realizado em Macapá ressaltou que o avanço rumo à COP31 deve ser marcado pela capacidade de transformar essa visibilidade em implementação, continuidade e metas concretas, ampliando a contribuição efetiva da ciência para o enfrentamento das mudanças climáticas. O Brasil, portanto, não parte do zero. Existe conhecimento, existem instituições, existem pesquisadores, redes e experiências bem-sucedidas. A questão estratégica é como mobilizar essas capacidades de maneira coordenada e sustentada.

15. DESAFIOS REMANESCENTES

A síntese das apresentações e debates permite identificar um conjunto de desafios que permanecem centrais:

- Fragmentação do conhecimento. Dados e competências permanecem distribuídos entre diferentes instituições, disciplinas e territórios, dificultando sua integração em instrumentos de decisão.
- Descontinuidade do financiamento. Projetos de curta duração são incompatíveis com monitoramento climático, formação de séries temporais e construção de relações duradouras com comunidades.
- Insuficiente conversão de ciência em políticas públicas. O país produz conhecimento relevante, mas ainda enfrenta dificuldades para transformá-lo em ações de gestão, adaptação e prevenção.
- Desigualdade regional da infraestrutura científica. Regiões de grande importância climática e ambiental, como a Amazônia, precisam de maior capacidade institucional e fixação de pesquisadores.
- Integração insuficiente entre quantidade e qualidade da água. Segurança hídrica não pode ser avaliada apenas pela disponibilidade física do recurso.
- Pressões múltiplas e sinérgicas. Mudanças climáticas atuam conjuntamente com poluição, saneamento inadequado, desmatamento, fogo, infraestrutura e perda de biodiversidade.
- Necessidade de participação social efetiva. Povos originários e comunidades locais precisam ocupar posição central na construção de diagnósticos e soluções.

- Déficit de comunicação e translação do conhecimento. A ciência precisa ampliar sua capacidade de dialogar com sociedade e tomadores de decisão.

16. CONTRIBUIÇÕES E PRIORIDADES DA CIÊNCIA BRASILEIRA RUMO À COP31

A partir das apresentações e do debate, podem ser sistematizadas prioridades que representam contribuições concretas da ciência brasileira para a agenda climática internacional rumo à COP31.

16.1 Estabelecer uma agenda nacional integrada de segurança hídrica e climática

Água, biodiversidade, saúde, segurança alimentar, saneamento, energia e desenvolvimento territorial devem ser abordados de maneira integrada. A adaptação climática precisa reconhecer a água como elo entre esses sistemas.

16.2 Consolidar redes de monitoramento de longo prazo

É necessário fortalecer redes permanentes capazes de monitorar quantidade e qualidade da água, biodiversidade, extremos climáticos e respostas dos ecossistemas, com indicadores comparáveis e continuidade temporal.

16.3 Desenvolver uma rede de sentinelas hídricas

Sistemas particularmente sensíveis às mudanças ambientais, como igarapés e áreas alagáveis, podem funcionar como sentinelas capazes de oferecer alertas antecipados de transformações ecológicas.

16.4 Integrar indicadores em plataformas de apoio à decisão

A integração de informações ambientais, biológicas e sociais em painéis acessíveis pode reduzir a distância entre produção científica e tomada de decisão.

16.5 Criar mecanismos de financiamento de longa duração

Editais voltados à agenda climática precisam contemplar horizontes temporais compatíveis com séries ecológicas, monitoramento ambiental e coprodução de conhecimento com comunidades.

16.6 Reconhecer e financiar adequadamente a ciência de campo

A pesquisa realizada em regiões remotas possui custos específicos e necessita de infraestrutura, logística e equipes permanentes.

16.7 Fortalecer instituições e fixar pesquisadores em regiões estratégicas

O enfrentamento da emergência climática depende de capacidade científica instalada nos territórios onde os impactos são observados.

16.8 Incorporar comunidades e povos originários à produção do conhecimento

A pesquisa deve avançar de modelos extrativos de coleta de dados para processos de coprodução baseados em confiança, participação e retorno social.

16.9 Ampliar a translação e a comunicação científica

Produzir conhecimento não basta. É necessário traduzi-lo em linguagem, indicadores, recomendações e instrumentos utilizáveis por gestores, sociedade e tomadores de decisão.

16.10 Integrar adaptação, mitigação, biodiversidade e desenvolvimento

As agendas internacionais ainda frequentemente tratam clima, biodiversidade, agricultura e outros temas em arenas distintas. O debate evidenciou que, do ponto de vista dos sistemas naturais e sociais, essas fronteiras são artificiais.

17. MENSAGENS-CHAVE RUMO À COP31

O debate realizado em Macapá permite sintetizar algumas mensagens centrais para a construção da agenda brasileira rumo à COP31.

- A água deve ocupar posição estratégica na adaptação climática brasileira. É por meio dela que muitos dos impactos climáticos se tornam diretamente perceptíveis para ecossistemas e sociedades.
- A segurança hídrica depende também da biodiversidade e da qualidade da água. Quantidade, qualidade, funcionamento dos ecossistemas e saúde devem ser avaliados de maneira integrada.
- A ciência brasileira já produz conhecimento sólido para orientar muitas ações; um dos principais desafios é transformar conhecimento em implementação.
- Monitoramento climático e ambiental exige continuidade. Projetos curtos não são capazes de responder adequadamente a processos que se desenvolvem ao longo de décadas.
- A Amazônia precisa de ciência em rede e em escala amazônica. Nenhuma instituição ou disciplina isolada conseguirá responder à complexidade do território.
- Comunidades locais e povos originários precisam participar da construção das soluções. Conhecimento plural e coproduzido aumenta a pertinência e a legitimidade das ações.
- A ciência precisa sair de sua própria bolha. Comunicação, educação e interlocução política são componentes essenciais da resposta científica à crise climática.
- Os investimentos em ciência e tecnologia precisam ser estratégicos. A distribuição de recursos deve considerar desafios climáticos emergentes, desigualdades regionais e a necessidade de formação e fixação de recursos humanos.
- É preciso antecipar os impactos e não apenas documentar os desastres. Sistemas sentinelas, séries temporais e modelos integrados podem orientar políticas preventivas.
- A agenda climática precisa superar sua fragmentação. Água, clima, biodiversidade, saúde, alimentação, infraestrutura e sociedade constituem dimensões de um mesmo problema.

18. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O debate "*Água, rios e clima: vulnerabilidades dos sistemas hidrológicos brasileiros*" revelou simultaneamente a gravidade dos desafios e a capacidade científica já existente no Brasil para enfrentá-los. Os sistemas hidrológicos brasileiros encontram-se submetidos a mudanças rápidas decorrentes da combinação entre aquecimento climático, intensificação de extremos hidrológicos, perda de biodiversidade, alterações do uso da terra, poluição, saneamento insuficiente e expansão de atividades humanas. Na Amazônia, essas transformações adquirem dimensão particularmente crítica pela dependência ecológica, econômica, alimentar, cultural e social da água.

Entretanto, as discussões também demonstraram que o Brasil possui conhecimento, instituições, redes e experiências capazes de orientar respostas. A principal lacuna encontra-se na conexão entre essas capacidades: integrar dados, instituições, disciplinas, territórios, comunidades e tomadores de decisão; garantir continuidade financeira e institucional; e transformar evidências científicas em políticas efetivamente implementadas.

A transição da COP30 para a COP31 oferece uma oportunidade para que a ciência brasileira contribua não apenas com diagnósticos, mas com um mapa do caminho orientado à ação. Esse caminho passa pelo fortalecimento da ciência em rede, pelo monitoramento de longo prazo, pela participação das populações diretamente afetadas, pela comunicação científica, pelo investimento estratégico e pela integração entre biodiversidade, água, saúde e sociedade.

No encerramento, foi ressaltada ainda a necessidade de superar a fragmentação das próprias agendas internacionais, frequentemente organizadas separadamente em torno de clima, biodiversidade, agricultura e outros setores, apesar de sua profunda interdependência. A construção de uma resposta efetiva às mudanças climáticas exige maior articulação entre essas agendas e uma visão sistêmica dos desafios.

A principal mensagem que emerge do encontro pode, portanto, ser sintetizada em uma mudança de orientação: do diagnóstico para a implementação; da fragmentação para a integração; de projetos isolados para redes permanentes; da produção de informação para sua transformação em decisão; e de respostas de curto prazo para compromissos capazes de atravessar gerações.

Nesse percurso, proteger os rios, a biodiversidade e a qualidade da água significa também proteger saúde, alimentação, territórios, culturas e possibilidades de futuro. A ciência brasileira possui papel fundamental nessa construção e pode oferecer à agenda rumo à COP31 não apenas evidências sobre os riscos em curso, mas bases concretas para antecipar impactos, orientar políticas públicas e fortalecer a capacidade de adaptação da sociedade brasileira.

SESSÃO 3

Oceanos e zona costeira: conexões invisíveis na agenda climática

RELATORIA Enelise Katia Piovesan (Membro Afiliada da ABC – Universidade Federal de Pernambuco)
DATA E LOCAL 1º de setembro de 2026 – Maceió (AL)

A sessão abordou o papel estratégico dos oceanos e das zonas costeiras no contexto das mudanças climáticas, articulando aspectos científicos, ambientais, sociais, econômicos e políticos. O debate evidenciou que o oceano atua simultaneamente como regulador do sistema climático, receptor dos impactos do aquecimento global e componente fundamental das estratégias de mitigação e adaptação.

A sessão foi realizada no dia 1º de setembro, na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Maceió (AL).

1. O OCEANO NO SISTEMA CLIMÁTICO E O DESAFIO DO MONITORAMENTO CONTÍNUO

Luiz Drude de Lacerda, coordenador da sessão, iniciou a discussão apresentando uma visão abrangente sobre a importância dos oceanos no contexto das mudanças climáticas e ressaltando a necessidade de ampliar sua presença nas políticas públicas brasileiras.

Um dos pontos centrais de sua intervenção foi o papel regulador do oceano no sistema climático, com especial atenção ao Atlântico Sul e à sua importância para o Brasil e a América do Sul. As alterações que ocorrem nesse oceano exercem influência direta sobre as regiões continentais e precisam ser consideradas na formulação de políticas climáticas nacionais.

Entre os principais processos associados às mudanças climáticas, destacou o aquecimento das águas oceânicas, com consequências sobre organismos e ecossistemas marinhos. Foram mencionados impactos sobre os recifes de coral, alterações nos ciclos de nutrientes, processos de eutrofização, mudanças relacionadas a organismos patogênicos, modificações na circulação oceânica e a crescente acidificação dos oceanos.

Outro aspecto ressaltado foi a remobilização de contaminantes acumulados historicamente nos ambientes marinhos e costeiros. Mudanças nas condições ambientais podem favorecer a reincorporação de substâncias anteriormente depositadas nos ciclos biogeoquímicos, aumentando sua disponibilidade para os organismos e, potencialmente, sua transferência ao longo das cadeias alimentares.

Também foi destacada a existência de grandes lacunas no conhecimento sobre o oceano profundo e o fundo oceânico. Essa questão torna-se particularmente relevante diante do avanço de atividades econômicas sobre áreas ainda insuficientemente conhecidas e

monitoradas. Há, portanto, uma assimetria entre a velocidade da exploração econômica e a capacidade científica de caracterizar adequadamente esses ambientes.

Luiz Drude de Lacerda ressaltou ainda a necessidade de converter conhecimento científico em inovação e políticas públicas. Para isso, defendeu maior integração entre diferentes campos científicos e entre o conhecimento acadêmico e os saberes de pescadores, comunidades tradicionais e demais grupos diretamente relacionados ao oceano.

Nesse contexto, a diversidade e a inclusão foram apresentadas como elementos importantes para a construção de uma agenda científica mais ampla, capaz de incorporar diferentes perspectivas e formas de conhecimento.

Outro problema central identificado foi a descontinuidade dos programas científicos de pesquisa oceânica no Brasil. A compreensão de mudanças climáticas exige séries temporais extensas e sistemas permanentes de monitoramento. Projetos de curta duração e interrupções no financiamento comprometem a infraestrutura e obtenção de dados de séries históricas.

Assim, entre as prioridades apresentadas estão o fortalecimento do monitoramento de longo prazo, a integração entre diferentes áreas científicas, a valorização dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos oceanos, a inclusão de comunidades costeiras na produção e aplicação do conhecimento e, sobretudo, a garantia de financiamento científico contínuo e de longo prazo.

2. GEOPOLÍTICA DOS OCEANOS E O POTENCIAL DA ENERGIA OCEÂNICA

Moacyr Araújo, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), apresentou uma abordagem voltada principalmente à dimensão geopolítica dos oceanos e às possibilidades de desenvolvimento de novas fontes de energia oceânica.

Na área energética, discutiu as limitações decorrentes da intermitência de fontes renováveis como solar e eólica e apresentou o oceano como uma possibilidade complementar. O Nordeste brasileiro foi destacado por suas condições particularmente favoráveis ao desenvolvimento de tecnologias oceânicas.

Entre essas tecnologias, recebeu destaque a *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC), baseada no aproveitamento da diferença de temperatura entre as águas superficiais mais quentes e as águas profundas mais frias. A configuração topográfica de determinadas áreas do Nordeste, onde águas profundas podem ocorrer relativamente próximas da costa, foi apontada como condição favorável à implantação desse tipo de tecnologia.

Foram mencionadas áreas de Pernambuco, Rio Grande do Norte, Alagoas e Bahia, além de Fernando de Noronha. O arquipélago recebeu atenção particular, inclusive pela possibilidade de desenvolvimento de iniciativas experimentais relacionadas ao aproveitamento do gradiente térmico oceânico. Também foi discutido o potencial de aproveitamento energético das correntes oceânicas.

A segunda dimensão da apresentação concentrou-se na geopolítica climática, incluindo referências aos diferentes modelos de responsabilização presentes nos acordos internacionais

sobre mudanças climáticas, particularmente nas discussões relacionadas ao Protocolo de Kyoto e ao Acordo de Paris.

Moacyr Araújo chamou atenção para a necessidade de considerar o papel dos oceanos na absorção de dióxido de carbono e discutiu a relevância das Zonas Econômicas Exclusivas (ZEE) no contexto das responsabilidades climáticas. Nessa perspectiva, as áreas marítimas sob jurisdição dos países possuem importância ambiental e climática e, ao mesmo tempo, exigem investimentos em conservação, pesquisa, fiscalização e monitoramento.

A exposição também abordou a necessidade de considerar as emissões históricas acumuladas, e não apenas as emissões atuais, nas discussões sobre responsabilidades climáticas internacionais. A questão foi relacionada às diferenças entre países industrializados e países em desenvolvimento.

Nesse contexto, ganhou destaque a Amazônia Azul, conceito associado à extensa área marítima brasileira e à sua relevância ambiental, econômica, científica e estratégica. A discussão apontou para a necessidade de ampliar o conhecimento sobre a contribuição dessas áreas para os balanços de carbono e para a regulação climática. Também foram levantadas questões relacionadas às transformações econômicas e tecnológicas contemporâneas, incluindo referência ao tecnofeudalismo, inserindo a discussão climática em um contexto mais amplo de poder, tecnologia, economia e relações internacionais.

3. RECIFES DE CORAL COMO SENTINELAS DO AQUECIMENTO OCEÂNICO

Beatrice Padovani, da UFPE, concentrou sua apresentação nos recifes de coral, destacando sua elevada sensibilidade às alterações ambientais e, particularmente, ao aquecimento dos oceanos. Os corais foram apresentados como uma espécie de “canário da mina”, expressão utilizada para demonstrar seu papel como indicadores precoces das mudanças ambientais. Por serem organismos altamente sensíveis às alterações de temperatura, mudanças em sua condição podem sinalizar transformações mais amplas nos ecossistemas marinhos.

A pesquisadora destacou a importância da simbiose para o funcionamento dos corais. Alterações prolongadas da temperatura podem comprometer essa relação e resultar em episódios de branqueamento, que constituem uma das manifestações mais evidentes dos efeitos do aquecimento oceânico.

Também apresentou uma perspectiva histórica do acompanhamento da saúde dos recifes. Na década de 1990, parte importante das preocupações estava relacionada aos efeitos de usos inadequados dos ambientes recifais e a outros impactos locais. A partir de 1995, o fortalecimento de redes globais de monitoramento permitiu ampliar a análise integrada e quantitativa da condição dos recifes.

Os dados de longo prazo apresentados indicaram períodos de relativa estabilidade e recuperação de determinados recifes, demonstrando a importância de medidas locais de conservação. Entretanto, essa trajetória passou a ser fortemente afetada pela intensificação do aquecimento global. Foi destacado o evento de branqueamento em massa de 2020, que marcou

uma alteração importante na situação anteriormente observada. Posteriormente, 2024 foi mencionado no contexto de um novo evento global de branqueamento.

Outro aspecto importante da exposição foi a chamada filtragem de espécies. Com a repetição e intensificação das ondas de calor marinhas, espécies mais sensíveis tendem a sofrer maior mortalidade, enquanto aquelas com maior tolerância às novas condições ambientais podem permanecer. Consequentemente, mesmo quando o recife continua existindo, sua composição biológica pode sofrer alterações profundas. A pesquisadora ressaltou que o impacto não depende exclusivamente da temperatura máxima alcançada. A duração da exposição ao calor é igualmente importante: quanto mais prolongado o período de temperaturas anormalmente elevadas, maior tende a ser o estresse sobre os organismos. Nesse contexto, destacou-se a necessidade de monitoramento de longo prazo. Séries históricas extensas são fundamentais para diferenciar variações naturais de tendências persistentes associadas às mudanças climáticas.

A apresentação reforçou que, embora ações locais de conservação continuem fundamentais, o aquecimento global constitui atualmente um dos principais fatores de ameaça aos recifes de coral. Também foi mencionada a expectativa relacionada às condições climáticas de 2026, especialmente no contexto da possível influência de eventos de grande escala como o El Niño, ponto que requer confirmação a partir dos dados apresentados no evento.

4. MANGUEZAIS, ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

Mário Luiz Gomes Soares, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), abordou os manguezais no contexto da emergência climática, articulando os processos ecológicos com suas dimensões políticas e sociais. Um dos principais aspectos apresentados foi a capacidade de migração dos manguezais em resposta às mudanças ambientais, particularmente à elevação do nível do mar. Registros de longo prazo demonstram que esses ecossistemas podem se deslocar e ocupar novas áreas quando existem condições espaciais adequadas. Entretanto, essa capacidade natural de adaptação pode ser comprometida pela urbanização, instalação de empreendimentos, infraestrutura e outras formas de ocupação das zonas costeiras. Dessa maneira, a vulnerabilidade dos manguezais não depende apenas da magnitude das mudanças climáticas, mas também das decisões humanas sobre o uso do território.

O debatedor também apresentou exemplos relacionados aos sistemas costeiros do Rio de Janeiro, mostrando como avaliações de vulnerabilidade podem mudar rapidamente quando áreas importantes para a futura migração dos manguezais são ocupadas. A discussão ressaltou a necessidade de que a gestão e a criação de Unidades de Conservação (UCs) considerem não somente os manguezais existentes, mas também as áreas de entorno necessárias à sua adaptação futura.

Outro elemento importante foi a experiência de formação de grupos de trabalho envolvendo pesquisadores e comunidades, aproximando a produção científica da formulação de políticas públicas. A participação dos pesquisadores nos processos políticos e nos espaços de tomada de

decisão foi apresentada como fundamental para transformar conhecimento em ações concretas.

Nesse contexto, foi destacado o ProManguezal, associado à construção de políticas voltadas à conservação dos manguezais e à incorporação das mudanças climáticas nas estratégias de redução da vulnerabilidade.

A apresentação também enfatizou que a vulnerabilidade possui simultaneamente dimensões ambientais e sociais. Comunidades que dependem diretamente dos ecossistemas costeiros podem ser particularmente afetadas pela degradação ambiental e pelas mudanças climáticas.

Por fim, foi apontado um desequilíbrio nos fluxos de financiamento climático destinados às diferentes frentes de enfrentamento da crise. A discussão ressaltou a necessidade de equilibrar investimentos entre a tríade mitigação, adaptação e conservação, evitando que uma dessas dimensões seja tratada de forma secundária.

5. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E BIODIVERSIDADE COSTEIRA E MARINHA

Margareth Copertino, da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), apresentou uma síntese abrangente sobre os efeitos das mudanças climáticas na biodiversidade costeira e marinha brasileira, reunindo dados provenientes de diferentes estudos, relatórios e iniciativas científicas. Sua exposição situou essas evidências no contexto da COP30 e dos trabalhos relacionados ao IPCC, ressaltando a quantidade significativa de conhecimento científico já produzido sobre a vulnerabilidade dos ecossistemas marinhos e costeiros.

Entre os dados apresentados, destacou-se a erosão costeira, com indicação de que aproximadamente 35% da costa brasileira sofreria processos erosivos, com destaque para o Nordeste. Como esse valor aparece nas anotações sem referência bibliográfica detalhada, é recomendável conferir o dado na apresentação ou no relatório utilizado pela pesquisadora antes de sua reprodução em documento oficial.

Outro processo destacado foi a tropicalização das comunidades marinhas, exemplificada por alterações na distribuição de peixes em resposta às mudanças de temperatura. Margareth Copertino chamou atenção para o aumento da frequência e intensidade das ondas de calor marinhas, relacionando-as à mortalidade crescente de organismos e a alterações na estrutura das comunidades. Foram mencionados dados relativos ao período 1982-2016, embora os valores específicos devam ser conferidos na fonte original. Também foram discutidos os efeitos da permanência prolongada das ondas de calor, as mudanças na distribuição de espécies, o avanço de espécies invasoras e o aumento da temperatura inclusive em águas profundas.

Os impactos sobre a pesca, especialmente a pesca artesanal, receberam destaque por suas consequências econômicas e sociais. As mudanças na distribuição e disponibilidade dos recursos pesqueiros podem afetar diretamente comunidades que dependem desses recursos para alimentação e geração de renda.

Além do aquecimento, foram discutidos processos de acidificação e desoxigenação (disóxia), que atuam conjuntamente e podem ampliar os impactos sobre organismos e ecossistemas. Os

manguezais foram novamente destacados, particularmente por sua capacidade de funcionar como importantes sumidouros e estoques de carbono, além de fornecer serviços relacionados à proteção costeira, manutenção da biodiversidade e sustentação de recursos pesqueiros.

Margareth Copertino ressaltou ainda a existência de inúmeros relatórios, artigos científicos e iniciativas nacionais que já sistematizam conhecimento suficiente para orientar políticas públicas. Assim, um dos principais desafios não está apenas em produzir novos diagnósticos, mas em fazer com que o conhecimento existente seja efetivamente incorporado à tomada de decisão.

Ao final, sua perspectiva foi caracterizada menos como pessimista e mais como realista diante da magnitude dos problemas identificados. A mensagem central foi a necessidade de continuar trabalhando para reduzir e minimizar os impactos, reconhecendo a urgência de transformações nas políticas climáticas e ambientais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, as contribuições apresentaram perspectivas complementares sobre o papel dos oceanos e das zonas costeiras na agenda climática. As apresentações evidenciaram três dimensões complementares do oceano diante da crise climática: o oceano é afetado pelas mudanças climáticas, desempenha papel fundamental na regulação do clima e integra as possibilidades de resposta à própria crise. Essa condição exige que a agenda oceânica seja incorporada de maneira mais efetiva às estratégias nacionais e internacionais de mitigação, adaptação e conservação. Outro elemento transversal foi a necessidade de monitoramento de longo prazo e financiamento científico contínuo. Recifes, manguezais, temperatura oceânica, circulação, biodiversidade e outros processos ambientais somente podem ser adequadamente avaliados por meio de séries históricas consistentes. A descontinuidade de programas compromete tanto a compreensão científica quanto a capacidade de antecipar riscos e formular políticas. Também houve convergência quanto à necessidade de aproximar ciência, sociedade e tomada de decisão. O conhecimento disponível precisa ser convertido em políticas públicas, planejamento territorial, conservação, inovação tecnológica e estratégias de adaptação. Nesse processo, a participação de comunidades costeiras e tradicionais deve ser reconhecida como parte da construção das respostas às mudanças climáticas.

A sessão reforçou, portanto, que o enfrentamento da crise climática requer uma abordagem integrada dos oceanos e das zonas costeiras, articulando ciência, inovação, conservação, justiça social, planejamento, financiamento e governança. Para o Brasil, essa agenda assume importância estratégica em razão da extensão de sua área marítima, de sua relação com o Atlântico Sul e da dependência econômica, ambiental e social de seus ecossistemas costeiros e marinhos.

SESSÃO 4

Biodiversidade, bioeconomia e soluções climáticas: evidências, limites e perspectivas pós-COP30

RELATORIA Sonaira Souza da Silva (Membro Afiliada da ABC – Universidade Federal do Acre)
DATA E LOCAL 14 de setembro de 2026 – Brasília (DF)

MENSAGENS-CHAVE RUMO À COP31

- Implementar soluções baseadas na natureza e integrar as agendas de clima e biodiversidade, indo além de uma abordagem centrada apenas no carbono
- Integrar a adaptação nas políticas públicas, uma vez que não é mais possível apenas mitigar as mudanças climáticas, e as soluções baseadas na natureza contribuem para essas duas frentes
- Combinar soluções baseadas na natureza com soluções tecnológicas para alcançar o "*net zero*" global, sempre em complemento, e nunca em substituição, à redução das emissões, sobretudo as de combustíveis fósseis
- Promover soluções sinérgicas às policrises, com ênfase em processos baseados na natureza e socialmente justos
- Divulgar e comunicar com a sociedade e tomadores de decisão sobre os resultados científicos e tecnologias já existentes e pensar conjuntamente em novas tecnologias para lidar com as mudanças climáticas
- Agir com urgência diante da emergência climática, com base na melhor ciência disponível, mesmo com as grandes lacunas científicas que ainda existem no Brasil e no mundo
- Ampliar o financiamento à ciência brasileira, pilar fundamental para enfrentar as mudanças climáticas, e garantir que seus resultados embasem a formulação de políticas públicas.

APRESENTAÇÃO

O debate "Biodiversidade, bioeconomia e soluções climáticas: evidências, limites e perspectivas pós-COP30", realizado em 14 de setembro de 2026, em Brasília, integrou a série "COP30: balanço crítico e lições para a ciência brasileira rumo à COP31", promovida pela Academia Brasileira de Ciências (ABC). A iniciativa teve como propósito refletir sobre os resultados alcançados, os desafios ainda existentes e, sobretudo, as contribuições que a ciência brasileira pode oferecer à agenda climática internacional no percurso entre a COP30 e a COP31.

Os resultados dos debates vão subsidiar a publicação da ABC a ser encaminhada também à representação brasileira na COP31.

As apresentações também evidenciaram que o Brasil já dispõe de conhecimento científico, tecnologias e experiências capazes de contribuir para a mitigação dos efeitos de mudanças climáticas e desenvolvimento de estratégias adaptação, mas ainda enfrenta desafios relacionados ao financiamento de longo prazo, às lacunas de conhecimento, à integração entre diferentes agendas ambientais e à transformação da produção científica em políticas públicas e soluções efetivamente implementadas.

Na abertura do encontro, foi destacada a necessidade de avançar na construção de um "mapa do caminho" capaz de conectar o conhecimento científico produzido no Brasil às discussões, às decisões e aos compromissos que deverão orientar a participação do país na COP31. O encontro foi contextualizado por eventos climáticos cada vez mais intensos: temperaturas extremas, episódios de seca e de inundação e seus efeitos sobre segurança hídrica, segurança alimentar, saúde, biodiversidade e qualidade de vida. Foi enfatizado que a participação da ciência brasileira nas conferências climáticas precisa avançar para além da apresentação de diagnósticos, contribuindo de maneira cada vez mais efetiva para a formulação de caminhos de implementação.

A mediadora do evento, Márcia Margis, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), realizou a apresentação dos palestrantes, e destacou a importância da ciência para brasileira para construção de soluções e consolidação de propostas da COP-30 e no avanço das negociações para a próxima COP-31.

1. CAMINHOS PARA O NET ZERO BRASILEIRO: O PAPEL CENTRAL DAS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

A discussão foi conduzida por Aline Soterroni, pesquisadora da Universidade de Oxford, vinculada à Nature-Based Solutions Initiative[1] e ao Oxford Net Zero[2]. Foi apresentado um breve balanço da COP30, realizada em Belém, na Amazônia brasileira, com destaque para: (1) a importância de colocar a natureza no centro da agenda climática, tema muitas vezes negligenciado nas discussões e negociações; (2) a necessidade de integrar as agendas de clima e biodiversidade, indo além de uma abordagem centrada somente no carbono; (3) a participação, recorde na história das COPs, de povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais, que estão na linha de frente da emergência climática, embora essa participação não tenha se traduzido proporcionalmente nas decisões; (4) a falta de consenso nas negociações sobre a transição para longe dos combustíveis fósseis, apesar do apoio de mais de 80 países à proposta de "mapas do caminho" apresentada pela presidência brasileira da COP30, um voltado à transição para longe dos combustíveis fósseis e outro para zerar e reverter o desmatamento; e (5) a insuficiência das NDCs (*Nationally Determined Contributions*), ou

[1] https://www.naturebasedsolutionsinitiative.org/
[2] https://netzeroclimate.org/

Contribuições Nacionalmente Determinadas, tanto pelo atraso na entrega quanto pela baixa ambição coletiva das metas diante do objetivo de limitar o aquecimento global a 1,5°C.

Também foram apresentadas as principais mensagens do mais recente relatório do PNUMA intitulado *"Limiting overshoot: navigating exceedance of 1.5°C and pathways towards return*[3]*".* O relatório alerta que o aquecimento global deverá ultrapassar o limite de 1,5°C (*overshoot*) em relação aos níveis pré-industriais nos próximos anos. Ainda há incerteza sobre o pico de aquecimento que pode ser atingido, quanto tempo esse *overshoot* pode durar e as chances de retorno a temperaturas abaixo de 1,5 °C. No entanto, o *overshoot* não deve ser motivo para desistir, mas um chamado para a ação urgente.

Neste contexto, foi destacada a urgência de alcançar o "*net zero*" (emissões líquidas zero), ou seja, reduzir ao máximo as emissões de gases de efeito estufa lançadas na atmosfera e equilibrar as emissões residuais com remoções promovidas por atividades humanas, seja por meio de Soluções baseadas na Natureza (SbN) ou de tecnologias. Uma das tecnologias com peso crescente nos cenários futuros de *net zero* é a bioenergia com captura e armazenamento de carbono; apesar de teoricamente possível, ela ainda não foi demonstrada em grande escala e tem alto custo. Outras soluções possíveis que podem ser postas em prática de forma mais rápida e menos custosa são as SbN, entre elas zerar o desmatamento, proteger ecossistemas não florestais como savanas e manguezais, restaurar a vegetação nativa e ampliar sistemas agrícolas mais diversos e sustentáveis, a exemplo dos sistemas agroflorestais.

As SbN[4] trazem benefícios que vão além da captura e armazenamento de carbono, como conservação da biodiversidade, adaptação e aumento da resiliência aos eventos climáticos extremos, segurança alimentar, manutenção de valores culturais e sociais, regulação térmica, defesa costeira, entre outros. Como já não é possível apenas mitigar as mudanças climáticas, as políticas públicas precisam integrar mitigação e adaptação, e as SbN são estratégicas justamente por contribuírem para as duas frentes ao mesmo tempo. Estudos científicos[5] mostram que, em escala global, as SbN têm um papel importante, mas respondem por uma parcela menor do potencial de mitigação necessário para atingir o *net zero*. No Brasil, onde o uso da terra, principalmente o desmatamento, e a agropecuária são as principais fontes de emissões, o papel das SbN é fundamental, podendo chegar a cerca de 80% da mitigação necessária para alcançar o *net zero* até 2050[6]. Nessa trajetória, a implementação plena do Código Florestal, uma legislação ambiental que desempenha papel estratégico na agenda climática, permitiria ao Brasil cumprir suas metas de curto prazo da NDC. Para chegar ao *net zero* em meados do século, porém, é preciso ir além das políticas existentes, zerando também o desmatamento legal e ampliando a restauração em larga escala para além da meta do Plano

[3] https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/unep-world-set-cross-15degc-global-warming-can-still-limit-adapt-and

[4] Getting the message right on nature-based solutions to climate change. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15513

[5] Nature-based solutions can help cool the planet — if we act now. https://www.nature.com/articles/d41586-021-01241-2

[6] Nature-based solutions are critical for putting Brazil on track towards net-zero emissions by 2050. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.16984

Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG). Mais do que contribuir para o cumprimento das metas da NDC, as SbN evidenciam a interdependência entre os setores produtivo-econômicos e a natureza, como no caso da agricultura no Cerrado, que depende de forma significativa das chuvas alimentadas pelos rios voadores da Amazônia. Dessa forma, um caminho para o *net zero* que priorize as SbN pode proporcionar ao país uma vantagem comparativa e competitiva perante o mundo, contribuindo para mitigar as mudanças climáticas globais e para aumentar a resiliência dos seus territórios e populações aos impactos de um aquecimento acima de 1,5°C.

Por fim, o papel central do Brasil na manutenção de um clima estável, tanto no país quanto no planeta, foi ressaltado. Só a floresta amazônica estoca mais de 250 bilhões de toneladas de carbono[7][8] e dificilmente haverá *net zero* global sem a Amazônia preservada. O país também possui vocação para liderar a agenda de sinergias entre clima e biodiversidade. Para isso, a ciência brasileira tem papel fundamental, tanto para informar tomadores de decisão quanto no avanço de novas pesquisas, e precisa ser mais apoiada e ouvida.

2. NAVEGANDO PELO NEXUS DAS POLICRISES: PROMOVENDO SOLUÇÕES SINÉRGICAS

A discussão foi conduzida por Jean Paul Metzger, professor da Universidade de São Paulo. Foi destacada a importância do contexto atual das negociações climáticas da última Conferência da Partes (COP) que ocorreu em Belém-Brasil, com pontos positivos: 1) a discussão sobre a urgência de afastamento dos combustíveis fosseis, redução do desmatamento e degradação florestal e a necessidade de financiamento climático; 2) multilateralismo e participação das comunidades indígenas e tradicionais e quilombolas para trazer soluções e não somente receber soluções (*bottom-up*); 3) ênfase na necessidade de adaptação à crise climática, para além da mitigação, com a definição de 59 indicadores para avaliar o avanço das iniciativas dos países. Entretanto, foram apontados pontos negativos: 1) A apresentação e construção do "mapa do caminho" foi discutido, mas não houve consenso para sua implementação; 2) As NDCs são insuficientes para manter o compromisso de redução emissões e evitar que o mundo aqueça mais que o 1,5 °C acima dos limites pré-industriais; 3) Ainda está incerto sobre como será a captação e alocação dos recursos para o financiamento climático.

Foi destacado o papel da restauração florestal no mundo, com destaque para o Brasil que é um dos principais *hotspots* (em particular no arco do desmatamento da Amazônia e na Mata Atlântica). Entretanto, é necessário considerar que a restauração também traz riscos e apresenta *trade-offs* (quando você ganha em um aspecto, mas assume custos ou riscos em outro), e que assim é necessário buscar soluções que ajam de forma sinérgica para as diferentes crises socioambientais[9]. Tecnologias postas atualmente como sustentáveis e como solução para crise climática (como bionergia, energia solar, hidroelétricas, reflorestamento em áreas

[7] 2024 Living Planet Report: A System in Peril. https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2024-10/living-planet-report-2024.pdf

[8] https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2024-10/living-planet-report-2024.pdf

[9] Overcoming the coupled climate and biodiversity crises and their societal impacts. https://www.science.org/doi/10.1126/science.abl4881?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

de vegetação campestre), podem trazer efeitos negativos para biodiversidade dos ecossistemas. É necessário buscar soluções que pensem de forma sinérgica sobre as várias crise planetárias (climáticas, biodiversidade, saúde pública, segurança alimentar, entre outros), pois em geral, as causas das crises são comuns, tem interdependência, interações, interligações, sinergias, que podem retroalimentar e potencializar essas crises [10].

O relatório Nexus da IPBES (oficialmente aprovado em dezembro de 2024 pela Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES)) propõe ações integradas para buscar soluções para policrises da biodiversidade, água, alimentos, saúde e mudanças climáticas. A proposta é integrar elementos como: reduzir o consumo de combustíveis fosseis, produzir alimento de forma sustentável, reduzir consumo, promover uma economia com desenvolvimento e bem-estar, conservar e restaurar áreas naturais, evitar a poluição e degradação ambiental, e promover tecnologia verdes, soluções baseadas na natureza e justiça ambiental.

Há desafio importante para construção de soluções baseadas na natureza que possam ser cocriadas conjuntamente pela comunidade científica, a sociedade e os governos, e que possam ser adequadas a cada território, considerando suas especificidades. Atualmente a produção científica mundial sobre soluções baseadas na natureza, mudanças climáticas e biodiversidade está concentrada na Europa[11]. O fortalecimento da ciência no Sul Global, em particular em regiões tropicais, é chave para termos soluções efetivas para as policrises mundiais.

A busca de soluções e negociações nas Conferências das Partes (COP) vinculadas às Nações Unidas, como as do clima, da biodiversidade e da desertificação, precisa ser mais sinérgica, com negociadores que transitem entre as COPs, gerando convergências e sinergias no enfrentamento das diferentes crises.

3. DA BIODIVERSIDADE ÀS SOLUÇÕES CLIMÁTICAS: O PAPEL INVISÍVEL DOS INSETOS

A discussão foi conduzida por Luisa Carvalheiro, da Universidade Federal de Goiás (UFG). Foi destacada a grande diversidade de insetos com mais de 90 mil espécies conhecidas para o Brasil, que influenciam diretamente a qualidade do ecossistema e capacidade deste de manter a qualidade climática, sendo a conservação dos insetos essenciais para a eficiência de soluções baseadas na natureza. Políticas públicas ambientais no Brasil, como Código florestal, buscam trazer equilíbrio entre a necessidade de espaços para produção agropecuária, e a conservação dos ambientes naturais em todos os biomas. No entanto, certas formações vegetais são menos protegidas que outras pela legislação ambiental vigente e, a manutenção da diversidade de insetos que está diretamente relacionada à diversidade de fitofisionomias em uma dada paisagem.

As análises sobre regulação climática atualmente são, em sua maioria, focadas em biomassa vegetal. Entretanto, para manter a qualidade ambiental e eficiência dos ecossistemas em

[10] IPBES Nexus Assessment. https://www.ipbes.net/nexus-assessment

[11] Nature-Based solutions, climate change, and biodiversity: A systematic review of opportunities and risks. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772411526000029?via%3Dihub

termos de regulação climática, é necessário mudar a lógica, e incluir diversidade de ecossistemas nos planos de manejo e políticas públicas. Para manter a diversidade dos ecossistemas é necessário manter a diversidade de insetos, fundamentais para processo de polinização, decomposição e reciclagem de nutrientes, base da cadeia alimentar, controle biológico, entre outros. Entretanto, é fato que há declínio observado a longo tempo das populações de insetos não somente no Brasil[12], mas em todo o mundo.

O reconhecimento do declínio de insetos e da sua importância para a manutenção da qualidade e quantidade dos ecossistemas é um passo importante, entretanto, observando os mapas de distribuição de informação sobre polinizadores (ex. Mapa de áreas estratégicas do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Insetos Polinizadores Ameaçados de Extinção, PAN) é evidente a falta de levantamentos sistemáticos sobre os insetos e seus atributos (tamanho dos insetos, nicho climático, tolerância às mudanças ambientais, população, entre outros) em algumas regiões do Brasil, em particular a região Centro-Oeste e Norte. A lacuna de informações gera desafios para a o desenvolvimento de estratégias e políticas públicas[13] , sendo necessário investimento em monitoramento de insetos e funções ecossistêmicas da biodiversidade em sua completude. Entretanto, essas limitações não devem impedir avanços nas discussões e negociações internacionais sobre biodiversidade e clima, uma vez que a integração e a utilização do conhecimento científico já disponível podem subsidiar decisões e orientar ações concretas.

4. AGRIZONE: CASA DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL NA COP-30

A discussão foi conduzida por Ana Euler, pesquisadora da Embrapa. Foi destacado a importância de tratar as três COPs lideradas pelas Nações Unidas de forma coordenada e sinérgicas para alcançar soluções para as policrises globais.

Ana Euler traz exemplo da experiência da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) na difusão de conhecimento sobre agricultura e participação da COP-30 com a Agrizone. Foi destacada o papel importante da agricultura para as negociações climáticas no âmbito da UNFCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima), uma vez que é necessário garantir a segurança alimentar global, pode auxiliar na mitigação com a incorporação de carbono no solo, e é um dos setores mais impactos pelos eventos climáticos extremos, necessitando de medidas de adaptação e resiliência climática.

O governo brasileiro consolidou a inserção formal e o protagonismo da agricultura nas negociações climáticas globais por meio da Declaração de Belém dos Líderes sobre Fome, Pobreza e Ação Climática Centrada nas Pessoas, adotada oficialmente na COP30 em Belém[14]. Esta consolidação foi fundamentada por: 1) Vínculo entre clima, fome e agricultura, devido a

[12] Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Insetos Polinizadores Ameaçados de Extinção. https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-insetos-polinizadores/1-ciclo/pan-insetos-polinizadores-portaria-aprovacao.pdf

[13] Challenges for Quantifying Knowledge Shortfalls on Tropical Pollinators in the Face of Global Environmental Change – Brazilian Bees as a Case Study. https://periodicos.uefs.br/index.php/sociobiology/article/view/11276

[14] https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/cop30

indissociação da ação climática, da justiça social e da segurança alimentar; 2) Defesa da "agricultura tropical sustentável", sendo este modelo de agricultura exemplo de solução global; e 3) Mecanismos globais de financiamento de mitigação e adaptação para agricultura sustentável e para recuperação de terras degradadas.

Há um desafio maior para construção de estratégias de mitigação e adaptação para agricultura do Brasil, mas também do sul global como todo, que é a falta de dados de longo tempo para construção de indicadores consistentes que revelem a região regional da agricultura tropical, que deem subsídios a políticas públicas e negociações nas COPs.

Mesmo com desafios sobre a necessidade de avançar na ciência de longo prazo, há exemplo científicos consistentes e que deve ser utilizado como base para políticas públicas e negociações climáticas. Entretanto, temos um desafio que é a comunicação da ciência com a sociedade e tomadores de decisão interna no Brasil e globalmente. Neste contexto, a Embrapa criou “Jornada pelo Clima” na COP-30 com a criação de espaço chamado Agrizone, que buscou criar o diálogo e expõe soluções tecnológicas, ciência validada e levantamento de demandas para construção de novas estratégias cientificas com fogo em agricultura e clima.

A Empresa apresentou na COP-30 tecnologias para a agricultura, sendo 122 vitrines vivas aos participantes presencialmente, e 225 tecnologias catalogadas em vitrine digital (www.embrapa.br/cop30), sendo um grande exemplo de experiência como solução a crise climática. Este é um modelo de divulgação cientifica que pode ser adaptada estrategicamente pelos governos nacionais pelo mundo, realizando um levantamento sistemático de soluções para clima realizada nos centros de pesquisa e universidades.

5. RESULTADOS ALCANÇADOS E CAPACIDADES JÁ EXISTENTES

As discussões realizadas no encontro evidenciaram que o Brasil dispõe de conhecimento científico, instrumentos de política pública, instituições de pesquisa e experiências concretas, além de uma rede de cientistas brasileiros atuando em instituições nacionais e internacionais, capazes de contribuir de forma substantiva para o enfrentamento das mudanças climáticas e policrises globais. Entre essas capacidades destaca-se o conhecimento acumulado sobre conservação e restauração dos ecossistemas, agricultura tropical, biodiversidade e serviços ecossistêmicos, bem como a crescente compreensão sobre as interações entre clima, biodiversidade, água, produção de alimentos e bem-estar humano.

O país dispõe de grande potencial de soluções baseadas na natureza capazes de gerar benefícios simultâneos para a mitigação, a adaptação e a conservação da biodiversidade, incluindo o combate ao desmatamento, a proteção de ecossistemas não florestais (como savanas, campos naturais, áreas úmidas e manguezais), a restauração da vegetação nativa e a adoção de sistemas agrícolas mais diversos e sustentáveis. A implementação de instrumentos já existentes, como o Código Florestal e o PLANAVEG, representa importante oportunidade para aproximar o Brasil de seus compromissos climáticos, ao mesmo tempo em que podem produzir benefícios para a biodiversidade, a segurança alimentar, a regulação hídrica, a resiliência dos territórios e para os modos de vida das populações que deles dependem.

A ciência brasileira também dispõe de instituições com capacidade de desenvolver, testar e disseminar soluções tecnológicas. A experiência da Embrapa na COP30, por meio da Agrizone e de suas vitrines tecnológicas, demonstrou a existência de um amplo conjunto de tecnologias relacionadas à agricultura sustentável e à adaptação e mitigação das mudanças climáticas, assim como a possibilidade de aproximar conhecimento científico, setor produtivo, gestores públicos e sociedade.

A realização da COP30 no Brasil também ampliou a visibilidade internacional da Amazônia, da biodiversidade brasileira, dos povos indígenas e comunidades tradicionais e da agricultura tropical. O desafio rumo à COP31 é converter essa visibilidade e o conhecimento já disponível em implementação, políticas públicas, financiamento e resultados mensuráveis.

6. DESAFIOS REMANESCENTES

Foi possível identificar desafios que permanecem centrais para ampliar a contribuição da ciência brasileira à agenda climática:

- Superar a centralidade do carbono - As estratégias climáticas precisam incorporar a biodiversidade, o funcionamento dos ecossistemas, a água, a segurança alimentar, a saúde, os aspectos sociais e a capacidade de adaptação, reconhecendo que a estabilidade climática depende da integridade dos sistemas naturais.
- Integrar mitigação e adaptação - Embora a mitigação permaneça indispensável, os impactos das mudanças climáticas já estão ocorrendo. Políticas públicas e investimentos precisam incorporar de maneira mais consistente estratégias de adaptação e aumento da resiliência dos territórios e das populações.
- Evitar soluções isoladas e potenciais *trade-offs* - Tecnologias apresentadas como soluções climáticas podem gerar impactos negativos sobre a biodiversidade, o uso da terra, a água, os alimentos ou as comunidades. É necessário avaliar seus efeitos de forma sistêmica e priorizar soluções capazes de produzir benefícios sinérgicos. Além disso, as remoções de carbono, naturais ou tecnológicas, devem complementar, e não substituir, a redução de emissões.
- Integrar as agendas das diferentes convenções internacionais - Clima, biodiversidade e desertificação continuam sendo discutidos em arenas institucionais relativamente separadas, apesar da forte interdependência entre essas agendas. A construção de respostas às policrises exige maior articulação entre ciência, políticas públicas e negociações internacionais.
- Preencher lacunas de conhecimento e ampliar séries de longo prazo - Permanecem insuficientes os dados sobre diversos componentes da biodiversidade, especialmente em regiões tropicais e sobre grupos menos estudados, como muitas espécies de insetos. Também faltam séries temporais capazes de representar adequadamente a diversidade regional da agricultura tropical e dos ecossistemas brasileiros.

- Fortalecer a ciência produzida nos territórios - A produção científica sobre soluções baseadas na natureza e mudanças climáticas permanece geograficamente desigual. Países e regiões que abrigam grande parte da biodiversidade global precisam ampliar sua capacidade de produzir conhecimento adequado às suas próprias condições ambientais e sociais, valorizando também os conhecimentos tradicionais e a cooperação com cientistas brasileiros que atuam no exterior.
- Transformar conhecimento disponível em implementação - Em diversas áreas, parte importante das soluções já é conhecida, e muitos instrumentos já existem, como a Lei da Proteção da Vegetação Nativa, cuja implementação plena ainda não foi alcançada. O desafio não consiste somente em produzir novos conhecimentos, mas também em criar condições institucionais, econômicas e políticas para colocá-los em prática.
- Fortalecer a interface entre ciência e tomada de decisão - Existe uma distância entre o conhecimento produzido pelas universidades e instituições de pesquisa e sua apropriação pela sociedade, pelos setores produtivos, pelos formuladores de políticas e pelos negociadores das conferências climáticas. Reduzir essa distância exige, por um lado, melhorar a comunicação científica e, por outro, criar mecanismos institucionais que garantam que as evidências científicas sejam ouvidas e incorporadas às decisões, além de processos de coprodução de conhecimento entre cientistas, gestores e comunidades.
- Garantir financiamento contínuo e estratégico para ciência, tecnologia e inovação - A emergência climática exige manter pesquisas de longo prazo, redes de monitoramento, infraestrutura científica, além de formar e reter recursos humanos qualificados no país. Interrupções no financiamento à ciência brasileira comprometem séries históricas e capacidades difíceis de reconstruir, e ampliam lacunas importantes de conhecimento que afetam decisões presentes e futuras.

7. CONTRIBUIÇÕES E PRIORIDADES DA CIÊNCIA BRASILEIRA RUMO À COP31

Foram identificadas prioridades capazes de ampliar a contribuição da ciência brasileira para a agenda climática internacional.

- **Colocar a natureza no centro das estratégias climáticas**

  A ciência brasileira pode produzir e sintetizar evidências sobre o papel crucial das florestas, savanas, áreas úmidas, manguezais, sistemas agrícolas e demais ecossistemas para além dos estoques de carbono, contribuindo para identificar sinergias entre mitigação, adaptação, conservação da biodiversidade, segurança hídrica e alimentar e os modos de vida de povos e comunidades tradicionais.

- **Ampliar a implementação de soluções baseadas na natureza**

  Zerar o desmatamento, restaurar ecossistemas florestais e não florestais, amplificar sistemas agroflorestais, e reconhecer os territórios de povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais são exemplos de soluções baseadas na natureza que devem ser fortalecidas a partir de evidências científicas, considerando

simultaneamente seus benefícios climáticos, ecológicos e sociais e os contextos específicos de cada território. No Brasil, as soluções baseadas na natureza podem responder por cerca de 80% da mitigação necessária para alcançar o *net zero* até 2050.

- **Integrar mitigação, adaptação e conservação da biodiversidade**

  As estratégias brasileiras rumo à COP31 devem buscar soluções que contribuam simultaneamente para a redução das emissões, a ampliação das remoções de carbono, a conservação da biodiversidade e o fortalecimento da capacidade de adaptação das populações e dos sistemas produtivos.

- **Incorporar a abordagem das policrises**

  Clima, biodiversidade, água, saúde, segurança alimentar e desenvolvimento econômico apresentam causas e consequências interligadas. A ciência pode contribuir para identificar essas conexões, antecipar *trade-offs* e desenvolver soluções sinérgicas capazes de responder simultaneamente a diferentes dimensões das policrises.

- **Fortalecer o conhecimento sobre biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos**

  É necessário ampliar inventários, monitoramento e pesquisas de longo prazo sobre grupos biológicos ainda insuficientemente conhecidos. Insetos e outros organismos fundamentais à polinização, decomposição, ciclagem de nutrientes, controle biológico e funcionamento dos ecossistemas precisam ganhar maior espaço nos sistemas de monitoramento ambiental e climático.

- **Desenvolver indicadores que ultrapassem as métricas de carbono**

  A avaliação das políticas climáticas e das soluções baseadas na natureza deve incorporar indicadores de biodiversidade, integridade dos ecossistemas, adaptação, segurança alimentar, qualidade ambiental e benefícios sociais, permitindo uma análise mais abrangente de seus resultados.

- **Consolidar uma agenda científica para a agricultura tropical sustentável**

  O Brasil possui condições para ampliar sua contribuição científica sobre adaptação da agricultura às mudanças climáticas, redução de emissões, recuperação de áreas degradadas, carbono no solo, sistemas produtivos diversificados e segurança alimentar. Para isso, são necessárias séries de dados de longo prazo que representem a diversidade dos sistemas produtivos e das condições regionais brasileiras.

- **Sistematizar e comunicar as soluções científicas já disponíveis**

  A experiência da Agrizone demonstra a importância de organizar e tornar acessíveis as tecnologias existentes. Uma iniciativa nacional de identificação, avaliação e divulgação de soluções científicas para a mitigação e a adaptação poderia ampliar a utilização do conhecimento produzido por universidades, institutos de pesquisa e demais instituições brasileiras.

- **Estabelecer financiamento estratégico e de longo prazo para a ciência climática**

  O enfrentamento das mudanças climáticas exige continuidade institucional, infraestrutura científica, formação de pesquisadores e manutenção de séries de longo prazo. O financiamento da ciência deve ser compreendido como componente estruturante da política climática brasileira.

- **Aproximar ciência, políticas públicas e negociações internacionais**

  A comunidade científica brasileira, incluindo quem atua no exterior, pode contribuir de forma mais sistemática para a construção das posições nacionais nas Conferências das Partes, produzindo sínteses, indicadores e recomendações acessíveis aos negociadores e formuladores de políticas. Isso exige também mecanismos institucionais permanentes de diálogo, que garantam que essas contribuições sejam incorporadas às decisões.

- **Agir com o conhecimento disponível enquanto se reduzem as lacunas científicas**

  A existência de incertezas e lacunas de conhecimento não deve impedir a implementação de ações sustentadas por evidências científicas robustas já disponíveis. A emergência climática exige combinar a produção contínua de novos conhecimentos com capacidade de ação imediata.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O debate evidenciou que enfrentar as mudanças climáticas exige ampliar a perspectiva tradicional centrada predominantemente no carbono, sem reduzir a prioridade de cortar as emissões, sobretudo as de combustíveis fósseis e do desmatamento. Clima, biodiversidade, água, agricultura, segurança alimentar, saúde e desenvolvimento constituem dimensões interdependentes de uma mesma crise e, consequentemente, demandam respostas integradas. Nesse contexto, as soluções baseadas na natureza assumem posição estratégica não apenas por sua capacidade de contribuir para a mitigação, mas também pelos benefícios associados à conservação da biodiversidade, à adaptação, à segurança alimentar, à regulação hídrica, à resiliência dos territórios e aos modos de vida de povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais.

O Brasil ocupa posição relevante nessa agenda. Sua diversidade de ecossistemas, sua capacidade científica e tecnológica, a experiência acumulada em agricultura tropical e restauração ambiental, os conhecimentos de seus povos originários e comunidades tradicionais, e a existência de políticas e instrumentos de proteção da vegetação. As soluções baseadas na natureza podem responder por cerca de 80% da mitigação necessária para o *net zero* brasileiro até 2050, desde que se vá além das políticas existentes. O país, portanto, não parte do zero. Existem potencial natural, conhecimentos, tecnologias e experiências capazes de orientar ações imediatas, mesmo que persistam lacunas relevantes que precisam continuar sendo investigadas.

Ao mesmo tempo, o debate mostrou que nenhuma solução isolada será suficiente. Ações climáticas precisam ser avaliadas também pelos seus efeitos sobre biodiversidade, água, produção de alimentos, territórios e populações. Avançar rumo à COP31 implica substituir abordagens fragmentadas por uma visão sistêmica, capaz de identificar sinergias entre diferentes objetivos e reduzir os riscos de soluções que resolvam um problema enquanto ampliam outros.

Essa perspectiva também exige maior aproximação entre ciência, sociedade e tomada de decisão. O conhecimento científico precisa ser traduzido em instrumentos acessíveis, indicadores, tecnologias, políticas públicas e estratégias de implementação, e são necessários mecanismos institucionais que garantam que esse conhecimento seja considerado na tomada de decisão. Experiências como a Agrizone demonstram a importância de tornar visíveis e acessíveis as soluções já desenvolvidas pela ciência brasileira, enquanto as lacunas identificadas em áreas como biodiversidade, sobretudo de grupos ainda pouco estudados como os insetos, agricultura tropical e monitoramento de longo prazo indicam onde novos investimentos devem ser direcionados.

Rumo à COP31, uma das principais contribuições da ciência brasileira pode ser justamente conectar essas dimensões: produzir conhecimento onde ele ainda é insuficiente; implementar com urgência aquilo que as evidências já permitem fazer; integrar mitigação e adaptação; aproximar clima e biodiversidade; avaliar conjuntamente benefícios e riscos das soluções; e fortalecer o diálogo entre ciência, territórios, políticas públicas e negociações internacionais.

Nesse percurso, o financiamento permanente da ciência constitui elemento estruturante. A capacidade brasileira de responder à emergência climática dependerá tanto da manutenção e ampliação de sua infraestrutura científica quanto da formação de novas gerações de pesquisadores e da consolidação de pesquisas de longo prazo. Mais do que produzir diagnósticos sobre a crise climática, a ciência brasileira pode contribuir para transformar conhecimento em caminhos concretos de implementação, oferecendo à COP31 evidências, soluções e experiências compatíveis com a urgência e a complexidade dos desafios contemporâneos.

SESSÃO 5

Mudanças climáticas e saúde humana: riscos crescentes e respostas possíveis

RELATORIA Bruna Aparecida Souza Machado (Membro Afiliada da ABC – SENAI Cimatec)
DATA E LOCAL 22 de setembro de 2026 – Rio de Janeiro (RJ)

1. APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

O encontro "Mudanças climáticas e saúde humana: riscos crescentes e respostas possíveis" foi realizado em 22 de setembro de 2026, na Academia Brasileira de Ciências (ABC), como parte das discussões de continuidade da agenda climática após a COP30 e preparação para a COP31. O evento reuniu pesquisadores e especialistas para discutir os impactos das mudanças climáticas sobre a saúde, os desafios para a ciência e as possibilidades de resposta capazes de antecipar riscos, reduzir vulnerabilidades e fortalecer a adaptação dos sistemas de saúde.

As apresentações evidenciaram que os impactos das mudanças climáticas já se manifestam nos territórios, afetando mortalidade, morbidade, saúde mental, segurança hídrica e alimentar, ocorrência de eventos extremos e dinâmica de doenças infecciosas[15]. Esses impactos, contudo, não se distribuem de forma uniforme, sendo influenciados pelas condições sociais, ambientais e econômicas e com a capacidade de resposta das instituições e dos sistemas de saúde[16].

A partir desse cenário, as discussões do encontro buscaram o deslocamento da pergunta sobre "o que as mudanças climáticas poderão causar à saúde" para uma questão mais complexa e urgente: como transformar a evidência científica disponível em capacidade concreta de antecipação, adaptação e proteção da saúde?

Essa perspectiva atravessou as apresentações sobre calor extremo e eventos climáticos, capacidade adaptativa das cidades, emergência e reemergência de arboviroses e diplomacia climática. Em conjunto, elas reforçaram que conhecer o risco é necessário, mas não suficiente: é preciso compreender onde ele se materializa, quem está mais exposto e quais capacidades devem ser fortalecidas para agir antes que ocorram danos.

[15]Romanello, M. *et al.* The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet* 402, 2346–2394 (2023).

[16]Lee, H. & Romero, J. Climate Change 2023 Synthesis Report IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team. 35–115 (2023) doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SAÚDE HUMANA: DIFERENTES ESCALAS DE UM MESMO PROBLEMA

2.1 A emergência climática já produz efeitos sobre a saúde

A apresentação da pesquisadora Helen Gurgel (UnB e Ministério da Saúde) destacou que as mudanças climáticas já representam uma ameaça concreta à saúde no Brasil. O desafio científico envolve identificar os impactos em curso e antecipar aqueles que podem se intensificar. Essa compreensão converge com a literatura internacional, que registra o agravamento de indicadores de risco climático para a saúde e ressalta a necessidade de acelerar a adaptação, a vigilância e a prevenção[17].

Um dos exemplos apresentados foi o impacto do calor extremo sobre a mortalidade. Segundo estudo epidemiológico coordenado no âmbito de iniciativas envolvendo Ciência&Clima, ProAdapta, Fiocruz e Instituto de Saúde Coletiva da UFBA, foram estimados aproximadamente 120 mil óbitos associados ao calor extremo no Brasil entre 2000 e 2019, dos quais cerca de 97 mil ocorreram entre pessoas com 65 anos ou mais[18]. O dado evidencia a dimensão do problema e, simultaneamente, a importância de compreender a distribuição social e etária dos riscos[19].

O calor extremo, contudo, constitui apenas uma das dimensões desse problema. Secas podem comprometer a disponibilidade de água, agravar a insegurança alimentar, alterar condições de transmissão de doenças e afetar a saúde mental. Inundações podem causar lesões, ampliar a exposição a agentes infecciosos, provocar deslocamentos e traumas psicológicos e interromper serviços essenciais. Incêndios e queimadas deterioram a qualidade do ar, com repercussões respiratórias e cardiovasculares. Alterações ambientais também podem modificar a distribuição de vetores, hospedeiros e agentes infecciosos, favorecendo a emergência ou reemergência de doenças. Esses impactos interconectam ambiente, determinantes sociais e capacidade de resposta dos sistemas de saúde[20].

A diversidade e a interconexão desses impactos exigem, portanto, que o problema seja compreendido como um sistema de riscos, e não como um conjunto de eventos isolados. A relação entre ameaça, exposição, vulnerabilidade e capacidade de resposta determina a magnitude dos efeitos observados em cada território. Essa perspectiva também encontra respaldo no 2025 *Lancet Countdown Latin America Report*, que documenta o aumento da

[17]Romanello, M. *et al.* The 2025 report of the Lancet Countdown on health and climate change: climate change action offers a lifeline. *Lancet* 406, 2804–2857 (2025).

[18]Brasil & Ministério da Ciência, T. e I. SAÚDE E ONDAS DE CALOR: Mortalidade, morbidade e implicações para o SUS no Brasil. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/saude-e-ondas-de-calor/publicacao_defeso/saude-e-ondas-de-calor_-mortalidade-morbidade-e-implicacoes-para-o-sus-no-brasil_defeso.pdf (2026).

[19]Brasil & Ministério da Ciência, T. e I. SAÚDE E ONDAS DE CALOR: Mortalidade, morbidade e implicações para o SUS no Brasil. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/saude-e-ondas-de-calor/publicacao_defeso/saude-e-ondas-de-calor_-mortalidade-morbidade-e-implicacoes-para-o-sus-no-brasil_defeso.pdf (2026).

[20]Romanello, M. *et al.* The 2025 report of the Lancet Countdown on health and climate change: climate change action offers a lifeline. *Lancet* 406, 2804–2857 (2025).

FLOSS, M. *The Lancet Countdown on Health and Climate Change Recomendações Para Políticas de Saúde No Brasil*. (2022).

Hartinger, S. M. *et al.* The 2025 Lancet Countdown Latin America report: moving from promises to equitable climate action for a prosperous future. *The Lancet Regional Health - Americas* 52, (2025).

exposição da população latino-americana ao calor extremo e a eventos climáticos, bem como o crescimento dos riscos associados às doenças infecciosas[21]. O relatório chama atenção ainda para a ocorrência simultânea ou consecutiva de diferentes ameaças, como secas, ondas de calor e incêndios, que podem produzir efeitos combinados e dificultar a recuperação das populações afetadas[22].

Assim, as mudanças climáticas não constituem uma variável externa ao campo da saúde. Ela passa a atuar sobre os determinantes ambientais e sociais da saúde e sobre a própria capacidade de funcionamento dos sistemas responsáveis pela proteção da população.

2.2 Território, vulnerabilidade e desigualdade

A importância do território foi outro eixo transversal às discussões. Os riscos climáticos se materializam em espaços onde condições ambientais, sociais, econômicas e institucionais se combinam de formas distintas. A pesquisadora Gabriela Di Giulio (USP) destacou que saúde e ambiente devem ser compreendidos a partir dos lugares onde as pessoas vivem e das desigualdades que condicionam sua exposição e capacidade de resposta.

A análise de mais de 5.000 municípios brasileiros utilizou um Índice de Adaptação Urbana com dimensões relacionadas à habitação, mobilidade, produção local de alimentos, gestão ambiental e resposta a riscos climáticos. Os resultados revelaram diferenças expressivas nas capacidades adaptativas e mostraram que a existência de instrumentos institucionais não assegura, por si só, preparação equivalente[23]. A adaptação precisa considerar as necessidades e capacidades específicas de cada território, em consonância com evidências regionais sobre a heterogeneidade dos riscos e das respostas subnacionais[24].

Essa heterogeneidade limita a aplicação uniforme de políticas de adaptação: municípios diferem em infraestrutura, organização dos serviços, capacidade institucional, exposição, condições ambientais e perfil socioeconômico. As estratégias, portanto, precisam ser orientadas pelas características e necessidades de cada território.

Como ressaltou a Helen Gurgel, não existe um único “risco climático para a saúde” no Brasil. Um mesmo evento pode produzir consequências distintas conforme a população exposta, as condições sociais e ambientais e a capacidade instalada. A análise territorial permite, assim, relacionar a localização dos riscos às populações afetadas e aos recursos disponíveis para responder.

[21]Hartinger, S. M. *et al.* The 2025 Lancet Countdown Latin America report: moving from promises to equitable climate action for a prosperous future. *The Lancet Regional Health - Americas* 52, (2025).

[22]Hartinger, S. M. *et al.* The 2025 Lancet Countdown Latin America report: moving from promises to equitable climate action for a prosperous future. *The Lancet Regional Health - Americas* 52, (2025).

[23]Di Giulio, G. M. *et al.* Advancing adaptation of highly heterogeneous urban contexts for improved distributive climate justice: an analysis of specific and generic adaptive capacities of Brazilian cities. *Sustain. Cities Soc.* 130, (2025).

[24]Lee, H. & Romero, J. Climate Change 2023 Synthesis Report IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team. 35–115 (2023) doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

2.3 Das mudanças ambientais à emergência de doenças

A apresentação do pesquisador Pedro Vasconcelos (Instituto Evandro Chagas) abordou a relação entre transformações ambientais, mudanças climáticas e emergência ou reemergência de arboviroses. Alterações no uso do solo, desmatamento, urbanização não planejada, grandes obras, circulação de pessoas e animais e mudanças nas populações de vetores e hospedeiros podem modificar os sistemas ecológicos que sustentam ciclos de transmissão. Estudos sobre a Amazônia brasileira documentam associações entre essas transformações e a emergência ou reemergência de arbovírus e outros vírus zoonóticos, reforçando a importância da preservação dos ecossistemas e da vigilância integrada[25]. Importante destacar que, se a mudança territorial ajuda a compreender onde os riscos se concentram e como as vulnerabilidades se distribuem, a discussão sobre arboviroses evidencia como essas condições também podem alterar os sistemas ecológicos e epidemiológicos.

A experiência do Instituto Evandro Chagas (IEC), no Pará, ilustra a diversidade viral amazônica e a relevância da pesquisa para a saúde pública. Décadas de investigação permitiram analisar milhares de amostras e identificar centenas de tipos de vírus, incluindo agentes isolados pela primeira vez no Brasil e outros ainda desconhecidos. Parte deles está associada a doenças humanas ou episódios epidêmicos, o que reforça a importância da vigilância virológica[26].

As alterações nos ecossistemas podem modificar as relações entre vírus, vetores, hospedeiros e populações humanas, favorecendo novos ciclos de transmissão. Na Amazônia, desmatamento, expansão econômica, abertura de estradas, mineração, agropecuária e incêndios transformam ambientes e interações ecológicas relevantes para a circulação de agentes infecciosos[27]. Compreender esses processos é essencial para fortalecer a vigilância, antecipar riscos e orientar a prevenção.

As mudanças climáticas atuam em conjunto com essas transformações. Temperatura, precipitação e disponibilidade de criadouros podem interferir na densidade dos vetores e na transmissão viral; por isso, a relação entre aquecimento e incidência de doenças não é linear, mas depende de interações ecológicas e sociais. Estudos sobre a Amazônia urbanizada mostram que clima, eventos extremos, uso da terra e urbanização podem atuar conjuntamente sobre a transmissão de arboviroses[28].

---

[25]Martins, L. C. *et al.* Risk factors for emerging, re-emerging, and newly recognized arboviruses and zoonotic viruses in Brazilian amazon. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 19, (2025).

Lowe, R. *et al.* Emerging arboviruses in the urbanized Amazon rainforest. *BMJ* 371, (2020).

Ellwanger, J. H. *et al.* Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *An. Acad. Bras. Cienc.* 92, (2020).

[26]Martins, L. C. *et al.* Risk factors for emerging, re-emerging, and newly recognized arboviruses and zoonotic viruses in Brazilian amazon. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 19, (2025).

Vasconcelos, P. F. *et al.* Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cad. Saude Publica* 17 Suppl, 155–164 (2001).

[27]Vasconcelos, P. F. *et al.* Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cad. Saude Publica* 17 Suppl, 155–164 (2001).

[28]Lowe, R. *et al.* Emerging arboviruses in the urbanized Amazon rainforest. *BMJ* 371, (2020).

Naveca, F. G. *et al.* Human outbreaks of a novel reassortant Oropouche virus in the Brazilian Amazon region. *Nat. Med.* 30, 3509–3521 (2024).

Essa perspectiva amplia a vigilância para além da identificação de casos e surtos já estabelecidos. Investigar conjuntamente vírus, hospedeiros, vetores e transformações ambientais pode ajudar a reconhecer condições favoráveis à emergência de doenças antes que ocorram surtos ou epidemias[29]. A experiência brasileira em virologia, epidemiologia, ecologia, genômica e vigilância constitui uma base relevante, cujo potencial depende da integração entre áreas e da conversão do conhecimento em informações úteis à tomada de decisão.

2.4 Ciência, vigilância e antecipação

A transformação de dados científicos em capacidade de antecipação foi um dos principais pontos de convergência do encontro. Helen Gurgel destacou a importância de integrar informações climáticas e ambientais às condições de exposição e vulnerabilidade para orientar a atuação do Sistema Único de Saúde (SUS). O monitoramento de eventos climáticos precisa ser interpretado em conjunto com dados sociais, demográficos e territoriais e conectado aos serviços responsáveis pela proteção da saúde[30]. Um alerta de calor é mais útil quando permite identificar grupos expostos, serviços potencialmente sobrecarregados e medidas preventivas. O mesmo princípio vale para doenças infecciosas, cuja vigilância deve combinar informações epidemiológicas, ambientais e ecológicas[31].

Essa necessidade de integração também foi evidenciada pelo 2025 *Lancet Countdown Latin America*, mencionado anteriormente neste documento, cujas análises ressaltam a importância de fortalecer a articulação entre dados climáticos e sanitários, instituições e serviços de saúde. O relatório aponta oportunidades para ampliar o uso de projeções climáticas de longo prazo no planejamento estratégico e destaca a relevância de serviços climáticos orientados à saúde, capazes de apoiar a preparação e a tomada de decisão[32]. No contexto brasileiro, a articulação de informações climáticas, ambientais, socioeconômicas e epidemiológicas constitui uma base importante para o monitoramento dos riscos e o desenvolvimento de sistemas de alerta, mas sua efetividade depende da incorporação dessas capacidades aos processos de planejamento e gestão nos diferentes níveis de governo[33]. Desse modo, ciência e vigilância devem atuar de forma complementar: enquanto a pesquisa contribui para compreender os mecanismos e padrões associados aos riscos, a vigilância acompanha sua evolução nos territórios e subsidia decisões, cabendo às políticas públicas converter essas informações em medidas concretas de proteção da saúde.

[29]Martins, L. C. *et al.* Risk factors for emerging, re-emerging, and newly recognized arboviruses and zoonotic viruses in Brazilian amazon. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 19, (2025).

[30]FLOSS, M. *The Lancet Countdown on Health and Climate Change Recomendações Para Políticas de Saúde No Brasil*. (2022).

[31]Romanello, M. *et al.* The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet* 402, 2346–2394 (2023).

Zhao, Q. *et al.* Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study. *Lancet Planet. Health* 5, e415–e425 (2021).

[32]Hartinger, S. M. *et al.* The 2025 Lancet Countdown Latin America report: moving from promises to equitable climate action for a prosperous future. *The Lancet Regional Health - Americas* 52, (2025).

[33]Romanello, M. *et al.* The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet* 402, 2346–2394 (2023).

Nesse contexto, consolidar essa capacidade exige aproximar diferentes áreas do conhecimento e fortalecer o diálogo entre pesquisa e gestão pública. A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade são fundamentais para abordar processos ambientais, sociais, epidemiológicos e institucionais de forma integrada. A participação de profissionais das secretarias de saúde e de atores que atuam nos territórios ajuda a identificar necessidades locais, compreender obstáculos à implementação e reconhecer estratégias adequadas a cada realidade. A pesquisa orientada ao território pressupõe diálogo com os atores locais e incorporação de suas experiências ao planejamento e à decisão[34].

3. DA RESPOSTA À ADAPTAÇÃO: UM NOVO PAPEL PARA A CIÊNCIA

Outro eixo central foi a necessidade de superar a resposta restrita a eventos extremos e avançar para a adaptação dos sistemas de saúde e dos territórios. Conforme destacou Helen Gurgel, a preparação antecipa efeitos, a adaptação promove mudanças para reduzir riscos futuros e a transformação enfrenta condições estruturais de vulnerabilidade. Para o SUS, isso implica preparar equipes, adequar infraestruturas, estabelecer protocolos e incorporar riscos climáticos ao planejamento cotidiano, fortalecendo a prevenção e a continuidade dos serviços.

O AdaptaSUS, apresentado como instrumento nacional para implementar a agenda de adaptação do setor saúde, representa um avanço na incorporação desses desafios ao planejamento e à gestão do SUS[35]. Com 27 metas e 93 ações em áreas como vigilância, atenção à saúde, promoção, educação e ciência, tecnologia e inovação, o plano busca orientar a preparação de serviços e equipes e a adequação de políticas e infraestruturas às realidades territoriais.

A perspectiva de Helen Gurgel converge com a de Paulo Buss (Fiocruz), que situou a adaptação na agenda de saúde global e diplomacia climática. O fortalecimento de sistemas resilientes depende de evidências e planejamento, mas também de financiamento, cooperação institucional, continuidade das políticas e articulação entre níveis de governo.

A efetividade dessas iniciativas depende de superar a distância entre a formulação de planos e sua implementação. Isso exige recursos, prioridades claras, coordenação institucional e mecanismos de avaliação, considerando as desigualdades territoriais e as diferentes capacidades locais[36]. A adaptação deve ser avaliada não apenas pela existência de planos ou protocolos, mas também por sua contribuição para reduzir riscos, proteger populações vulneráveis e manter serviços essenciais durante eventos extremos[37].

[34]Lee, H. & Romero, J. Climate Change 2023 Synthesis Report IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team. 35–115 (2023) doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

[35]Brasil, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Ministério da Ciência, T. e I. & Ministério da Saúde. Plano Setorial de Saúde – AdaptaSUS. https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia-ambiental/plano-setorial-de-saude-adaptasus.pdf (2025).

[36]Ebi, K. L., Boyer, C., Bowen, K. J., Frumkin, H. & Hess, J. Monitoring and Evaluation Indicators for Climate Change-Related Health Impacts, Risks, Adaptation, and Resilience. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15, (2018).

[37]World Health Organization. Operational framework for building climate resilient and low carbon health systems. 1–56 (2023).

A ciência da adaptação precisa, portanto, ir além da previsão de impactos e contribuir para identificar riscos e grupos afetados, avaliar intervenções e acompanhar seus efeitos. Isso requer integrar conhecimentos científicos e experiências territoriais e criar condições institucionais, financeiras e políticas para transformar evidências em ações. A articulação entre preparação do setor saúde, governança e cooperação evidencia que a proteção da saúde exige capacidade técnica e continuidade política.

4. SAÚDE, EQUIDADE E JUSTIÇA CLIMÁTICA

A equidade constituiu um eixo transversal às diferentes apresentações, evidenciando que os impactos das mudanças climáticas não se distribuem de maneira homogênea, mas se sobrepõem a desigualdades sociais e territoriais preexistentes. Populações mais expostas, com maior suscetibilidade ou menor acesso a recursos e serviços de proteção tendem a enfrentar consequências mais intensas.

Gabriela Di Giulio destacou a relação entre emergência climática, pobreza e desigualdades, enquanto seu estudo sobre os municípios brasileiros demonstrou a heterogeneidade das capacidades adaptativas e a necessidade de formular estratégias compatíveis com as condições específicas de cada território[38]. Helen Gurgel reforçou essa perspectiva ao apontar que políticas voltadas à redução do risco médio podem não proteger adequadamente os grupos mais vulneráveis, razão pela qual a equidade deve ser incorporada ao planejamento das ações de adaptação.

As apresentações do Pedro Vasconcelos e do Paulo Buss ampliaram essa discussão ao relacionar, respectivamente, as transformações ambientais e a circulação de agentes infecciosos aos desafios da vigilância em saúde, e a necessidade de cooperação, governança e implementação de políticas na agenda global de clima e saúde. Na Amazônia, alterações nos ecossistemas podem modificar a dinâmica de vetores, hospedeiros e agentes infecciosos, com consequências que dependem também das condições de vida e da capacidade local de prevenção e resposta[39].

Nesse contexto, a justiça climática não diz respeito apenas à distribuição desigual dos impactos, mas também à participação na definição das respostas, ao acesso aos recursos necessários à adaptação e à distribuição dos benefícios das políticas públicas. Pensar a relação entre clima e saúde exige, portanto, considerar conjuntamente as condições de moradia, mobilidade, saneamento, alimentação, qualidade ambiental e acesso aos serviços, reconhecendo os territórios como espaços onde se articulam riscos, desigualdades e capacidades institucionais.

[38]Di Giulio, G. M. *et al.* Advancing adaptation of highly heterogeneous urban contexts for improved distributive climate justice: an analysis of specific and generic adaptive capacities of Brazilian cities. *Sustain. Cities Soc.* 130, (2025).

[39]Martins, L. C. *et al.* Risk factors for emerging, re-emerging, and newly recognized arboviruses and zoonotic viruses in Brazilian amazon. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 19, (2025).

5. AMAZÔNIA: CIÊNCIA, SAÚDE E RESPONSABILIDADE BRASILEIRA

A discussão sobre equidade e justiça climática encontra na Amazônia um território particularmente relevante, não apenas por sua importância ambiental, mas também por sua relevância sanitária e científica. A região reúne elevada diversidade biológica e abriga processos ecológicos fundamentais para compreender a emergência e a circulação de agentes infecciosos, ao mesmo tempo que enfrenta intensas transformações ambientais. O desmatamento, a abertura de estradas, a mineração, a expansão agropecuária, a construção de barragens e outras alterações dos ecossistemas podem modificar as relações entre hospedeiros, vetores e agentes infecciosos, ampliando as oportunidades de contato entre populações humanas e ciclos zoonóticos[40].

A apresentação de Pedro Vasconcelos evidenciou a importância da pesquisa realizada na Amazônia para identificar e caracterizar arbovírus e compreender os processos de emergência e reemergência de doenças, demonstrando como o conhecimento científico acumulado na região contribui para a vigilância de riscos que podem ultrapassar seus limites geográficos[41]. Essa perspectiva reforça que a Amazônia deve ser compreendida não apenas como uma pauta ambiental, mas também como uma questão estratégica de saúde pública e segurança sanitária, o que exige fortalecer os centros de pesquisa locais, ampliar a participação de cientistas que atuam na própria região e incorporar os conhecimentos dos povos originários, cuja relação histórica com os ecossistemas pode contribuir para uma compreensão mais abrangente desses territórios[42].

A dimensão amazônica também ultrapassa as fronteiras brasileiras, tornando a cooperação científica e sanitária entre os países sul-americanos fundamental para enfrentar riscos compartilhados. Nesse sentido, a agenda da Amazônia rumo à COP31 representa uma oportunidade para articular biodiversidade, mudanças climáticas, saúde, vigilância de doenças infecciosas, conservação ambiental e desenvolvimento territorial, com valorização da ciência produzida na região e fortalecimento das capacidades locais de resposta[43]. Essa abordagem integrada converge com as discussões sobre adaptação e justiça climática, que ressaltam a importância de considerar as especificidades territoriais, as capacidades institucionais e as desigualdades na formulação de políticas[44] , e com a perspectiva do GEO-7, que destaca as interdependências entre mudanças ambientais, biodiversidade, sistemas sociais e bem-estar humano[45].

[40]Martins, L. C. *et al.* Risk factors for emerging, re-emerging, and newly recognized arboviruses and zoonotic viruses in Brazilian amazon. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 19, (2025).

[41]Vasconcelos, P. F. *et al.* Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cad. Saude Publica* 17 Suppl, 155–164 (2001).

[42]Lee, H. & Romero, J. Climate Change 2023 Synthesis Report IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team. 35–115 (2023) doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

[43]World Health Organization (WHO). Delivering the Belém Health Action Plan COP30 SPECIAL REPORT ON HEALTH AND CLIMATE CHANGE. http://apps.who.int/bookorders. (2025).

[44]Di Giulio, G. M. *et al.* Advancing adaptation of highly heterogeneous urban contexts for improved distributive climate justice: an analysis of specific and generic adaptive capacities of Brazilian cities. *Sustain. Cities Soc.* 130, (2025).

[45]UNEP UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Global Environment Outlook 7: A future we choose – Why investing in Earth now can lead to a trillion-dollar benefit for all. *Global Environment Outlook 7: A future we choose – Why*

6. PRINCIPAIS DESAFIOS PARA A CIÊNCIA BRASILEIRA RUMO À COP31

As contribuições do encontro apontam desafios para a ciência brasileira que vão além da produção de evidências: integrar conhecimentos, aproximar ciência e território, fortalecer a vigilância e converter resultados científicos em políticas capazes de reduzir vulnerabilidades e proteger a saúde.

Um primeiro desafio é superar a fragmentação disciplinar e fortalecer abordagens interdisciplinares e transdisciplinares, pois os impactos climáticos envolvem processos ambientais, ecológicos, epidemiológicos, sociais e institucionais. Como ressaltou Paulo Buss, a participação de gestores, profissionais de saúde e atores territoriais aproxima a pesquisa das condições concretas de implementação e ajuda a formular respostas adequadas às necessidades locais.

Outro desafio é integrar a produção científica aos sistemas de vigilância e à tomada de decisão, combinando informações climáticas, ambientais, epidemiológicas e socioeconômicas. Para doenças infecciosas, isso requer articulação entre vigilância epidemiológica e laboratorial, estudos ecológicos e ferramentas moleculares e genômicas, como evidenciado por Pedro Vasconcelos. Essas capacidades dependem de redes de pesquisa, infraestrutura e compartilhamento de dados, especialmente nos territórios mais expostos[46].

Também é necessário desenvolver uma ciência da adaptação orientada à implementação e à avaliação. A preparação dos serviços e o fortalecimento institucional não podem se limitar à resposta a emergências ou à existência formal de planos. A apresentação de Paulo Buss ressaltou a necessidade de transformar compromissos internacionais em ações, articulando ciência, governança, financiamento e cooperação. Essa discussão ganha particular importância diante do legado da COP30, realizada em Belém, e do Plano de Ação de Belém para a Saúde[47], que colocou a adaptação dos sistemas de saúde no centro da agenda climática internacional. O desafio rumo à COP31 será avançar na implementação desses compromissos, assegurando que se traduzam em medidas efetivas nos países e, no Brasil, nos estados, municípios e territórios indígenas.

Dentro desse contexto, a equidade deve orientar essa agenda, considerando a distribuição desigual dos riscos e das capacidades de resposta. A avaliação precisa identificar quais grupos permanecem vulneráveis, quais medidas reduzem efetivamente sua exposição e se os recursos e serviços de proteção chegam às populações mais expostas. Essa abordagem exige aproximar a produção científica das experiências e necessidades dos territórios.

---

investing in Earth now can lead to a trillion-dollar benefit for all https://doi.org/10.59117/20.500.11822/49014 (2025) doi:10.59117/20.500.11822/49014.

[46]Martins, L. C. *et al.* Risk factors for emerging, re-emerging, and newly recognized arboviruses and zoonotic viruses in Brazilian amazon. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 19, (2025).

Brasil, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Ministério da Ciência, T. e I. & Ministério da Saúde. Plano Setorial de Saúde – AdaptaSUS. https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia-ambiental/plano-setorial-de-saude-adaptasus.pdf (2025).

[47]World Health Organization (WHO). Delivering the Belém Health Action Plan COP30 SPECIAL REPORT ON HEALTH AND CLIMATE CHANGE. http://apps.who.int/bookorders. (2025).

A sustentabilidade dessas capacidades exige financiamento contínuo, formação de recursos humanos, manutenção de infraestrutura laboratorial e de vigilância e cooperação nacional e internacional. A preparação para a COP31 oferece, nesse sentido, uma oportunidade para consolidar os avanços impulsionados em Belém e fortalecer uma ciência capaz de conectar evidência, território, implementação e avaliação.

7. DA COP30 À COP31: DA EVIDÊNCIA À IMPLEMENTAÇÃO

Os desafios identificados no encontro ganham dimensão internacional quando relacionados ao processo iniciado na COP30, realizada em Belém. A discussão apresentada por Paulo Buss situou a saúde no centro da agenda climática, destacando a necessidade de articular produção científica, compromissos internacionais, cooperação e implementação.

Conforme mencionado anteriormente, o *2025 Lancet Countdown Latin America Report*, reúne evidências sobre a exposição ao calor extremo, eventos climáticos adversos e riscos associados a doenças infecciosas, além de apontar lacunas na adaptação dos sistemas de saúde[48]. Seus 41 indicadores, acompanhados em 17 países, revelam diferenças territoriais na exposição e na efetividade das respostas. O relatório também destaca a experiência brasileira em políticas de adaptação, o papel do Observatório de Clima e Saúde da Fiocruz e desafios de financiamento, coordenação intersetorial, implementação subnacional e monitoramento[49]. Esses achados reforçam que a existência de evidências e instrumentos de planejamento não garantem, por si sós, a implementação efetiva.

O Plano de Ação em Saúde de Belém, lançado durante a COP30, em parceria com a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), ampliou a visibilidade da saúde na agenda climática internacional, com ênfase na adaptação e em sistemas resilientes e sustentáveis. Sua implementação requer governança, financiamento, execução e avaliação. No Brasil, o AdaptaSUS contribui para essa agenda ao incorporar riscos climáticos ao planejamento do SUS, preparar serviços e equipes e ampliar a capacidade de antecipar impactos e reduzir danos evitáveis.

A implementação desses compromissos exige abordagem intersetorial, pois a proteção da saúde não depende apenas dos serviços sanitários. Água e saneamento, qualidade do ar, segurança alimentar, habitação, mobilidade, planejamento urbano, proteção ambiental e gestão territorial influenciam a exposição e a vulnerabilidade. O setor saúde precisa, portanto, articular suas ações com os demais setores e níveis de governo, considerando as particularidades e capacidades de cada território.

A experiência brasileira também evidencia a importância de conectar compromissos internacionais às capacidades construídas nos territórios. A integração entre ciência, vigilância e gestão permitem transformar informações climáticas, ambientais, epidemiológicas e

[48]Hartinger, S. M. *et al.* The 2025 Lancet Countdown Latin America report: moving from promises to equitable climate action for a prosperous future. *The Lancet Regional Health - Americas* 52, (2025).

[49]Hartinger, S. M. *et al.* The 2025 Lancet Countdown Latin America report: moving from promises to equitable climate action for a prosperous future. *The Lancet Regional Health - Americas* 52, (2025).

socioeconômicas em instrumentos de planejamento e resposta. No campo das doenças infecciosas, as capacidades desenvolvidas em pesquisa, vigilância laboratorial e caracterização molecular e genômica demonstram o potencial dessa integração[50], conforme destacou o Pedro Vasconcelos.

A implementação também depende de financiamento contínuo, capacidade institucional e avaliação. Como a adaptação exige planejamento de médio e longo prazo e eventos extremos demandam respostas imediatas, são necessários mecanismos de acompanhamento que avaliem tanto a execução quanto os efeitos das medidas sobre a proteção da saúde. A equidade deve orientar essa avaliação, verificando se as ações alcançam as populações mais expostas[51] .

A cooperação internacional é indispensável porque mudanças climáticas, eventos extremos e circulação de agentes infecciosos ultrapassam fronteiras. Como ressaltou Paulo Buss, nenhum país enfrenta isoladamente a crise climática. A diplomacia da saúde e a colaboração científica precisam apoiar políticas executáveis, com responsabilidades definidas e recursos adequados.

A COP31 poderá dar continuidade à agenda impulsionada pela COP30, avançando da afirmação da saúde como prioridade climática para mecanismos efetivos de implementação[52] . Para o Brasil, isso significa articular sua experiência científica e institucional aos compromissos internacionais, valorizando adaptação, equidade, cooperação e conhecimento produzido na Amazônia.

“Da evidência à implementação” sintetiza, assim, um dos principais desafios para a ciência brasileira rumo à COP31. A produção de conhecimento precisa ser incorporada à vigilância, ao planejamento, ao financiamento, às políticas públicas e à avaliação. O desafio é assegurar que as evidências orientem decisões e se convertam em respostas efetivas, equitativas e sustentáveis.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões realizadas na Academia Brasileira de Ciências (ABC) evidenciaram que as mudanças climáticas já constituem um desafio concreto para a saúde pública. O Brasil dispõe de evidências sobre seus impactos na mortalidade, morbidade, saúde mental, segurança hídrica e alimentar, serviços de saúde e dinâmica das doenças infecciosas. Esse quadro converge com as avaliações do 2025 *Lancet Countdown*, que documentam o agravamento de riscos à saúde em escala global e latino-americana[53].

[50]Lee, H. & Romero, J. Climate Change 2023 Synthesis Report IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team. 35–115 (2023) doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

World Health Organization (WHO). Delivering the Belém Health Action Plan COP30 SPECIAL REPORT ON HEALTH AND CLIMATE CHANGE. http://apps.who.int/bookorders. (2025).

[51]Ebi, K. L., Boyer, C., Bowen, K. J., Frumkin, H. & Hess, J. Monitoring and Evaluation Indicators for Climate Change-Related Health Impacts, Risks, Adaptation, and Resilience. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15, (2018).

[52]WHO. Climate Change and Health at COP31. https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/climate-change-and-health/advocacy-partnerships/talks/health-at-cop31 (2026).

[53]Romanello, M. *et al.* The 2025 report of the Lancet Countdown on health and climate change: climate change action offers a lifeline. *Lancet* 406, 2804–2857 (2025).

Os impactos não se distribuem uniformemente: sua intensidade depende das condições climáticas e ambientais, das características territoriais, das desigualdades sociais e da capacidade institucional de resposta. Compreender essa diversidade exige identificar quem está exposto, quais serviços podem ser afetados e quais medidas são capazes de prevenir danos e fortalecer a adaptação.

As apresentações abordaram essas questões de forma complementar: as discussões sobre calor e eventos extremos ressaltaram a preparação dos serviços; a análise da capacidade adaptativa destacou as condições territoriais e institucionais; os estudos sobre arboviroses mostraram como alterações ambientais podem modificar sistemas ecológicos e a dinâmica das doenças; e a perspectiva da saúde global enfatizou cooperação, financiamento, governança e implementação. Em conjunto, os debates reforçaram a necessidade de conectar diferentes escalas e áreas de conhecimento para responder aos riscos climáticos.

Proteger a saúde em um clima em transformação requer preparar os serviços, atuar sobre determinantes ambientais e sociais, reduzir vulnerabilidades e reconhecer as particularidades territoriais. A equidade deve orientar tanto a produção do conhecimento quanto as medidas de adaptação, considerando as populações mais expostas e as diferentes capacidades de resposta.

A ciência brasileira possui papel estratégico na caracterização dos impactos, no desenvolvimento de métodos para antecipar riscos, na avaliação da adaptação e no subsídio às políticas públicas. Isso requer integrar clima, ambiente e saúde, fortalecer a vigilância, assegurar continuidade do financiamento e aproximar pesquisadores, gestores e profissionais do SUS, além de ampliar a produção de conhecimento nos territórios.

A Amazônia ocupa lugar central nesse esforço. Sua biodiversidade, seus processos ambientais e a dinâmica de doenças infecciosas tornam essencial fortalecer a pesquisa e a vigilância na região, valorizar o conhecimento produzido localmente e ampliar a colaboração científica nacional e internacional.

A COP30 ampliou a visibilidade da saúde na agenda climática internacional. O percurso até a COP31 representa uma oportunidade para avançar na implementação dos compromissos, fortalecendo financiamento, governança, avaliação e participação territorial e incorporando a saúde continuamente ao planejamento climático nos diferentes níveis de governo.

Uma mensagem sintetizou o sentido da agenda: conhecer o risco não é suficiente. O conhecimento científico precisa orientar decisões em tempo oportuno, antecipar eventos, prevenir adoecimentos e reduzir danos evitáveis. Isso requer articulação permanente entre evidência, vigilância, planejamento e adaptação, com atenção à equidade e às especificidades territoriais.

O percurso entre a COP30 e a COP31 traduz, assim, um desafio mais amplo: aproximar ciência e política pública, passando da identificação dos riscos à construção de respostas efetivas. A

Hartinger, S. M. *et al.* The 2025 Lancet Countdown Latin America report: moving from promises to equitable climate action for a prosperous future. *The Lancet Regional Health - Americas* 52, (2025).

contribuição da ciência brasileira será essencial para integrar conhecimentos, apoiar decisões e fortalecer as condições institucionais de proteção da saúde diante das mudanças climáticas.

SESSÃO 6

Povos indígenas, comunidades tradicionais e justiça climática

RELATORIA Paulo Cruz Terra (Membro Afiliado da ABC – Universidade Federal Fluminense)
DATA E LOCAL 22 de outubro de 2026 – São Paulo (SP)

1. APRESENTAÇÃO

O Simpósio "Povos indígenas, comunidades tradicionais e justiça climática", realizado em 22 de outubro de 2026 na Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), integrou as atividades da Academia Brasileira de Ciências voltadas à reflexão sobre os legados da COP30 e à construção de caminhos para a COP31. O encontro reuniu perspectivas das ciências sociais, da educação, do direito e da pesquisa socioambiental para discutir como a crise climática afeta de maneira desigual povos indígenas, quilombolas e outras comunidades tradicionais, bem como o papel desses povos na formulação de respostas.

O evento contou com a participação da socióloga Andréa Zhouri, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e ex-presidente da Associação Brasileira de Antropologia (ABA). O filósofo Gersen Baniwa foi outro palestrante, tendo coordenado a área de educação escolar indígena na Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e no Ministério da Educação (MEC), além de ser uma das lideranças por trás do projeto da Universidade Federal Indígena (Unind). Já Thais Santi é procuradora do Ministério Público Federal (MPF), tendo atuado junto aos povos indígenas e tradicionais de Altamira, Pará, durante a construção da hidrelétrica de Belo Monte. Por fim, a bióloga Patricia Pinho, diretora de pesquisa do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), cujos estudos se concentram nos sistemas socioecológicos e integram os conhecimentos tradicionais como soluções para a sustentabilidade.

A sessão abordou que a crise climática não pode ser tratada apenas como um problema ambiental ou técnico, pois envolve direitos, equidade, democracia e justiça. As populações que menos contribuíram para o agravamento da crise estão entre as mais expostas aos seus impactos, embora detenham conhecimentos fundamentais sobre territórios, biodiversidade e modos de vida sustentáveis. As apresentações e o debate abordaram a produção política dos desastres, os limites dos modelos convencionais de ciência e desenvolvimento, a garantia de direitos territoriais, as vulnerabilidades socioecológicas na Amazônia e a necessidade de construir formas de pesquisa e formação comprometidas com a pluralidade de conhecimentos.

2. JUSTIÇA CLIMÁTICA, DIREITOS E DESIGUALDADES HISTÓRICAS

Na abertura, a presidente da ABC, Helena Nader, ressaltou que os efeitos da crise climática são distribuídos de forma desigual e atingem com especial intensidade povos indígenas,

comunidades tradicionais e populações historicamente marginalizadas. Esses grupos, embora tenham contribuído relativamente pouco para o problema, guardam conhecimentos relevantes para a conservação dos territórios e para a construção de respostas sustentáveis. O diálogo entre ciência e conhecimentos tradicionais, portanto, precisa ocorrer com respeito à diversidade de perspectivas, à autonomia dos povos e aos seus direitos.

Nader salientou ainda que ciência e conhecimento tradicional devem dialogar com respeito à diversidade de perspectivas, à autonomia dos povos e aos seus direitos. A presidenta da ABC finalizou reforçando a necessidade de uma ciência comprometida com a sociedade, capaz de produzir evidências, orientar políticas públicas e contribuir para decisões que promovam um futuro mais justo e sustentável.

3. DESASTRES, JUSTIÇA CLIMÁTICA E OS TERRITÓRIOS TRADICIONAIS

Andréa Zhouri situou o debate a partir de décadas de pesquisas sobre políticas ambientais, grandes empreendimentos e seus efeitos sobre povos e comunidades tradicionais. Sua experiência com os desastres associados à mineração em Minas Gerais, incluindo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, foi mobilizada para mostrar que esses eventos não se limitam ao momento visível da ruptura, da enchente ou da catástrofe. Muitas vezes, os desastres são o resultado de um processo prolongado, formado por decisões políticas e institucionais, padrões de exploração e omissões que criam condições para o evento crítico.

Essa compreensão é importante para a agenda climática: observar apenas fenômenos atmosféricos ou geológicos pode ocultar as relações sociais e políticas que ampliam a exposição ao risco. A vulnerabilidade é construída ao longo do tempo por desigualdades, ausência de políticas públicas e modelos de desenvolvimento que concentram benefícios e distribuem danos de maneira desigual.

Zhouri integra a Rede de Pesquisa Territórios e Meio Ambiente (Rede TEMA), articulada por pesquisadoras e pesquisadores de diferentes universidades públicas e que lançou um manifesto durante a COP 30 alertando para os impactos de políticas energéticas sobre povos indígenas, tradicionais e quilombolas. A Rede Tema tem estudado conflitos ligados à expansão de grandes empreendimentos e, entre os casos mencionados, estiveram fazendas solares no norte de Minas Gerais, mineração de lítio no Vale do Jequitinhonha, exploração de minerais considerados estratégicos na Amazônia e em Minas Gerais, hidrelétricas nos rios Madeira, Xingu e Tocantins, monoculturas de palma, cana-de-açúcar e eucalipto, além da expansão da exploração de petróleo e gás, inclusive na Foz do Amazonas.

Esses exemplos indicam, segundo a pesquisadora, uma contradição central das políticas de transição energética: iniciativas apresentadas como soluções climáticas podem reproduzir práticas de expropriação territorial quando ignoram os direitos, os conhecimentos e a participação das populações locais. A transição energética não será justa se mantiver intocados os padrões de produção e consumo e transferir seus custos para comunidades que já enfrentam desigualdades históricas.

Zhouri apontou que a Rede Tema tem reafirmado que “as soluções para o colapso ambiental e climático exigem considerar a proteção dos territórios tradicionais e regularização fundiária e autonomia em sua gestão, reconhecimento das múltiplas formas de habitar, produzir e proteger os territórios”. Envolve ainda o fortalecimento dos sistemas agrícolas tradicionais, bem como o respeito aos direitos fundamentais e inegociáveis dos povos e comunidades tradicionais indígenas. Além disso, a pesquisadora ressalta a importância da valorização das terras indígenas quilombolas, de povos tradicionais, como dispositivos de proteção da natureza.

A pesquisadora enfatizou que a justiça climática começa nos territórios tradicionais. Assim, ela alerta que não há justiça climática sem garantia dos direitos territoriais de povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais. A proteção jurídica de um território é indispensável, mas não suficiente: é necessário assegurar as condições para a continuidade dos modos de vida, das relações comunitárias, das práticas culturais e dos conhecimentos que sustentam esses territórios.

4. EDUCAÇÃO, TRANSFORMAÇÃO SOCIAL E PLURALISMO EPISTÊMICO

Gersen Baniwa afirmou que a educação é uma dimensão estratégica para enfrentar a crise climática e transformar as relações entre sociedade, ciência e natureza. Para Baniwa, não basta ampliar a circulação de informações: é necessário construir uma formação humana capaz de enfrentar a ignorância sobre os modos de vida indígenas, quilombolas e tradicionais e de reconhecer que existem outros caminhos possíveis de organização social.

Essa formação humana não deve ser entendida como um processo de adaptação compulsória a um único modelo de modernidade. Em comunidades indígenas, a educação pode precisar fortalecer a língua, a ancestralidade, a memória e os valores coletivos, em vez de apresentar a mudança como abandono das tradições. A crítica alcança também a educação científica convencional, que muitas vezes não incorpora de modo central os conhecimentos e as experiências dos povos que vivem diretamente as transformações socioambientais.

O palestrante defendeu o fortalecimento da pesquisa realizada por indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais e a divulgação pública dos resultados. Tornar conhecidas suas experiências é uma forma de enfrentar estereótipos coloniais e ampliar o repertório social de respostas à crise. Pesquisa, publicação, comunicação e formação devem, portanto, estar conectadas e contar com apoio institucional contínuo.

Outro ponto importante foi a proposta de Baniwa de uma reflexão crítica sobre os limites do modelo científico e universitário dominante. Embora reconheça que a ciência moderna produziu avanços importantes e contribuiu para melhorar as condições de vida, ele argumentou que sua institucionalização como forma exclusiva de conhecimento válido restringiu a capacidade de compreender outras experiências e modos de existência. A crítica não foi apresentada como negação da ciência, mas como um convite à sua transformação e à abertura ao pluralismo epistêmico.

Um dos pontos destacados foi a assimetria que frequentemente marca a pesquisa com povos indígenas: pesquisadores externos definem perguntas, procedimentos e critérios de validação, enquanto os próprios povos precisam solicitar autorização para pesquisar suas comunidades ou veem seus conhecimentos subordinados a protocolos concebidos fora de seus contextos culturais. O desafio, segundo ele, é avançar de um reconhecimento abstrato dos conhecimentos indígenas para sua promoção efetiva, garantindo condições para que pesquisadores indígenas, quilombolas e de comunidades tradicionais desenvolvam e divulguem suas próprias pesquisas.

A discussão sobre pluralismo epistêmico foi relacionada também à organização das universidades. Baniwa criticou a fragmentação disciplinar, a centralidade da avaliação numérica e o peso da burocracia sobre a experiência de estudantes e docentes. Segundo sua reflexão, esses mecanismos podem produzir ambientes desumanizadores, pouco atentos às condições concretas de vida e às necessidades dos estudantes indígenas. A proposta de uma Universidade Federal Indígena foi mencionada como experiência em construção, baseada no diálogo entre conhecimentos e em uma concepção intercultural e intercientífica. A iniciativa foi descrita como um espaço para repensar a estrutura universitária, incluindo a rigidez das disciplinas e a dependência de notas numéricas, de modo a construir processos formativos mais adequados às realidades dos estudantes e às necessidades coletivas.

5. DIREITOS, ATUAÇÃO INSTITUCIONAL E EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS

A procuradora da República Thais Santi apresentou reflexões derivadas de sua atuação em Altamira, no Pará, e do acompanhamento de conflitos relacionados à construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Sua experiência mostrou como os impactos de grandes empreendimentos se prolongam para além da fase de implantação e se acumulam sobre comunidades que já enfrentam dificuldades de acesso a direitos e serviços públicos.

A discussão sobre água foi apresentada como exemplo concreto da interdependência entre a crise climática, a infraestrutura, a saúde e os direitos territoriais. A falta de acesso à água, a alteração das condições dos rios e os efeitos sobre a pesca não podem ser compreendidos apenas como questões ambientais, pois afetam a alimentação, a saúde, as práticas culturais, a autonomia e a possibilidade de permanência nos territórios. As mudanças climáticas, segundo ela, somam-se a vulnerabilidades sociais preexistentes, agravando situações de privação.

Santi ressaltou a importância de aproximar instituições jurídicas e científicas. O conhecimento produzido por comunidades pode ganhar maior capacidade de incidência quando articulado a monitoramentos, estudos técnicos e evidências construídas em parceria com pesquisadores. A experiência citada sobre os efeitos de Belo Monte sobre peixes e condições de vida mostrou o valor de reunir observações locais e investigação científica para produzir documentação capaz de subsidiar a atuação institucional. A ciência pode contribuir para tornar visíveis impactos que, isoladamente, são frequentemente desconsiderados, enquanto as experiências territoriais ajudam a definir quais perguntas precisam ser investigadas e quais efeitos são relevantes para a vida cotidiana.

Santi ressalta, no entanto, que a cooperação não deve substituir a voz das comunidades, mas fortalecê-la. A procuradora relatou que um efeito nefasto de Belo Monte foi causar a diáspora da população ribeirinha, que foi expulsa sem nenhum reconhecimento da territorialidade, da tradicionalidade. Diante do desafio de obter mais informações sobre quem eles eram ou para onde tinham ido, contou com o apoio de um projeto da SBPC coordenado por Manuela Carneiro da Cunha, titular da ABC. A recomendação da SBPC naquele momento era que não cabia a ela dizer quem eram os ribeirinhos, e sim ser criado um conselho de pares para que eles se autoidentificassem, reconhecessem o seu território e que depois escolhessem como iriam viver naquele lugar. Esse Conselho Ribeirinho é, segundo ela, uma importante esfera de resistência da população local.

A procuradora afirmou que o processo de criação do Conselho Ribeirinho a levou a reinterpretar o papel do MPF nesses processos. Segundo ela, o MPF não deve ser protagonista, mas coadjuvante, e garantir que a população local possa falar, que eles não sejam silenciados e humilhados.

6. VULNERABILIDADES SOCIOECOLÓGICAS E IMPACTOS CLIMÁTICOS NA AMAZÔNIA

A pesquisadora Patrícia Pinho abordou a Amazônia como um sistema socioecológico em que processos ecológicos, condições sociais, saúde, alimentação, cultura e governança estão profundamente conectados. As mudanças climáticas não atuam isoladamente, pois se combinam com o desmatamento, o fogo, a exploração econômica, conflitos territoriais, fragilidade institucional e desigualdades no acesso a políticas públicas.

Pinho destacou os riscos de desestabilização dos sistemas socioecológicos e a possibilidade de pontos de inflexão, em que pressões acumuladas podem produzir mudanças rápidas e difíceis de reverter. Os efeitos incluem deslocamentos forçados, aumento da incidência de doenças, perda de biodiversidade e de plantas utilizadas na medicina tradicional, insegurança alimentar, erosão cultural e enfraquecimento da coesão comunitária. Secas extremas, enchentes e incêndios podem se suceder ou se combinar, comprometendo as condições de existência e as perspectivas de futuro.

A pesquisadora também chamou a atenção para a relação entre a exploração da floresta, a violência e a vulnerabilidade social. A distribuição dos impactos não é aleatória, tendo em vista que municípios submetidos a diferentes formas de exploração e pressão territorial podem apresentar condições sociais particularmente graves. Por isso, o monitoramento ambiental deve dialogar com indicadores sociais e de governança, evitando uma leitura da Amazônia restrita à cobertura florestal ou a variáveis biofísicas.

Pinho apontou que a proteção ambiental, nessa perspectiva, depende da valorização dos conhecimentos locais e da participação efetiva das comunidades na formulação das respostas. O conhecimento tradicional não deve, segundo ela, ser tratado como complemento decorativo à ciência, mas como parte relevante da compreensão dos sistemas e da elaboração de estratégias de adaptação.

7. DA COP30 À COP31: COMPROMISSOS PARA A CIÊNCIA BRASILEIRA

A passagem da COP30 para a COP31 foi tratada como oportunidade para converter diagnósticos em compromissos institucionais e ações concretas. As falas convergiram na necessidade de superar a fragmentação entre áreas científicas, órgãos públicos e agendas internacionais. Clima, biodiversidade, energia, água, saúde, alimentação e direitos territoriais não podem ser tratados como questões independentes.

Entre as prioridades apontadas estão o financiamento de longo prazo para pesquisas realizadas em territórios, o fortalecimento de instituições científicas regionais, a formação e permanência de pesquisadores indígenas e de outras comunidades tradicionais, e a criação de condições para que os conhecimentos produzidos localmente sejam publicados, divulgados e considerados na elaboração de políticas públicas. Projetos de curta duração e editais que não reconhecem os custos logísticos da pesquisa de campo dificultam a continuidade dos estudos e a construção de confiança.

Outra prioridade é desenvolver parcerias duradouras entre universidades, organizações indígenas e comunitárias, instituições de pesquisa, órgãos de justiça e formuladores de políticas. O monitoramento científico ganha relevância quando pode registrar transformações ao longo do tempo, integrar dados ambientais e sociais e apoiar a prevenção de danos. Para isso, é necessário que os resultados retornem às comunidades e sejam apresentados em formatos úteis para a tomada de decisão.

O debate também destacou a necessidade de democratizar a própria produção científica. A participação de povos indígenas e comunidades tradicionais precisa ultrapassar a consulta pontual e envolver a definição de prioridades, a condução da pesquisa, a interpretação dos resultados e a governança dos conhecimentos. O reconhecimento de saberes deve ser acompanhado de financiamento, oportunidades de formação, autoria e poder de decisão.

8. PRINCIPAIS DESAFIOS IDENTIFICADOS

- Desigualdade na distribuição dos riscos climáticos e dos custos dos projetos de desenvolvimento.
- Persistência de conflitos territoriais e garantia insuficiente dos direitos de povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais.
- Políticas de transição energética que podem reproduzir práticas de expropriação e desconsiderar os modos de vida locais.
- Predomínio de modelos científicos e universitários que subordinam conhecimentos indígenas e tradicionais e restringem o pluralismo epistêmico.
- Descontinuidade no financiamento e apoio insuficiente à pesquisa de longo prazo, à ciência de campo e à formação de pesquisadores oriundos das comunidades.
- Fragilidade da articulação entre evidências científicas, conhecimento territorial, políticas públicas e atuação institucional.

- Incorporação insuficiente de dimensões sociais, culturais, sanitárias e de governança ao monitoramento das mudanças climáticas.
- Persistência de modelos educacionais burocráticos e pouco atentos à diversidade de trajetórias e necessidades dos estudantes indígenas.

9. PRIORIDADES E RECOMENDAÇÕES RUMO À COP31

- **Garantir direitos territoriais e justiça climática**

  A política climática deve reconhecer os direitos territoriais como condição para a proteção dos ecossistemas e para a continuidade dos modos de vida de povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais.

- **Financiar pesquisa de longo prazo e em parceria**

  Criar mecanismos estáveis de apoio à pesquisa de campo, à manutenção de equipes, ao monitoramento socioambiental e à construção de relações de confiança com as comunidades.

- **Promover pluralismo epistêmico**

  Incorporar conhecimentos indígenas e tradicionais em condições de respeito, autonomia e reciprocidade, reconhecendo pesquisadores e instituições comunitárias como produtores de conhecimento.

- **Apoiar a pesquisa conduzida pelas próprias comunidades**

  Ampliar programas de formação, financiamento, publicação e divulgação para pesquisadores indígenas, quilombolas e de comunidades tradicionais.

- **Reformar práticas universitárias e de avaliação**

  Rever mecanismos excessivamente burocráticos e modelos de formação que não reconhecem a diversidade de experiências, contribuindo para ambientes acadêmicos mais humanos e interculturais.

- **Integrar ciência, justiça e políticas públicas**

  Fortalecer a cooperação entre universidades, órgãos de justiça, organizações comunitárias e gestores, para que evidências científicas e observações locais informem decisões e ações preventivas.

- **Monitorar sistemas socioecológicos de forma integrada**

  Articular indicadores climáticos, ambientais, sanitários, alimentares, territoriais e sociais para compreender a acumulação de riscos e antecipar pontos de inflexão.

- **Avaliar criticamente a transição energética**

  Garantir consulta efetiva, participação e proteção territorial nos projetos apresentados como soluções climáticas, evitando que a descarbonização reproduza desigualdades e expropriações.

- **Transformar diagnóstico em compromisso institucional**

  Definir responsabilidades, recursos e mecanismos de acompanhamento para que as recomendações debatidas no ciclo COP30–COP31 se traduzam em ações duradouras.

10. MENSAGENS-CHAVE RUMO À COP31

- Não há justiça climática sem direitos territoriais, participação política e proteção dos modos de vida de povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais.
- Desastres e vulnerabilidades são produzidos por processos históricos, econômicos e institucionais; a prevenção exige enfrentar suas causas, e não apenas responder aos eventos críticos.
- A transição energética precisa ser avaliada também por seus efeitos territoriais e sociais. Uma solução climática não pode reproduzir práticas coloniais de expropriação.
- Os conhecimentos indígenas e tradicionais devem ser reconhecidos, promovidos e apoiados materialmente, com autonomia e participação efetiva na produção científica.
- A educação é estratégica para ampliar o conhecimento sobre outros modos de vida e construir relações menos predatórias entre sociedade e natureza.
- A cooperação entre ciência, comunidades, instituições jurídicas e gestores pode transformar observações locais em evidências úteis à defesa de direitos e à formulação de políticas.
- A crise climática na Amazônia é socioecológica: seus efeitos alcançam a biodiversidade, a água, a saúde, a alimentação, a cultura, a coesão comunitária e as perspectivas de futuro.
- A COP31 deve marcar a passagem de diagnósticos amplamente conhecidos para compromissos financiados, duradouros e acompanhados por mecanismos de implementação.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O simpósio evidenciou que a crise climática é inseparável das disputas por território, dos padrões de desenvolvimento e das desigualdades que estruturam a sociedade brasileira. Os impactos ambientais se acumulam sobre populações que já enfrentam exclusão e insuficiência de políticas públicas, enquanto seus conhecimentos e práticas continuam sendo frequentemente marginalizados nos processos de decisão.

As apresentações também indicaram que a ciência pode contribuir de maneira decisiva quando reconhece seus próprios limites institucionais e se abre ao diálogo com outros sistemas de conhecimento. Essa abertura não se resume a citar saberes tradicionais, mas exige condições materiais para a pesquisa conduzida pelas comunidades, participação na definição das agendas, reciprocidade e respeito à autonomia dos povos.

No caminho rumo à COP31, o desafio central é conectar direitos, produção científica e implementação. Isso significa fortalecer pesquisas de longo prazo, garantir os territórios e os modos de vida, reformar práticas de formação e avaliação, integrar evidências ambientais e sociais e construir alianças institucionais que permitam antecipar danos e sustentar respostas. A justiça climática depende tanto da capacidade de compreender as transformações em curso quanto da disposição de modificar as estruturas que produzem vulnerabilidade.

Em síntese, o encontro propôs deslocar a agenda climática da simples produção de diagnósticos para uma ciência plural, territorialmente comprometida e capaz de contribuir para decisões públicas justas. Proteger a Amazônia e outros territórios não é apenas conservar ecossistemas, é também assegurar direitos, culturas, conhecimentos e condições dignas de futuro.

Conclusão

Os debates reunidos nesta publicação percorreram temas distintos, mas chegaram a constatações convergentes. A primeira é que a emergência climática deixou de ser uma ameaça futura para o Brasil. Secas extremas na Amazônia, incêndios em escala inédita no Pantanal e em florestas antes pouco suscetíveis ao fogo, inundações e estiagens no Sul, aquecimento e ondas de calor marinhas que afetam recifes e manguezais, alterações na qualidade e na disponibilidade da água e o agravamento de riscos à saúde humana mostram que os impactos já estão em curso e se intensificam. Não estamos mais diante apenas de mudanças no clima, mas de uma emergência climática cujos efeitos já atingem os ecossistemas e a sociedade.

A segunda constatação é que esses impactos não atuam isoladamente. Eles se somam ao desmatamento, à conversão de ecossistemas nativos, à degradação, à poluição, à perda de biodiversidade e a desigualdades sociais históricas, produzindo efeitos combinados e, muitas vezes, não lineares. Os biomas brasileiros são ecológica e hidrologicamente interdependentes; os rios conectam florestas, cidades e zonas costeiras; o oceano influencia o clima continental; a saúde depende das condições ambientais e sociais dos territórios. A manutenção dessas conexões é essencial para a resiliência dos sistemas naturais e das populações que deles dependem e está diretamente relacionada às decisões sobre uso da terra, infraestrutura e desenvolvimento. Por isso, respostas fragmentadas, organizadas em agendas separadas, tendem a ser insuficientes. Avançar exige uma visão sistêmica, capaz de articular clima, biodiversidade, água, oceanos, alimentação, saúde e direitos.

A terceira constatação é que os impactos recaem de forma desigual. Povos indígenas, quilombolas, comunidades tradicionais, populações ribeirinhas e costeiras e agricultores familiares estão entre os primeiros e os mais atingidos, embora tenham contribuído relativamente pouco para a emergência climática. Ao mesmo tempo, esses grupos detêm conhecimentos fundamentais sobre seus territórios e são protagonistas de experiências importantes de conservação, restauração e convivência com a variabilidade climática. A justiça climática, portanto, não é um tema paralelo, mas condição para a eficácia e a legitimidade das políticas.

Os debates mostraram, sobretudo, que o Brasil dispõe de ciência qualificada e reconhecida internacionalmente, de sistemas de monitoramento por satélite, de experimentos e redes de pesquisa de longa duração, de modelos que integram clima, biodiversidade e uso da terra, de grupos dedicados à saúde, aos oceanos e às águas interiores, e de experiências concretas de restauração, bioeconomia e adaptação construídas com as comunidades. Esse patrimônio científico é um dos principais ativos do país na agenda climática internacional. O desafio é assegurar sua continuidade e seu fortalecimento, por meio do financiamento, da integração entre instituições e disciplinas, da ampliação do monitoramento em regiões e ecossistemas

ainda pouco estudados e, principalmente, da capacidade de transformar conhecimento científico em decisões e políticas públicas efetivamente implementadas.

Com base nesses resultados, a ABC apresenta considerações para contribuir para a atuação do Brasil nas negociações da COP31:

- Manter a liderança exercida em Belém, defendendo o avanço dos mapas do caminho para zerar o desmatamento e a degradação e promover a transição para longe dos combustíveis fósseis. As metas devem ter endereço geográfico, considerar a localização das perdas e das áreas a restaurar e reconhecer a restauração como um instrumento climático, e não apenas como forma de compensação.
- Valorizar a adaptação como prioridade tão importante quanto a mitigação, assegurando que metas, indicadores e mecanismos de financiamento contemplem a segurança hídrica, a saúde, a segurança alimentar e nutricional, as zonas costeiras e a proteção das populações mais vulneráveis, com sistemas de alerta capazes de antecipar riscos, e não apenas responder a desastres.
- Defender a integração entre as agendas de clima, biodiversidade, desertificação e oceanos, superando a fragmentação dos processos multilaterais. As soluções baseadas na natureza devem ser reconhecidas em toda a sua extensão, para além do carbono, e sempre como complemento, nunca como substitutas da redução das emissões. Todos os biomas brasileiros, incluindo savanas, florestas secas, campos e áreas úmidas, devem estar presentes nessa agenda, assim como o oceano e a zona costeira.
- Reafirmar que não há justiça climática sem direitos territoriais, participação efetiva e reconhecimento dos conhecimentos de povos indígenas e comunidades tradicionais. A transição energética e as soluções climáticas devem ser avaliadas também por seus efeitos sociais e territoriais, e os mecanismos de financiamento, crédito de carbono e pagamento por serviços ambientais precisam alcançar diretamente as populações que conservam e restauram os territórios.
- Sustentar a necessidade de financiamento climático em escala adequada, previsível e acessível aos países em desenvolvimento, incluindo recursos para a ciência, o monitoramento de longo prazo e a formação de capacidades. Investir em ciência é investir na capacidade de antecipar riscos, orientar decisões e avaliar resultados. A ciência deve ser reconhecida como infraestrutura essencial da resposta climática.
- Fortalecer a interface entre ciência e diplomacia, com a presença de cientistas nas delegações, canais permanentes de consulta à comunidade científica e a incorporação sistemática de evidências produzidas no Brasil às posições negociadoras. A ABC coloca-se à disposição para contribuir permanentemente com esse diálogo antes, durante e depois da COP31.

Essas considerações dirigem-se às negociações internacionais, mas dependem igualmente de ações no plano nacional. A credibilidade do Brasil nas conferências do clima está diretamente

associada à sua capacidade de implementar internamente aquilo que defende externamente: reduzir o desmatamento e a degradação, proteger os ecossistemas e as águas, preparar o sistema de saúde, garantir direitos e manter investimentos estáveis e continuados em ciência, tecnologia e inovação. Não é possível sustentar compromissos internacionais ambiciosos sem políticas nacionais coerentes com esses compromissos.

A série de debates permite sintetizar uma mudança de orientação que atravessa todos os relatos: do diagnóstico para a implementação; da fragmentação para a integração; de projetos isolados para redes permanentes; de uma visão concentrada na Amazônia para uma abordagem que considere todos os biomas, águas e oceanos; e de respostas emergenciais para compromissos duradouros, financiados e acompanhados por mecanismos de avaliação. A ciência brasileira está preparada para contribuir com esse percurso. O desafio é assegurar que esse conhecimento seja ouvido, incorporado às decisões e transformado em ações. Fazer da ciência uma base permanente das decisões do país é condição para construirmos um futuro mais seguro, justo e sustentável.