

FRONTEIRAS DO FOGO

UM PANORAMA
DO FOGO NA REGIÃO
AMAZÔNICA



OTCA

Organização do Tratado
de Cooperação Amazônica

EXECUÇÃO



PARCEIROS ESTRATÉGICOS



SECRETARIA PERMANENTE DA ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA (SP/OTCA)

Secretário-Geral: Martin Von Hildebrand

Diretora Executiva: Vanessa Grazziotin

Diretora Administrativa: Edith Paredes

Coordenador de Meio Ambiente: Carlos Salinas

Coordenador Científico do Observatório Regional Amazônico: Arnaldo Carneiro

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GmbH

Projeto CoRAmazonia

Gustavo Wachtel, Cristian Guerrero Ponce de Leon, Fernando Rodovalho, Fernando Orn, Maria Júlia Gois e Daya Rodrigues

Instituições Parceiras

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) – Brasil

Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo)

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Grupo de Pesquisa Expossoma e Saúde do Trabalhador – eXsat, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo

Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais (LASA) – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Grupo Banco Mundial – Amazônia Viva

Instituto de Pesquisa da Amazônia (IPAM)

Coordenação Técnica e Executiva

Fernando Rodovalho – Projeto CoRAmazonia / Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Editores

Fernando Rodovalho – Editor Principal

Ane Alencar – Coeditora

Christian Niel Berlinck – Coeditor

Apoio Editorial

Revisão editorial e tradução para o inglês: Vitor dos Santos Ribeiro

Tradução para o espanhol: Dafne Velazco

Diagramação: Karen Martinez / W5

Créditos Visuais

Foto de capa – Mayangdi Inzaulgarat - Prevfogo/Ibama

© OTCA, 2025

Organização do Tratado de Cooperação Amazônica – OTCA

SEPN 510, Bloco A, 3º andar – Asa Norte, Brasília, DF, Brasil

CEP 70.570-521. Tel. +55 61 3248-4119 / 4132

Citar como

Rodvalho, F., Alencar, A., & Berlinck, C. N.. (Orgs.). (2025). *Fronteiras do fogo: Um panorama do fogo na região amazônica*. Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

How to cite

Rodvalho, F., Alencar, A., & Berlinck, C. N.. (Eds.). (2025). *Frontiers of Fire: An Overview of Fire in the Amazon Region*. Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO/OTCA) & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

ISBN 978-85-61873-48-6

Declaração de responsabilidade

Este documento constitui uma compilação técnico-informativa sobre um tema prioritário para a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), elaborada com o propósito de subsidiar e enriquecer o debate regional. As opiniões, análises e interpretações aqui expostas correspondem exclusivamente aos seus autores. Seu conteúdo não reflete necessariamente a posição oficial da OTCA nem de seus Países Membros. As informações apresentadas foram objeto de curadoria técnica que respalda sua credibilidade.

SUMÁRIO

	PREFÁCIO – FRONTEIRAS DO FOGO	07
	INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO	1 A AMAZÔNIA	13
	2 O FOGO	17
	3 O FOGO NA REGIÃO AMAZÔNICA	29
	4 CLIMA E FOGO	61
	5 A CONTA DO FOGO	69
	6 FOGO E SAÚDE	83
	7 MANEJO INTEGRADO DO FOGO	89
	8 RECOMENDAÇÕES E INSPIRAÇÕES	97
EPÍLOGO	COOPERAÇÃO AMAZÔNICA PARA O MANEJO INTEGRADO DO FOGO	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122



PREFÁCIO

FRONTEIRAS DO FOGO

É com grande satisfação, mas também com um senso de urgência, que apresento a publicação *Fronteiras do Fogo*, fruto do esforço coletivo da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica e de seus parceiros. Esta obra lança luz sobre um dos maiores desafios de nossa região: os incêndios florestais, um fenômeno que ameaça não apenas a integridade da floresta, mas também a memória ancestral e a própria continuidade da vida na Amazônia.

Desde tempos imemoriais, o fogo faz parte da história da floresta. Para os povos indígenas, ele nunca foi apenas uma ferramenta: é um ser, uma força viva, profundamente integrada ao cotidiano, à espiritualidade e ao manejo da terra. É o fogo que abre as roças, que cozinha os alimentos, que endurece os utensílios, que protege as plantações com a fumaça, que auxilia na caça e na pesca. Em muitas culturas, ele participa de rituais de cura, é convocado nas danças e nos cantos, e está presente como mediador entre os seres humanos e o território.

Esse uso, porém, sempre foi guiado por um profundo respeito e por regras transmitidas através do conhecimento tradicional. Queimar somente em determinados períodos do ano, escolher áreas específicas, manejar o vento, esperar pelas chuvas: cada técnica mostra que o fogo, quando usado com sabedoria, não destrói, mas sustenta a vida. Essa é a pedagogia da floresta, que os povos amazônicos preservaram durante séculos.



No entanto, esse equilíbrio está se rompendo. As mudanças climáticas prolongam os verões, intensificam os ventos, elevam as temperaturas. Nessas condições, o fogo escapa com facilidade das roças e dos campos, transformando-se em incêndios de grandes proporções. Quando isso acontece, deixa de ser aliado e passa a ser inimigo: um fogo descontrolado que destrói florestas, ameaça a saúde, desorganiza os ritmos da vida e fragiliza os ecossistemas. É essa fronteira — entre o fogo manejado e o fogo devastador — que precisamos compreender e enfrentar.

Essa fronteira, no entanto, não é apenas ecológica: é também simbólica e espiritual. As tradições amazônicas nos lembram que a humanidade já viveu cinco mundos anteriores, destruídos por água ou por fogo, sempre como consequência do comportamento egoísta de seus habitantes. O mito de Yuruparí, guardião da floresta e das regras do equilíbrio, mostra como a desobediência às restrições de cuidado com a natureza traz consigo a catástrofe. Quando os homens, cegos pela arrogância, decidem matá-lo, o próprio Yuruparí anuncia que só com fogo poderiam fazê-lo. Essa narrativa ancestral revela um ensinamento profundo: o fogo é a ameaça suprema à vida da floresta quando o ser humano rompe o pacto de respeito e reciprocidade.

Agora, essa profecia parece ecoar em nossos dias. As chamas que avançam sobre a Amazônia são expressão de uma ruptura ética e coletiva. Cada

hectare de floresta consumido pelo fogo libera toneladas de carbono na atmosfera, acelera o colapso climático, interrompe os rios voadores que levam a chuva a grande parte da América do Sul. Cada árvore queimada é também um pedaço da memória cultural e espiritual dos povos amazônicos que se perde. O fogo descontrolado não reconhece fronteiras políticas: ele se alastra como símbolo do desequilíbrio que ameaça o planeta inteiro.

Por isso, a resposta não pode ser isolada. Nenhum país pode enfrentar sozinho este desafio. O fogo exige cooperação, integração de políticas, mobilização de recursos e, sobretudo, a construção de um propósito comum. A OTCA, como espaço coletivo dos oito países amazônicos, tem a missão de fortalecer redes como a Rede Amazônica de Manejo Integrado do Fogo (RAMIF), apoiar o intercâmbio de práticas sustentáveis, capacitar governos e comunidades, promover ações conjuntas que combinem ciência, inovação e, de forma central, o conhecimento tradicional.

A Amazônia é resiliente. Sua maior força está na diversidade de suas culturas e na vitalidade dos sistemas de conhecimento que os povos indígenas, comunidades tradicionais e populações locais acumularam ao longo de séculos. Mas essa resiliência não é infinita. O acúmulo de pressões — desmatamento, degradação, alterações no regime das chuvas e aumento das temperaturas — coloca o bioma em situação crítica. Os incêndios recorrentes são um sinal de alerta: mostram que estamos nos

aproximando perigosamente do ponto de não retorno, onde a floresta já não será capaz de se regenerar.

Evitar esse colapso exige coragem política, recursos financeiros consistentes, fortalecimento da cooperação técnica e, acima de tudo, um pacto ético que envolva governos, sociedade civil, ciência e povos amazônicos. O diálogo com os guardiões tradicionais da floresta é imprescindível, pois eles não apenas sofrem os impactos diretos, mas também guardam chaves de conhecimento para a prevenção e o manejo equilibrado do fogo.

Fronteiras do Fogo cumpre, assim, um papel que vai além do diagnóstico. Esta obra revela a dimensão histórica e cultural do fogo, distingue entre o uso milenar regulado e o fogo devastador, analisa os impactos ambientais, sociais e econômicos, e apresenta caminhos de resposta. Além disso, oferece boas práticas de prevenção, relatos de experiências comunitárias e destaca a importância de integrar ciência e tradição.

Mais que um relatório técnico, este livro é um instrumento político. Ele deve orientar políticas nacionais, inspirar a cooperação regional e mobilizar a solidariedade internacional. Ele nos lembra que ainda temos a possibilidade de escolher: preservar a Amazônia como um sistema vivo e interdependente ou sucumbir às chamas do egoísmo, repetindo os erros que, segundo os mitos, já destruíram mundos anteriores.

O mito de Yuruparí nos adverte: quando se rompe o equilíbrio, o fogo pode se tornar a arma de destruição final. Mas também nos lembra que existe um caminho de retorno, construído pela escuta, pelo respeito e pela sabedoria compartilhada. Que *Fronteiras do Fogo* seja, portanto, não apenas uma publicação, mas uma convocação à responsabilidade, um convite à cooperação e um chamado à consciência.

A Amazônia ainda resiste. Cabe a nós garantir que ela continue a ser floresta viva, território de culturas, fonte de água, reguladora do clima, casa do jaguar e de milhões de espécies. Que possamos, unidos, transformar conhecimento em ação e assegurar que o fogo volte a ser força de vida, e não de destruição.

Martín von Hildebrand

Secretário-Geral da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica





INTRODUÇÃO

Muito antes de ser visto como ameaça, o fogo foi um aliado. Domesticado por nossos ancestrais, possibilitou o preparo dos alimentos, aproximou pessoas, moldou paisagens e fertilizou solos. A Amazônia guarda os vestígios e os saberes do convívio milenar com o fogo: do uso para subsistência ao surgimento da terra preta.

Ao longo dos séculos, essa relação foi se transformando e perdendo o equilíbrio em decorrência da forma cada vez mais exploratória que passamos a nos relacionar com o ambiente. Hoje, o fogo muitas vezes representa uma ameaça à floresta, à sociobiodiversidade, à saúde e à vida. Na Amazônia, os incêndios florestais avançam sem respeitar fronteiras político-administrativas, impondo um desafio comum a todos nós — povos, comunidades e governos.

Ao longo desta publicação, apresentamos um diagnóstico técnico que também se propõe a ser um chamado à reconstrução de alianças entre conhecimento tradicional e ciência, entre sociedade civil e poder público, entre povos da floresta e instituições que atuam em sua defesa. Iniciamos com uma caracterização da Amazônia, seguimos para os padrões e impactos do fogo na região e sua correlação com o clima, e, por fim, traçamos caminhos possíveis para enfrentar esse desafio coletivo.

O resultado é uma proposta de diálogo para governos, comunidades, organizações, pesquisadores, guardiões — pessoas que, em seus distintos lugares, papéis, culturas e cosmovisões, carregam a convicção de que outra relação com o meio ambiente e com o fogo é possível e, sobretudo, necessária.

Fernando Rodovalho



A AMAZÔNIA

capítulo 1

Fernando Rodovalho¹, Bernardo Flores², Dolors Armenteras³

¹Projeto CoRAMazonia, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
²Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), Observatório Regional Amazônico (ORA)
³Universidad Nacional de Colombia

Poucos lugares no mundo concentram tanta vida, complexidade e diversidade cultural quanto a Amazônia. Com cerca de 7,9 milhões de quilômetros quadrados de extensão, a região abriga uma constelação de relações interdependentes, e pulsa em intensas conexões, fluxos e reciprocidades, reunindo a maior biodiversidade do planeta. Nela vivem cerca de 47 milhões de pessoas, incluindo mais de 420 grupos étnicos de povos indígenas e comunidades tradicionais, afrodescendentes e ribeirinhas, compondo uma realidade multiétnica e pluricultural¹. Povos que há séculos desenvolvem formas de vida integradas à floresta e que, ao mesmo tempo, moldam a própria floresta com suas cosmologias e práticas, numa relação coevolutiva².

A vegetação amazônica é predominantemente composta por densas florestas tropicais úmidas. Mas também inclui áreas que se inundam com o ritmo das cheias e vazantes dos grandes rios, como os igapós de águas escuras, as férteis várzeas, os campos naturais sobre solos arenosos e os manguezais que margeiam sua costa atlântica. Essa diversidade de formas e paisagens dá origem a um sistema ecológico único, no qual tudo está profundamente interligado — fauna, flora, águas, clima, pessoas e culturas funcionando como uma só engrenagem viva³.

Além de sua riqueza ecológica e cultural, a Amazônia é uma peça-chave no sistema climático do planeta. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a floresta é uma das principais aliadas no enfrentamento da crise climática. Ela armazena bilhões de toneladas de carbono, ajuda a resfriar a atmosfera, regula as chuvas em grande parte da América do Sul⁴ e contribui para estabilizar os padrões de circulação atmosférica em escala global.



Essas influências se expressam nos chamados “rios voadores”: fluxos de vapor d’água que têm origem no oceano Atlântico, são mantidos pela evapotranspiração da floresta e viajam milhares de quilômetros, levando umidade a regiões distantes como o centro e o sul do Brasil, o Pantanal e a Bacia do Prata. Sem a Amazônia, essas áreas seriam mais secas e menos capazes de sustentar atividades como a agricultura e o abastecimento de água para uso doméstico, industrial e energético. Mesmo territórios distantes e pessoas que nunca pisaram na floresta dependem profundamente de sua persistência^{5,3}.

Contudo, a floresta está sob ameaça. O desmatamento, os incêndios florestais, a exploração descontrolada de seus recursos naturais, o avanço da fronteira agrícola, a expansão de atividades ilegais, como o garimpo e a grilagem de terras, além dos efeitos cada vez mais extremos da mudança do clima, estão empurrando a Amazônia para um ponto de não retorno. Esse ponto crítico refere-se ao risco de uma transição irreversível para um estado mais seco, degradado e fragmentado, uma floresta já incapaz de sustentar os padrões atuais de chuvas, a vida silvestre e os modos de vida tradicionais que dela dependem^{6,7}.

Os sinais já são visíveis. As grandes secas de 2005, 2010, 2015-2016 e, mais recentemente, de 2023-2024, expuseram uma floresta cada vez mais vulnerável. Rios atingiram níveis historicamente baixos, secaram completamente em diversas áreas, comunidades ficaram isoladas e milhares de animais aquáticos morreram em lagos superaquecidos⁸. A ciência mostra que, se nada for feito para reverter essa tendência, até 47% da Amazônia poderá colapsar diante de múltiplos distúrbios até 2050, levando o sistema como um todo a ultrapassar o ponto de não retorno e ampliando drasticamente o risco de colapsos ecológicos em cadeia em outros biomas e regiões do planeta^{9,10,7}.

Ainda assim, há caminhos possíveis. O próprio IPCC aponta que a implementação de políticas públicas eficazes, a restauração ecológica, a proteção de territórios indígenas e um novo modelo de desenvolvimento baseado no uso sustentável da floresta podem manter a Amazônia viva, resiliente e em pé. A floresta possui uma admirável capacidade de regeneração, desde que sejam respeitados seus ritmos, seus territórios e a força que brota de suas raízes^{4,3}.

Compreender os riscos aos quais a Amazônia está submetida também exige considerar o papel ambivalente do fogo. Embora geralmente não faça parte da dinâmica natural da floresta, o fogo tem se tornado um elemento cada vez mais presente nos territórios amazônicos. Quando atinge áreas de floresta, especialmente sob condições de seca ou degradação, contribui para o colapso de ciclos ecológicos, consome recursos naturais essenciais e intensifica a fragmentação da paisagem florestal⁷.

Ainda assim, o fogo não é apenas um problema a ser combatido quando descontrolado; ele é uma realidade que precisa ser compreendida e manejada com inteligência, de forma integrada ao conhecimento científico e aos saberes dos povos indígenas e das comunidades locais¹¹. Com governança adequada e valorização do conhecimento local, pode se tornar parte de soluções sustentáveis. Nos próximos capítulos veremos com mais detalhes onde, como e quando o fogo ocorre na região, e por que ele se tornou uma questão central para a Amazônia, tendo em vista sua magnitude, seus impactos e sua complexidade.

Fotos de baixo para cima: 1 e 2 ©Fernando Martinho | 3 ©Diego Baravalli/Greenpeace
4 ©Adobe Stock

Fotos da esquerda para direita: 1 ©Adobe Stock | 2 ©Valdemir Cunha/Greenpeace | 3 ©AdobeStock
4 ©Adobe Stock





◊ FOGO

capítulo 2

**Fernando Rodovalho¹, Ane Alencar²,
Bibiana A. Bilbao³, Christian Niel Berlinck⁴**

¹Projeto CoRAmazonia, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

²Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, IPAM – Brasil,

³Departamento de Estudos Ambientais, Universidad Simón Bolívar – Venezuela

⁴Coordenação Geral de Políticas para o Manejo Integrado do Fogo,
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – Brasil

O fogo é um dos mais antigos habitantes do planeta. Ele surgiu há mais de 400 milhões de anos (no Siluriano Inferior), quando as taxas de oxigênio (comburente) estavam elevadas e as plantas terrestres possibilitaram o acúmulo de biomassa (combustível). Nessa época, raios e vulcões eram as fontes de ignição que possibilitavam a combustão. Desde então, o fogo moldou ecossistemas e influenciou a vida na Terra^{1,2}.

A Amazônia guarda, sob suas raízes e camadas de solo, a memória de uma relação ancestral com o fogo. Em vastas áreas do território amazônico há evidências da terra preta, solos enriquecidos por sucessivos ciclos de queimas de baixa intensidade e acúmulo de matéria orgânica, expressão de tecnologias ancestrais de manejo agroecológico e domesticação da floresta^{3,4,5}. Paleo-eventos de mega incêndios também marcaram a história amazônica⁶.

A maior parte da Amazônia é formada por florestas tropicais úmidas que evoluíram praticamente sem fogo e são extremamente sensíveis a ele: mesmo queimas pequenas e de baixa intensidade podem causar danos ecológicos duradouros e de lenta recuperação⁷. Ainda assim, em algumas partes da região, como lavrados, campinaranas abertas, savanas e campos amazônicos, o fogo pode desempenhar um papel funcional na manutenção dos ciclos ecológicos, quando manejado de forma adequada⁸. Apesar dessas diferenças, o fogo tornou-se uma ferramenta presente em todos os tipos de ecossistemas, deixando marcas profundas tanto na paisagem quanto na cultura dos povos.

O fogo sempre esteve presente na vida cotidiana, na medicina tradicional, nos sistemas alimentares e na espiritualidade dos povos indígenas amazônicos ancestrais: um fogo que dá vida, manejado com cuidado e respeito⁹. Seu uso é orientado por conhecimentos tradicionais transmitidos ao longo de gerações.



©Rodrigo Falleiro

refletindo estratégias de subsistência e conexões profundas com as dimensões espirituais e cosmológicas dos territórios^{10,11,12}.

O fogo também é uma ferramenta de produção agrícola para os povos que colonizaram a Amazônia. A conversão em larga escala de florestas em fazendas agropecuárias, impulsionada pela abertura de estradas, e a prática da agricultura de corte e queima só se tornaram possíveis graças ao uso do fogo^{13,14,15}.

Embora os incêndios florestais sejam a face mais visível do fogo no contexto das mudanças climáticas e dos eventos extremos, a presença do fogo na Amazônia também expressa relações de equilíbrio com os territórios, sobretudo quando manejado de forma tradicional e coletiva. O uso do fogo, regulado por calendários ecológicos, acordos comunitários e saberes transmitidos entre gerações, desafia a ideia de

que o fogo é sempre destrutivo¹⁶. Quando manejado com responsabilidade, o fogo pode contribuir para a fertilidade do solo, o controle de pragas, a renovação da vegetação e a proteção contra incêndios florestais de grande escala, principalmente em vegetação não florestal^{17,18,19}.

Ainda hoje, o fogo permanece como um elemento presente, plural e cotidiano na vida amazônica. Seus usos se manifestam em diferentes contextos, tipologias e com múltiplos propósitos (Tabela 1). Povos indígenas, comunidades locais, agricultores, gestores de áreas protegidas e instituições públicas são alguns dos atores que mobilizam o fogo como ferramenta. Porém existe também o uso do fogo de forma predatória e destrutiva. Essa diversidade de finalidades e intencionalidades revela que o fogo, em si, não é um vilão, mas um agente de transformação cujo impacto depende de como, onde, quando e por que é empregado^{17,18,19}.

TABELA 1. TIPOLOGIAS DO FOGO DE ACORDO COM SEUS USOS E FINALIDADES

TIPO DE FOGO	DEFINIÇÃO	QUEM UTILIZA	OBJETIVO PRINCIPAL	CARACTERÍSTICAS-CHAVE	IMPACTOS POTENCIAIS
FOGO CULTURAL	• Uso do fogo baseado em conhecimentos tradicionais e valores culturais para manejo da paisagem e preservação de práticas culturais	• Povos indígenas • Comunidades tradicionais, quilombolas/ afrodescendentes	• Manejo da vegetação • Renovação de áreas • Estímulo à biodiversidade • Proteção cultural, espiritual e de infraestruturas	• Planejado • Época e local definidos • Transmitido entre gerações • Integra saberes socioecológicos locais	• Mantém mosaicos de vegetação, previne incêndios de grande escala, conserva sociobiodiversidade; baixo risco se bem conduzido
FOGO DE SUBSISTÊNCIA / PRODUTIVO	• Uso do fogo para apoiar atividades de sobrevivência e produção agropecuária	• Produtores familiares • Comunidades rurais • Agricultores e pecuaristas	• Preparar roças • Renovar pastagens • Controlar pragas ou plantas invasoras	• Geralmente sazonal • Técnicas simples; voltado ao consumo próprio ou produção local • Nem sempre segue protocolos ambientais formais	• Pode ter baixo impacto quando bem manejado, mas com risco de escapar e gerar incêndios maiores se mal planejado
FOGO ECOLÓGICO	• Uso planejado, técnico, monitorado e controlado do fogo com fins de conservação ou pesquisa	• Gestores ambientais, áreas protegidas, povos e comunidades tradicionais	• Reduzir ocorrência de incêndios • Proteger ambientes e espécies sensíveis • Conservar ecossistemas que evoluíram com o fogo	• Planejado e controlado • Épocas e locais definidos • Objetivos ecológicos claros	• Baixo impacto negativo e alto impacto positivo para ambiente, clima e biodiversidade
FOGO PREDATÓRIO	• Uso intencional do fogo para fins ilegais ou destrutivos, violando leis ambientais e impactando ecossistemas	• Grileiros • Invasores de terras • Agentes ligados a atividades ilegais	• Promover degradação para desmatamento, expulsão de populações, ocupação ilegal de terras e especulação fundiária	• Intencionalmente destrutivo • Sem preocupação com controle • Frequentemente associado a ilícitos (grilagem, mineração ilegal)	• Altíssimo impacto ambiental, social e econômico; destruição de habitats, perda de biodiversidade, emissões massivas de carbono e riscos à saúde



Do simbólico ao prático, o fogo está sempre presente, atravessando diferentes dimensões da vida, desde atividades domésticas cotidianas, como cozinhar e conservar alimentos, até práticas produtivas, como o beneficiamento de materiais e o manejo agrícola. O fogo também cumpre papéis agrossilvipastoris e ecológicos importantes, especialmente nas queimas controladas, voltadas a fins de produção agrossilvipastoril; e nas queimas prescritas, utilizadas para conservar ecossistemas adaptados ao fogo, como fitofisionomias savânicas e campestres, e prevenir incêndios de grandes proporções. Além disso, aparece em contextos de extrativismo, saúde e proteção, bem como em rituais espirituais, tradições orais e momentos de convivência comunitária. Por fim, está presente em práticas recreativas e usos contemporâneos que, embora comuns, podem trazer riscos.

A Tabela 2, a seguir, organiza essas múltiplas dimensões em categorias que ilustram a diversidade de significados e usos do fogo na Amazônia.

Fotos de baixo para cima: 1 ©AugustoDauster - Prevfogo/Ibama | 2 ©Rodrigo Falleiro 3 ©Adobe Stock | 4 ©Rodrigo Falleiro

TABELA 2. EXEMPLOS DE USOS DO FOGO NA AMAZÔNIA

Exemplos de usos do fogo na Amazônia são derivados das publicações referenciadas ao longo deste capítulo e relatos orais documentados pelos autores em sua prática profissional e experiência de campo.

1	DOMÉSTICO	1.1 PREPARO DE ALIMENTOS  Prática cotidiana entre povos de todo o mundo, o uso do fogo no preparo dos alimentos é também uma expressão de identidade e de relação entre as pessoas.	1.2 CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS  A defumação de alimentos, realizada sobre fogueiras de combustão lenta, é um método tradicional de preservação da qualidade da comida.	1.3 ILUMINAÇÃO E AQUECIMENTO DOMÉSTICO  O fogo é usado para fornecer luz e calor, especialmente em áreas sem acesso à eletricidade.	1.4 DESCARTE DE RESÍDUOS  Prática comum em áreas rurais e periferias urbanas que utilizam o fogo para eliminação de resíduos domésticos ou orgânicos, com consequente eliminação de vetores de doenças e pragas, geralmente em função da ausência de serviços regulares de coleta ou de aterros sanitários adequados.
2	BENEFICIAMENTO	2.1 PROCESSAMENTO DE FIBRAS E FERRAMENTAS  O calor do fogo é utilizado para amolecer fibras vegetais, facilitando a tecelagem de cestos, peneiras, cordas etc. Também é utilizado para confeccionar e enrijecer ferramentas.	2.2 PRODUÇÃO DE CARVÃO  Uso de fornos a céu aberto ou subterrâneos para a produção de carvão, prática milenar com valor ecológico e potencial de fertilização do solo. Uma tecnologia agroecológica ancestral ligada à terra preta.	2.3 PRODUÇÃO DE CERÂMICA E UTENSÍLIOS  Uso do fogo para queimar utensílios de cerâmica fundamentais para o dia a dia doméstico e rituais culturais.	2.4 PRODUÇÃO DE TIJOLOS E ARGILA ENDURECIDA  O fogo é empregado para secar e endurecer tijolos de argila, comuns na construção regional, conferindo resistência e durabilidade.

3

3.1

QUEIMA CONTROLADA, ROÇADO E LIMPEZA AGRÍCOLA COM FOGO

A queima controlada consiste no uso planejado, monitorado e controlado do fogo, realizado para fins agrossilvipastoris em áreas determinadas e sob condições climáticas específicas. O fogo é utilizado na queima da vegetação para preparar o ambiente e o solo para produção agrícola, para silvicultura e renovação de pastagens, para eliminar restos vegetais indesejados e pragas, sendo planejada de acordo com as condições climáticas e, muitas vezes, acompanhada de medidas de segurança, como aceiros. Feita de forma adequada reduz a necessidade de fertilizantes e agrotóxicos.

4

4.1

QUEIMA EM MOSAICO E SUA FORMA MAIS TÉCNICA, A QUEIMA PRESCRITA

Uso planejado, monitorado e controlado do fogo, realizado para fins de conservação, de pesquisa ou de manejo sob condições específicas, com objetivos predefinidos, em ecossistemas propensos ao fogo, como campos e savanas. A queima prescrita é usada para estimular a rebrota, a floração e a frutificação de espécies de vegetação nativas, bem como da fauna, proteger ambientes e espécies sensíveis, conservar a sociobiodiversidade e reduzir e fragmentar o material combustível, prevenindo incêndios.

5

5.1

CAÇA

5.2

PESCA

5.3

COLETA DE MEL

O fogo é usado para abrir caminhos, conduzir animais e/ou atraí-los por meio da rebrota tenra da vegetação.

O fogo é empregado para abrir e acessar áreas de pesca e para provocar a queda de insetos na superfície da água, facilitando a captura de peixes.

A fumaça é aplicada para acalmar as abelhas durante a coleta de mel, permitindo o manejo sustentável das colmeias sem prejudicar os enxames.

6

6.1

LIMPEZA DE ÁREAS DOMÉSTICAS

6.2

CONTROLE DE MOSQUITOS E INSETOS

6.3

USO MEDICINAL

Áreas queimadas e fogueiras acesas ao redor de casas, roças e trilhas são úteis para afastar animais peçonhentos e perigosos. Também ajudam a proteger as estruturas contra incêndios florestais.

A fumaça é usada como repelente natural de insetos. Folhas específicas, como as folhas de andiroba ou tabaco, são escolhidas para potencializar esse efeito.

O fogo é empregado para inalação e preparação de substâncias.

7

7.1

RITUAIS ESPIRITUAIS E PROTEÇÃO

7.2

FUMO

7.3

CONVIVÊNCIA SOCIAL E TRADIÇÃO ORAL

7.4

TRANSMISSÃO PRÁTICA E APRENDIZADO COM O FOGO E SEU USO

O fogo ocupa lugar central em rituais de cura, transição e proteção espiritual. É utilizado em defumações, orações, cerimônias e celebrações, simbolizando purificação, força vital, ritos de passagem e conexão com o mundo espiritual.

Aspirar a fumaça de plantas, especialmente o tabaco, é uma prática tradicional em muitas culturas, associada a usos rituais, medicinais e sociais.

O fogo reúne pessoas. Ao seu redor acontecem conversas, histórias, cantos e ensinamentos dos mais velhos. É um espaço de memória, convivência e fortalecimento dos laços comunitários.

Crianças e jovens acompanham o uso do fogo em diferentes contextos, aprendendo com os mais velhos quando, como e por que utilizá-lo, fortalecendo a autonomia e a continuidade dos conhecimentos tradicionais.

7.5

SINALIZAÇÃO COM FUMAÇA

7.6

MARCAÇÃO TERRITORIAL

A fumaça é usada como código visual entre comunidades para anunciar, por exemplo, eventos, visitas ou caçadas bem-sucedidas.

Fogo também é utilizado para marcar limites territoriais, trilhas e locais sagrados. Essas marcas têm valor simbólico e reforçam a relação entre as pessoas e sua terra.

8

8.1

RÉCREAÇÃO E LAZER

O fogo é frequentemente utilizado em atividades recreativas, como fogueiras, brincadeiras infantis, fogos de artifício ou balões.



Com o tempo, impulsionado por formas predatórias e desordenadas de ocupação da terra, o equilíbrio na relação com o fogo foi perdido. Fora dos contextos tradicionais, o fogo tornou-se a principal ferramenta de manejo da terra para a grande maioria dos produtores na Amazônia, desde pequenos agricultores e colonos vindos de outras regiões, até médios e grandes fazendeiros e pecuaristas, tanto para expandir suas áreas de produção quanto para manejá-las posteriormente^{20,21,22}.

É importante lembrar que, no Brasil, que abriga cerca de 60% da Amazônia, durante as décadas de 1960 e 1970 a ocupação da região foi promovida como política de Estado, com concessão de terras e o slogan “Integrar para não entregar”²³. O uso da terra era demonstrado principalmente por meio do desmatamento e do uso do fogo, empregado de forma indiscriminada e sem controle, dando origem ao que conhecemos como o Arco do Desmatamento, que permanece até hoje como uma das principais fronteiras de perda florestal e degradação da Amazônia^{24,25}.

Outros atores relevantes que precisam ser considerados são os grileiros (pessoas que especulam com o preço da terra, ocupando-a de forma irregular),

que utilizam o fogo para provocar incêndios criminosos com o objetivo de promover a degradação florestal, para então ocupar a terra ilegalmente. Ao contrário do manejo tradicional, eles não seguem os calendários socioecológicos que orientam o uso sustentável do fogo²⁶, tornando esse uso predatório um dos principais motores do desmatamento e da degradação ambiental na Amazônia²⁷.

A degradação é a perda progressiva da integridade ecológica da floresta, afetando sua estrutura, biodiversidade e serviços ecossistêmicos, mesmo quando a vegetação permanece de pé. Pode ser causada pelo uso negligente do fogo, pela extração seletiva de madeira, pela fragmentação ou por secas extremas²⁸. Já o desmatamento envolve a remoção completa da cobertura florestal, geralmente para fins agropecuários, obras de infraestrutura ou expansão urbana, e costuma ser acompanhado pelo fogo como etapa final da conversão da terra. Embora distintos, degradação e desmatamento frequentemente atuam em conjunto, reforçando ciclos de perturbação ambiental²⁹.

Quando combinado com mudanças no uso da terra e com as mudanças climáticas, o fogo pode assumir um caráter com efeitos muito negativos³⁰. Esses processos alteram os regimes de fogo, antes raros em florestas úmidas, tornando-os mais frequentes, intensos e imprevisíveis³¹. Como resultado, a Amazônia torna-se mais inflamável, sobretudo em áreas fragmentadas ou degradadas, com vegetação seca e acúmulo de material combustível³², potencializando incêndios de grandes proporções e comportamentos extremos, alta severidade e em locais onde não ocorriam.

Na Tabela 3 são apresentados os principais usos predatórios do fogo, seus vetores e consequências para aumento do desmatamento e da degradação ambiental na Amazônia.

TABELA 3. USOS PREDATÓRIOS DO FOGO E SEUS VETORES

FOGO ILEGAL EM ÁREAS RECÉM-DESMATADAS		
 ESPECULAÇÃO DE TERRAS (GRILAGEM)	 FORMAÇÃO DE PASTO ILEGAL	 MINERAÇÃO ILEGAL
O uso do fogo na grilagem ocorre como estratégia de ocupação ilegal, voltada para a apropriação de terras públicas ou territórios coletivos. A prática envolve a queima intencional da vegetação para sinalizar controle da área, dificultar sua regeneração natural e facilitar a posterior introdução de gado ou lavouras. Muitas vezes, o fogo é usado repetidamente para manter a área “limpa” e criar a aparência de uso produtivo, como forma de legitimar a ocupação perante órgãos fundiários ou interessados em sua regularização. Esse tipo de ação está diretamente associado a conflitos fundiários, degradação ambiental e avanço do desmatamento, sobretudo nas regiões de fronteira agrícola.	O uso do fogo como ferramenta de desmatamento envolve a queima intencional da vegetação nativa para converter áreas nativas em pastagens ou lavouras, geralmente para monoculturas. Essa prática está associada à expansão do agronegócio predatório em larga escala e é uma das principais causas da perda de cobertura florestal na Amazônia e em outros biomas. A queima normalmente ocorre após o corte e secagem da vegetação, sendo utilizada para eliminar resíduos e preparar o solo para atividades produtivas. Além de prejudicar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, esse uso do fogo gera emissões significativas de gases de efeito estufa e aumenta o risco de incêndios florestais nas áreas vizinhas.	O fogo é utilizado para remover a vegetação e facilitar o acesso às camadas do solo em áreas de mineração, antecedendo a degradação causada pela extração de minérios.

As formas predatórias de uso do fogo, como o desmatamento e a grilagem de terras, são atualmente o principal motor da ocorrência de incêndios florestais extremos na Amazônia²⁸. Essas práticas desreguladas, associadas à ocupação ilegal de terras e à conversão de florestas em áreas produtivas, ignoram fatores climáticos e ecológicos e elevam drasticamente o risco do fogo sair do controle³³. Nesses contextos, o fogo deixa de ser uma ferramenta de manejo integrado, e passa a se tornar uma consequência de má gestão territorial: o incêndio florestal, conceituado como qualquer fogo fora de controle que se propaga por áreas de vegetação e exige resposta.

É importante atentar que todo uso do fogo envolve risco. Mesmo quando orientado por boas intenções e conhecimentos ancestrais e técnico-científicos, o fogo pode transformar-se em incêndio florestal se não forem observadas medidas de segurança, como a construção de aceiros, o monitoramento constante e a atenção rigorosa às condições climáticas¹⁸. Esses riscos variam em intensidade e origem. Para compreendermos melhor a ocorrência de incêndios florestais, apresentamos suas principais origens e causas na região amazônica.

PRINCIPAIS CAUSAS E ORIGENS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

ACIDENTAIS



Incêndios florestais frequentemente têm origem em usos do fogo como os que foram mencionados anteriormente, quando saem do controle por falta de atenção às condições climáticas ou às medidas de segurança. Outras origens incluem curtos-circuitos em redes elétricas, incêndios em infraestruturas e o uso de munições em treinamentos militares terrestres e aéreos. Na Amazônia, a maioria das ocorrências é de causa antrópica, embora em menor escala também possam ser provocadas por raios.

CRIMINOSOS, CONFLITOS E DISPUTAS



Incêndios criminosos estão ligados a conflitos e disputas territoriais. Podem ser usados para distrair autoridades, facilitar atividades ilegais, destruir plantações, restringir acessos ou intimidar comunidades. Em alguns casos, são provocados com artefatos de ignição retardada ou até surgem de treinamentos militares, transformando-se em incêndios florestais



©Augusto Dauster - Prevfogo/Ibama

Diante da intensificação dos incêndios florestais e de seus impactos negativos crescentes na Amazônia, é urgente compreender esse fenômeno em profundidade. Vimos que o fogo faz parte tanto do passado quanto do presente da região. Elemento concreto e plural, pode ser ao mesmo tempo ferramenta de vida ou força de destruição. Hoje, sua presença avança de forma incontrolável por muitos territórios, impulsionada pela forma predatória como a humanidade tem se relacionado com sua casa ancestral.

A seguir, iniciamos uma jornada pelos países da região amazônica, buscando compreender onde, quando e por que os incêndios florestais se intensificaram, em uma busca por respostas e caminhos para restaurar o equilíbrio em nossa relação com o fogo e com o meio ambiente.



O FOGO NA REGIÃO AMAZÔNICA

**Ane Alencar¹, Ana Carolina M. Pessoa¹, Wallace Vieira da Silva¹,
Armando Manuel Rodriguez-Montellano², Silvana Di Liberto Porles³,
Diana Zuley Caceres Lima³, Adriana Rojas Suárez⁴, Galia Selaya⁵,
Juan Pablo Iñamagua Uyaguari⁶**

¹Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) – Brasil
²Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) – Bolívia
³Instituto del Bien Común (IBC) – Peru
⁴Fundación Gaia Amazonas (FGA) – Colômbia
⁵ECOSCONSULT – Bolívia
⁶Universidad de Cuenca – Equador

Em 2024, os incêndios florestais se tornaram o maior motor de perda de florestas tropicais no planeta, ultrapassando o desmatamento*. A região amazônica, embora abrigue cerca de 6% de áreas naturais não florestais, é composta majoritariamente por florestas naturais tropicais úmidas¹ (79%)**. Essas florestas possuem características estruturais e microclimáticas que as tornam ecossistemas altamente sensíveis ao fogo^{8,9}. Como ressaltado no capítulo anterior, o fogo integra a história socioecológica da Amazônia há milênios, usado por povos indígenas como ferramenta de manejo^{10,11}. Comunidades tradicionais e produtores rurais também incorporaram seu uso em práticas produtivas. O uso múltiplo do fogo por diferentes atores torna a Amazônia uma das florestas tropicais mais intensamente manejadas com essa prática, mesmo sendo altamente vulnerável aos seus impactos¹².

Nos últimos anos os incêndios florestais na região se intensificaram, impulsionados por fatores como o desmatamento, a grilagem de terras, a fragmentação florestal e as mudanças climáticas^{13,14,15}. A ocorrência tem como origem majoritariamente a ação humana com seus vários usos do fogo^{16,17}, destacando-se o manejo de pastagens¹⁸. Os impactos dos incêndios florestais

* Disponível em: <https://www.wri.org/insights/global-trends-forest-fires>
** As informações do MapBiomas para região amazônica consideraram um mosaico das coleções nacionais para Bolívia (coleção 2)², Brasil (coleção 9)³, Colômbia (coleção 2)⁴, Equador (coleção 2)⁵, Peru (coleção 3)⁶ e Venezuela (coleção 2)⁷, junto dos dados MapBiomas Amazônia (coleção 6)¹ para Guiana, Guiana Francesa e Suriname. Para manter fluidez no texto a citação foi simplificada para Mosaico MapBiomas, porém as referências de cada coleção podem ser encontradas na lista bibliográfica. Todos os dados estão atualizados até 2023, exceto para o Peru, que possui dados até 2024. Para 2024, utilizamos os dados de cobertura de 2023.

incluem a degradação do solo, a alteração dos ciclos hidrológicos, a redução da capacidade de regeneração florestal e a ameaça aos modos de vida tradicionais^{19,20}, configurando-se como um dos principais vetores de degradação florestal da Amazônia²¹. Além disso, contribuem significativamente para as emissões de carbono e poluição do ar, ampliando seus efeitos para além das fronteiras amazônicas^{22,23,24}.

A intensificação das mudanças climáticas e das secas severas têm aumentado a inflamabilidade das paisagens, provocando situações em que o fogo, especialmente aquele utilizado em práticas agropecuárias, escapa ao controle^{25,26}. Esse cenário favorece a propagação de incêndios que atingem áreas florestais cada vez mais extensas, com maior frequência e intensidade^{23,15}. Uma vez que a floresta ombrófila é queimada, sua estrutura e composição se alteram, tornando-a mais suscetível a novos incêndios, prolongando o tempo necessário para a regeneração e comprometendo a integridade ecológica e os serviços ambientais do ecossistema^{27,28,29}.

Para avaliar a magnitude desse fenômeno, este capítulo analisa as dinâmicas do fogo e a extensão das áreas queimadas na região amazônica ao longo das últimas duas décadas. A estimativa de área queimada considerou o período de 2015 a 2024,

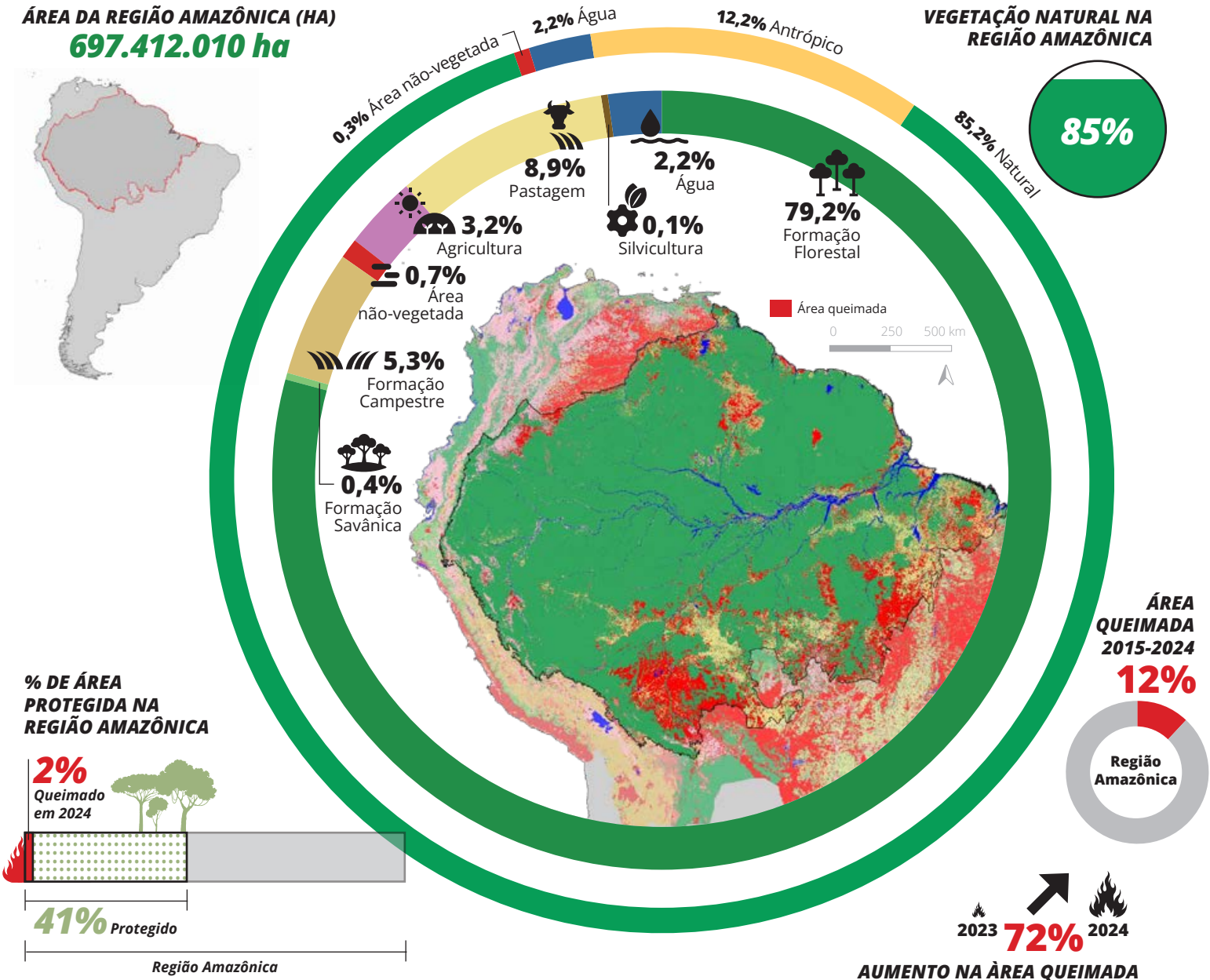
enquanto a análise da ocorrência de focos de calor, com foco em sazonalidade, utilizou dados de 2005 a 2024. Ambos os conjuntos de dados foram obtidos a partir dos satélites Terra e Aqua*. A análise buscou responder a quatro questões centrais: quanto queima, quando queima, o que queima e onde queima. Essas informações são fundamentais para compreender as mudanças recentes nos padrões e nos regimes de fogo, identificar seus principais vetores e subsidiar políticas públicas mais eficazes de prevenção, controle e manejo, com o objetivo de mitigar impactos ambientais, sociais e econômicos em toda a Amazônia.

Para fins das análises apresentadas neste capítulo — e ao longo de toda a publicação — adotamos o limite biogeográfico/bioma da Amazônia como referência^{32,33}. Essa medida refere-se à região amazônica caracterizada por vegetação, clima e dinâmicas ecológicas semelhantes, distinta da delimitação da bacia amazônica (definida pela área de captação hidrológica) e da Pan-Amazônia (entendida como uma região geopolítica mais ampla). A opção pelo recorte biogeográfico/bioma se justifica pela conectividade da vegetação, que permite compreender a Amazônia como um sistema contínuo e integrado, fundamental para analisar a dinâmica do fogo. Ressalta-se que a Guiana Francesa, embora considerada nesta análise, não integra a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA).

* O dado MCD64A1, usado para o cálculo de área queimada neste capítulo, apresenta limitações na detecção de áreas queimadas de pequena extensão³⁰, o que pode levar à subestimação, sobretudo em países onde a dinâmica do fogo é marcada por queimas controladas em pequenas propriedades agrícolas. Ainda assim, trata-se do único produto disponível para toda a extensão da região amazônica, com desempenho de mapeamento mais próximo ao de produtos regionais³¹.

FIGURA 1. Distribuição da área queimada acumulada entre 2015 e 2024 (em vermelho no mapa) na porção norte da América do Sul, destacando a região amazônica (contorno preto). A figura evidencia proporções de uso e cobertura da terra e de área queimada na região, a ocorrência de fogo em áreas protegidas e o aumento da área queimada entre 2023 e 2024.

Fonte: RAISG, Mosaico MapBiomias, MCD64A1



O QUANTO QUEIMA NA AMAZÔNIA

As áreas queimadas na Amazônia concentram-se historicamente ao longo das bordas sul e noroeste da bacia. Essas regiões, que incluem o Arco do Desmatamento na Amazônia brasileira, o centro-norte da Bolívia e o sudeste do Peru, coincidem em grande parte com zonas dominadas por usos agropecuários (Figura 1). Além da porção sul da bacia, os incêndios também atingem ecossistemas naturais não florestais, como savanas, lavrados e campinaranas, presentes no noroeste da região, abrangendo áreas do Brasil, sul da Venezuela e oeste da Amazônia colombiana. Na última década, essas frentes de fogo avançaram ainda mais sobre as áreas florestais. De modo geral, independentemente das fronteiras nacionais, a atividade de fogo permanece fortemente associada a

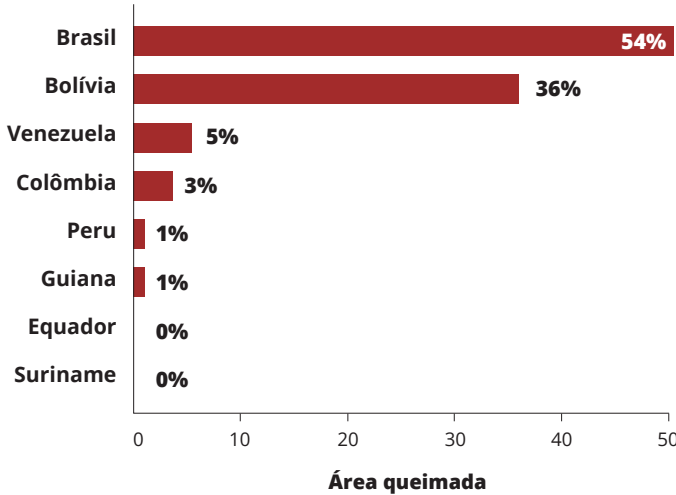
áreas desmatadas, frentes de expansão agrícola e manchas de vegetação nativa não florestal e/ou pastagem.

Entre 2015 e 2024, os países da região amazônica queimaram, juntos, aproximadamente 267 milhões de hectares. Desse total, cerca de 83 milhões de hectares, quase um terço, estavam dentro da própria região amazônica (Tabela 1). O Brasil respondeu pela maior parte, com 54% do total (45 milhões de hectares). A Bolívia veio em seguida, com 36%, depois Venezuela (5%), Colômbia (3%), Guiana (1,3%) e Peru (0,8%) (Figura 2A). Tanto o Brasil quanto a Bolívia registraram uma alta proporção de áreas queimadas em seus territórios amazônicos (Figura 2B), evidenciando as intensas pressões ambientais e a necessidade urgente de estratégias coordenadas de manejo do fogo em escala regional (Tabela 1, Figura 2).

FIGURA 2. (A) Área queimada acumulada na região amazônica por país entre 2015 e 2024, e contribuição proporcional da área queimada pelos países da região amazônica; (B) Proporção da área queimada na região amazônica por país.

Fonte: MCD64A1

(A) Área queimada na região amazônica (2015-2024)
Total = 83.311.740 ha



(B) Proporção da área queimada no país registrada da região amazônica (2015-2024)

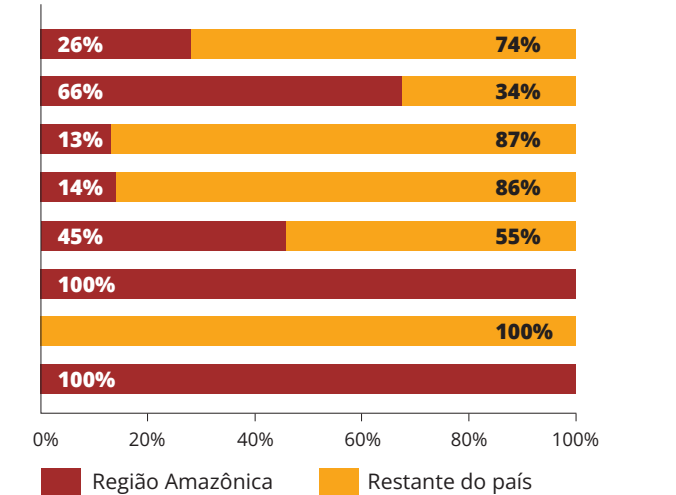


TABELA 1. Número de focos de calor e área queimada de 2015 a 2024 nos países da região amazônica e dentro da própria região amazônica. (A) Proporção do território nacional que queimou; (B) Proporção da área queimada total entre os países; (C) Proporção da área queimada localizada na região amazônica dentro de cada país; e (D) proporção da área total queimada na Amazônia por país.

Fonte: MCD64A1, satélite de referência AQUA M-T

Focos de calor e extensão afetada por fogo entre 2015 e 2024 na região amazônica

					Região Amazônica				
País	Área do país (ha)	Área queimada total (ha)	A	B	Área da região amazônica (ha)	Focos de calor (N)	Área queimada (ha)	C	D
Brasil	847.386.994	169.998.627	20%	64%	418.062.524	991.160	44.979.559	11%	54%
Bolívia	108.653.448	45.234.519	42%	17%	49.528.978	224.810	29.812.746	60%	36%
Venezuela	91.162.367	31.492.732	35%	12%	46.757.145	49.205	4.044.910	9%	5%
Colômbia	113.567.603	17.170.653	15%	6%	50.377.229	60.169	2.450.866	5%	3%
Peru	129.087.436	1.482.759	1%	1%	78.470.892	111.503	663.745	1%	0,8%
Guiana	21.067.963	1.094.389	5%	0,4%	21.082.882	13.944	1.094.388	5%	1,3%
Equador	25.584.953	477.238	2%	0,2%	10.337.853	1.121	2.132	0%	0%
Suriname	14.501.772	263.939	2%	0,1%	14.472.950	5.158	263.395	2%	0,3%
Guiana Francesa	8.362.502	11.988	0%	0%	8.321.556	2.272	11.988	0%	0%
Total	1.359.375.038	267.226.300		100%	697.412.010	1.459.342	83.323.728		100%

A porção amazônica do Brasil e da Bolívia também foram as regiões que mais registraram focos de calor entre 2015 e 2024 (Tabela 1). Enquanto a Amazônia brasileira teve 11% do seu território queimado e registrou 991.160 focos de calor no período, a Bolívia teve 60% de sua porção amazônica queimada, e 224.810 focos de calor. Esses resultados sugerem que, apesar do Brasil apresentar os maiores valores absolutos tanto de área queimada quanto de número de focos de calor, em termos proporcionais a Bolívia sofreu um impacto significativamente maior do fogo sobre seu bioma amazônico (Tabela 1).

Entre 2015 e 2024, a Amazônia registrou em média 138 mil focos de calor e 7,5 milhões de hectares queimados por ano (Figuras 3A e 3B). Nesse período, 2024 se destacou como o mais crítico, com 215 mil focos de calor e 16 milhões de hectares queimados, apenas na Amazônia. Esses números representam um aumento de 55% nos focos e 116% na área queimada em relação à média dos nove anos anteriores (Figuras 3A e 3B).

Considerando todos os países da Amazônia, 2024 também marcou um pico significativo, com 452 mil focos de calor, 59% acima da média histórica de 284 mil. A área queimada chegou a 43 milhões de hectares, 72% acima da média de 25 milhões (Figuras 3C e 3D). Esses números refletem um agravamento expressivo na ocorrência de incêndios tanto na Amazônia quanto em seus países no ano de 2024.

Além de 2024, vários outros anos da série histórica também apresentaram valores acima da média de focos de calor e área queimada. As exceções foram 2018 e 2021, anos de La Niña, quando condições mais úmidas reduziram a ocorrência de incêndios em grande parte da região. Em contraste, 2015 —

marcado pelo chamado El Niño “Godzilla” — e 2016 registraram aumentos expressivos em ambos os indicadores, seguidos por 2017, o qual, mesmo sem El Niño, refletiu seu legado climático. A atividade elevada também foi observada em 2019 e 2020, impulsionada principalmente pela expansão do desmatamento. Mais recentemente, 2022 e 2023 apresentaram aumentos exponenciais na área queimada e focos de calor acima da média. Fora do bioma amazônico, a tendência foi diferente, com declínio nos dois indicadores entre 2021 e 2023. Na Amazônia, porém, a proporção aumentou fortemente nos últimos três anos, representando 55%, 54% e 47% do total de focos de calor, e 35%, 42% e 38% dos totais nacionais queimados em 2022, 2023 e 2024, respectivamente.

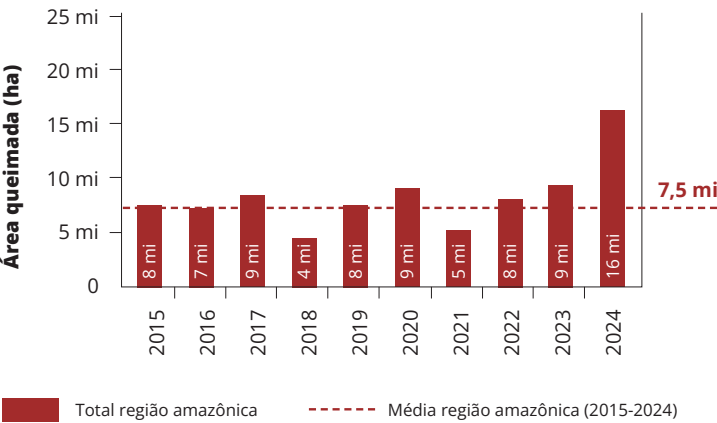


FIGURA 3. (A) Área queimada anual na região amazônica (laranja); (B) Número de focos de calor na região amazônica (verde); (C) Área queimada anual na região amazônica (laranja) e área queimada no restante dos países da região amazônica (tracejado laranja); e (D) Número de focos de calor na região amazônica (verde) e número de focos de calor no restante dos países da região amazônica (tracejado verde).

Fonte: MCD64A1, satélite de referência AQUA M-T

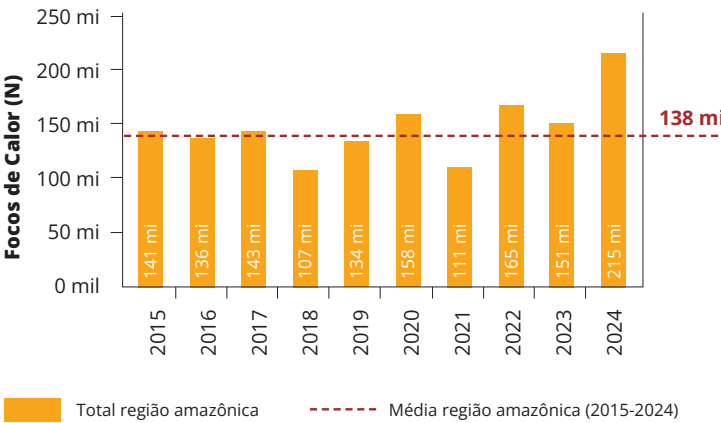
(A) Área queimada anual na região amazônica

Fonte: MCD64A1



(B) Número de focos de calor na região amazônica

Fonte: Satélite de referência AQUA M-T



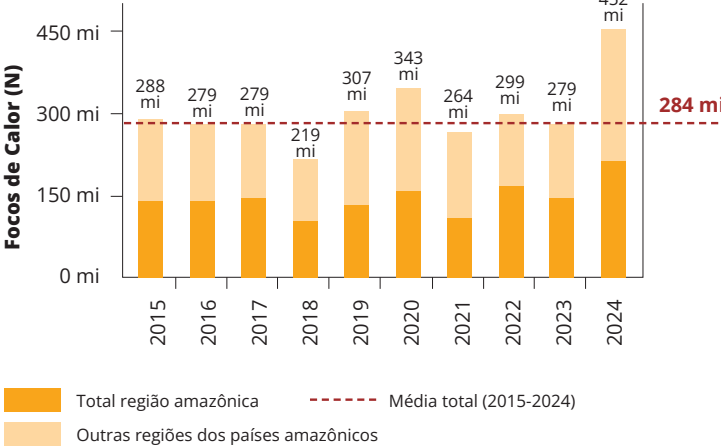
(C) Área queimada anual nos países Amazônicos

Fonte: MCD64A1



(D) Número de focos de calor nos países amazônicos

Fonte: Satélite de referência AQUA M-T



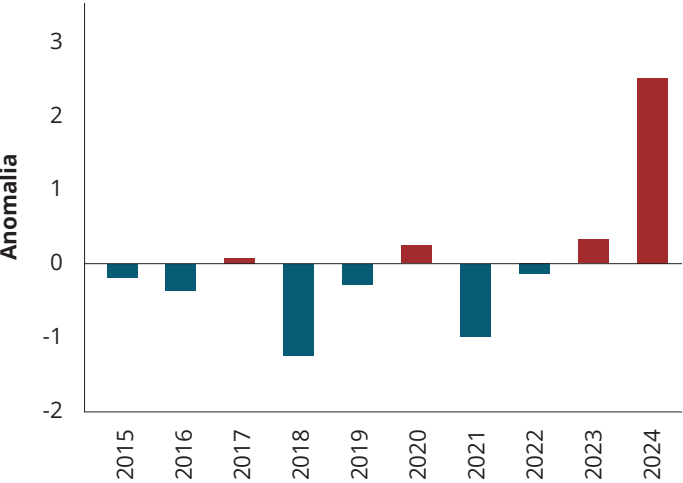
Em termos de anomalia interanual* na última década, 2024 registrou os maiores valores acima da média mensal, tanto para área queimada quanto para focos de calor (Figuras 4A e 4B). Os anos divergentes na comparação entre focos de calor e área queimada

estão provavelmente associados com o tipo de área queimada, como o fogo relacionado ao desmatamento e o fogo relacionado aos incêndios florestais no final da década. Ambos são capturados com frequência e intensidade diferentes nos dados de focos de calor.

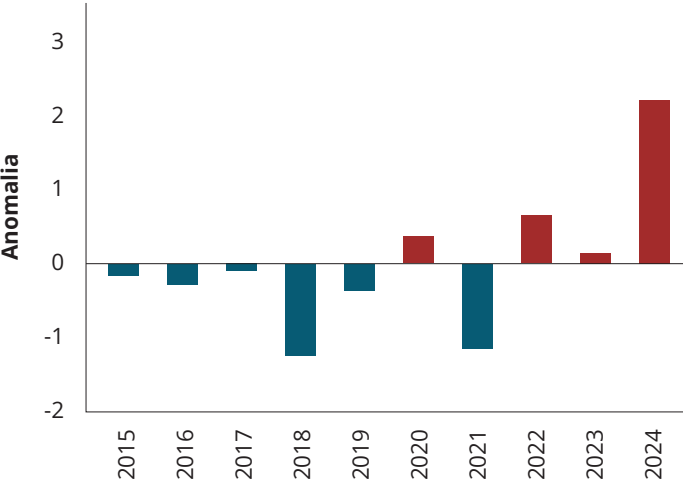
FIGURA 4. Anomalias interanuais de (A) área queimada e (B) focos de calor na região amazônica.

Fonte: MCD64A1, satélite de referência AQUA M-T

(A) Anomalias interanuais na área queimada na região amazônica



(B) Anomalias inter-anuais na ocorrência de focos de calor na região amazônica



* A anomalia é calculada pela seguinte fórmula: Anomalia = (valor anual - média do período)/desvio padrão

QUANDO QUEIMA NA AMAZÔNIA

A sazonalidade é uma característica importante dos regimes de fogo. Na Amazônia, saber quando as queimadas ocorrem é essencial para ações eficazes de prevenção de incêndios, resposta rápida e manejo de longo prazo. Padrões sazonais, frequentemente associados a condições climáticas e práticas de uso da terra, permitem que as autoridades antecipem períodos de alto risco, posicionem recursos de forma estratégica, implementem proibições temporárias de uso do fogo ou campanhas de sensibilização, e reforcem a aplicação da lei direcionando a fiscalização para os períodos de maior atividade.

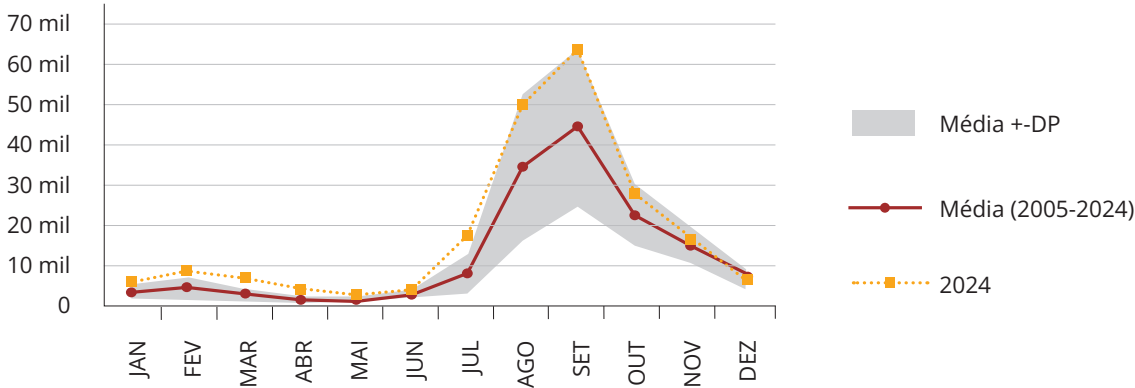
Para avaliar o padrão temporal intra-anual das queimadas e incêndios na Amazônia, foi analisada uma série histórica mais longa de dados de focos de calor, de 2005 a 2024. O fogo na região amazônica

apresenta forte sazonalidade, com picos concentrados em agosto, setembro e outubro, meses mais críticos da estação seca em toda a região. Essa sazonalidade, entretanto, não é homogênea em toda a Amazônia, seguindo um gradiente climático local característico³⁴. A curva média mensal de focos de calor, com a variabilidade representada por um desvio-padrão, confirma esse padrão: a atividade se mantém baixa de janeiro a junho, aumenta acentuadamente em julho, atinge o pico entre agosto e setembro, e decai entre novembro e dezembro. Esse resultado destaca que, em 2024, as ocorrências de focos de calor ficaram significativamente acima da média histórica e ultrapassaram o limite superior do desvio-padrão, indicando uma temporada de incêndios excepcional tanto em magnitude quanto em persistência (Figura 5).

FIGURA 5. Média mensal do número de focos de calor na região amazônica (2005-2024), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada laranja).

Fonte: Satélite de referência AQUA M-T

Média mensal de focos de calor na região amazônica vs. 2024



A análise da distribuição média mensal de focos de calor por país, entre 2005 e 2024, mostra que, embora o padrão agregado para a região amazônica apresente forte concentração da atividade de fogo em agosto (22%) e setembro (29%), existem variações significativas entre os países (Tabela 2). Brasil e Peru concentram mais de 60% de sua atividade anual de fogo nesses dois meses, refletindo a influência direta do auge da estação seca central. Na Bolívia, o pico ocorre em setembro (34%), mas com valores elevados também em agosto e outubro (21% cada), indicando

uma temporada de fogo mais longa. Em contraste, Colômbia e Venezuela apresentam máximos no início do ano, com fevereiro respondendo por 48% e março por 22% da atividade, respectivamente, devido a regimes climáticos distintos. Já Guiana, Suriname e Guiana Francesa registram a maior parte de seus focos de calor entre outubro e novembro, por estarem mais próximas ao Equador e sob influência da Zona de Convergência Intertropical. Esses padrões reforçam a necessidade de estratégias de prevenção e combate ao fogo adaptadas ao calendário climático de cada país.

TABELA 2. Distribuição média mensal (%) de focos de calor na região amazônica e em seus países constituintes entre 2005 e 2024. Os valores representam a proporção média de focos de calor registrados em cada mês em relação ao total anual de cada território. Os dados evidenciam a variabilidade sazonal e espacial da ocorrência de fogo, destacando as diferenças nos períodos de pico entre os países.

Fonte: Satélite de referência Aqua M-T

	MÉDIA DA DISTRIBUIÇÃO MENSAL DE FOCOS DE CALOR ENTRE 2005 E 2024											
País / Região	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Bolívia	0%	0%	0%	1%	2%	4%	9%	21%	34%	21%	6%	1%
Brasil	2%	1%	1%	1%	1%	2%	5%	24%	30%	16%	12%	6%
Colômbia	20%	48%	14%	2%	0%	0%	1%	2%	3%	2%	2%	4%
Equador	18%	16%	2%	2%	1%	1%	1%	7%	15%	14%	16%	8%
Guiana Francesa	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	2%	19%	52%	2%	1%
Guiana	9%	7%	12%	10%	2%	2%	2%	2%	11%	24%	14%	6%
Peru	2%	1%	1%	1%	1%	2%	7%	32%	40%	10%	3%	1%
Suriname	4%	3%	5%	5%	1%	0%	0%	2%	15%	42%	21%	3%
Venezuela	16%	18%	22%	17%	5%	1%	1%	1%	3%	4%	5%	8%
Região Amazônica	3%	3%	2%	1%	1%	2%	6%	22%	29%	15%	10%	5%

O QUE QUEIMA NA AMAZÔNIA

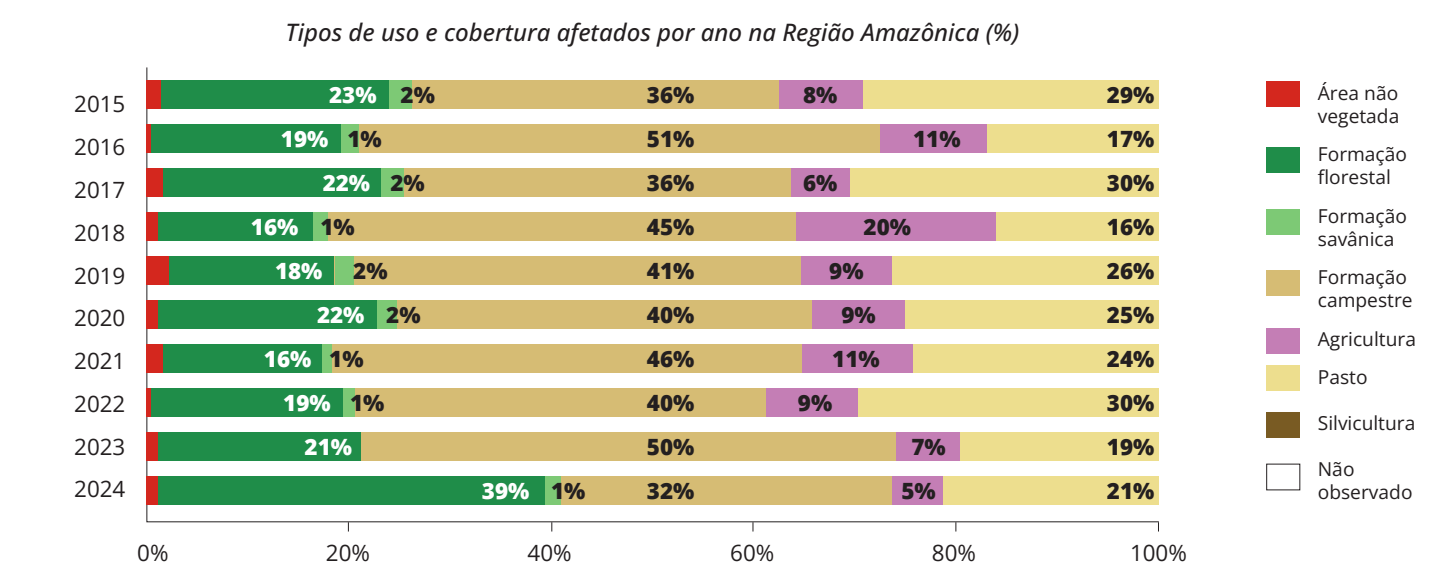
Na última década, a agricultura e a pastagem mantiveram uma participação relativamente estável na área queimada, variando entre 5% e 20% e entre 16% e 30%, respectivamente (Figura 6). Em contraste, 2024 registrou um aumento significativo na proporção de área queimada em formações florestais, alcançando 39%, o valor mais alto da série histórica. Esse crescimento reflete a intensificação dos impactos do fogo sobre os ecossistemas florestais, que historicamente apresentavam participação menor em comparação com as áreas de uso agrícola.

Em 2024, dos 16,1 milhões de hectares queimados na Amazônia, 73% corresponderam à vegetação natural, 26% a áreas antrópicas, como pastagens, agricultura

e áreas urbanas, e 1% a outros usos (Tabela 3). Bolívia e Brasil concentraram as maiores extensões queimadas, tanto em valores absolutos quanto na proporção de vegetação natural afetada. A Bolívia registrou 5,5 milhões de hectares de vegetação nativa queimados (91% do total do país), enquanto o Brasil contabilizou 4,9 milhões de hectares (58% da área queimada na porção amazônica nacional). No entanto, no Brasil, a participação das áreas antrópicas foi proporcionalmente maior (41%) em relação a Bolívia (9%), refletindo diferenças nos vetores de ignição e no uso do fogo. Equador (73%), Guiana Francesa (93%) e Colômbia (85%) também apresentaram predominância de queimadas em vegetação natural, embora em menores extensões absolutas (Tabela 3). Peru e Venezuela mostraram uma distribuição mais equilibrada entre vegetação natural e áreas antrópicas.

FIGURA 6. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica

Fonte: Mosaico MapBiomass, MCD64A1



Entre 2023 e 2024, a área queimada sobre cobertura natural cresceu 73% na Amazônia, enquanto em áreas antrópicas o aumento foi de 72% (Tabela 3). A expansão do fogo sobre vegetação natural foi observada em todos os países amazônicos, exceto na Guiana Francesa. Já as queimadas em áreas antrópicas aumentaram no Brasil, Equador, Guiana, Peru e Venezuela, mas diminuíram na Bolívia, Colômbia, Guiana Francesa e Suriname. Brasil, Bolívia e Venezuela, que historicamente concentram as maiores áreas queimadas, também registraram os maiores aumentos absolutos no período.

Os aumentos proporcionais mais expressivos da área queimada em vegetação natural nesse período ocorreram na Guiana Francesa (+624%), Suriname (+295%), Colômbia (+152%) e Peru (+62%). Em termos absolutos, Brasil, Bolívia e Venezuela lideraram,

com fortes incrementos. No Brasil, o fogo em áreas antrópicas cresceram 94% e em áreas naturais 152%. A Bolívia, por sua vez, registrou alta de 25% em vegetação nativa, mas queda de 3% nas áreas antrópicas. A Venezuela seguiu tendência semelhante à brasileira, com crescimento de 173% nas áreas antrópicas e 253% nas naturais.

Peru e Equador, apesar de menores áreas absolutas, apresentaram aumentos proporcionais expressivos em ambas as classes de cobertura (+295% no Peru e +624% no Equador). Esse cenário revela um avanço preocupante do fogo sobre ecossistemas naturais, expandindo-se para além das áreas tradicionalmente associadas a atividades produtivas, e reforça a urgência de estratégias integradas de manejo, especialmente nos países que concentram maiores impactos e pressões.

TABELA 3. Tipo de cobertura da terra queimado (natural e antrópica)* na região amazônica, e sua diferença percentual em 2024, incluindo a diferença da área queimada de 2023 para 2024

Fonte: Mosaico MapBiomas, MCD64A1

	Área queimada em 2024 (ha) em cobertura						Diferença da área queimada de 2023 para 2024 (%) em cobertura			
País	Antrópica		Natural		Outros		Antrópica		Natural	
Bolívia	522.679	9%	5.505.145	91%	41.532	1%	↓	-3%	↑	25%
Brasil	3.438.520	41%	4.917.424	58%	88.796	1%	↑	94%	↑	152%
Colômbia	21.001	13%	135.045	85%	3.678	2%	↓	-1%	↑	70%
Equador	289	23%	921	73%	60	5%	↑	323767%	↑	624%
Guiana Francesa	0	0%	399	93%	28	7%	↓	-100%	↓	-89%
Guiana	45.021	19%	190.654	80%	3.663	2%	↑	6%	↑	62%
Peru	86.414	44%	108.305	55%	3.638	2%	↑	236%	↑	295%
Suriname	8.017	16%	43.121	84%	192	0%	↓	-55%	↑	91%
Venezuela	145.492	15%	811.727	84%	8.582	1%	↑	173%	↑	253%
Total	4.267.433	26%	11.712.742	73%	150.169	1%	↑	73%	↑	72%

* Para esta tabela foram consideradas as classes de uso e cobertura da terra naturais (vegetação nativa) e antrópicas (agricultura e pastagem). Representando uma pequena porcentagem do que é queimado, as classes área não vegetada, água e não observado foram consideradas como outros.

ONDE QUEIMA NA AMAZÔNIA

A região amazônica possui mais de 280 milhões de hectares sob algum tipo de proteção, distribuídos entre Terras Indígenas (TI) e outras Áreas Naturais Protegidas (ANP)*. O Brasil concentra a maior extensão dessas áreas protegidas na região, com 107 milhões de hectares de TI e 50 milhões de hectares de ANP (no Brasil essas áreas são denominadas de Unidades de Conservação), seguido pela Venezuela (39 milhões de hectares protegidos) e pela Colômbia (28 milhões de hectares protegidos) (Tabela 4).

No total, 6,5 milhões de hectares foram queimados dentro das áreas protegidas (TI e ANP) da Amazônia em 2024, o que corresponde a 41% da área total queimada na região, sendo 3,9 milhões (25%) em TI e 2,6 milhões (16%) em ANP. Entre 2023 e 2024, observou-se um aumento expressivo nessas áreas, principalmente em áreas de TI, com um aumento de 81% entre os anos, enquanto nas ANP o acréscimo foi de 52% (Tabela 4).

Em termos absolutos, a Bolívia liderou a extensão queimada dentro de áreas protegidas, com mais de 1,9 milhão de hectares em TI e 1,7 milhão em ANP, representando cerca de 60% de toda a área queimada em 2024 no país, e 56% do total queimado dentro das áreas protegidas da Amazônia como um todo (Tabela 4). O Brasil foi o segundo país que mais contribuiu para a área queimada dentro das áreas protegidas em 2024, representando 37% do que foi queimado na categoria, com 1,6 milhões de hectares (19%) queimados em TI e 854 mil hectares (10%) em ANP. Em terceiro lugar veio a Venezuela com 6% de tudo que foi queimado nas áreas protegidas da Amazônia em 2024, sendo 37% acontecendo em TI e 2% acontecendo em ANP (Tabela 4).

Considerando a variação por país, com exceção da Guiana Francesa e do Suriname, a maioria das nações amazônicas registrou aumento da área queimada em TI entre 2023 e 2024. Para as ANP, a tendência de alta também foi observada na Bolívia, Brasil, Colômbia, Peru e Venezuela, enquanto os demais países não registraram áreas queimadas nessas áreas nos dois últimos anos (Tabela 4). Entre os maiores aumentos relativos, destacam-se: Equador, com crescimento de 1.687% em TI; Colômbia, com salto de menos de 1 hectare em ANP em 2023 para 117 hectares em 2024; Peru, com aumento de 594% em ANP; e Venezuela, onde a área queimada cresceu 5.065%. Esses números revelam uma preocupante intensificação da área queimada dentro das áreas protegidas da Amazônia.



* Área calculada com mapas disponibilizados pela RAISG disponível em: <https://www.raisg.org/pt-br/mapas/>.

TABELA 4. Área total queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica. (A) Proporção da área queimada dentro de TI+ANP em relação à área total queimada na porção amazônica de cada país; (B) Proporção queimada em áreas protegidas em cada país em relação ao total queimado nessa categoria; (C) Proporção da área queimada dentro de TI em relação à área total queimada na porção amazônica de cada país; e (D) Proporção da área queimada dentro de ANP em relação à área total queimada na porção amazônica de cada país.

Fonte: RAISG, áreas protegidas; MCD64A, área queimada

Extensão afetada por fogo em Terras Indígenas (TI) e outras áreas protegidas (AP) na região amazônica

País	Área (ha)		Área total queimada em 2024 (ha)	Área total queimada dentro de TI+ANP			Área queimada em 2024 (ha) em:				Diferença da área queimada de 2023 para 2024 (%) em:			
	TI	ANP			(A)	(B)	TI	(C)	ANP	(D)	TI		ANP	
Bolívia	13.215.691	9.097.062	6.069.356	3.645.673	60%	56%	1.943.610	32%	1.702.063	28%	↑	28%	↑	54%
Brasil	10.676.442	50.348.756	8.444.741	2.453.677	29%	37%	1.599.669	19%	853.981	10%	↑	218%	↑	44%
Colômbia	27.471.650	1.627.759	159.723	135.948	85%	0%	25.383	16%	117	0%	↑	61%	↑	32750%
Equador	6.422.845	29.508	1.270	747	59%	0%	747	59%	0	0%	↑	1687%		624%
Guiana Francesa	699.749	460	427	0	0%	0%	0	0%	0	0%	↓	-100%		0%
Guiana	3.177.742	29.754	239.338	17.702	7%	0%	17.702	7%	0	0%	↑	84%		594%
Peru	28.524.745	2.544.820	198.357	29.410	15%	0%	26.126	13%	3.248	2%	↑	206%	↑	594%
Suriname	13.439	702	51.330	172	0%	0%	47	0%	0	0%	↓	-32%		0%
Venezuela	36.114.143	2.662.989	965.081	836.466	87%	6%	361.784	37%	212.882	9%	↑	170%	↑	5065%
Total	222.402.507	64.841.680	16.130.343	6.557.395	41%	100%	3.976.004	25%	2.581.391	16%	↑	81%	↑	52%



©AdobeStock

CONCLUSÃO

As evidências da última década indicam claramente que, na região amazônica, o fogo deixou de se restringir às tradicionais fronteiras agrícolas e de savana, avançando cada vez mais para maciços florestais e áreas protegidas no interior da bacia. O ano de 2024 se destacou como um marco excepcional, tanto pela magnitude quanto pela persistência dos incêndios. A combinação de extremos climáticos, mudanças no uso da terra impulsionadas pela ação humana e fragilidades de governança tem ampliado a pressão do fogo para além das fronteiras nacionais, configurando um desafio regional compartilhado. Isso reforça a necessidade de estratégias coordenadas e transfronteiriças de manejo do fogo, integrando prevenção, monitoramento, resposta rápida e recuperação pós-fogo.

Os dados também evidenciam a diversidade da sazonalidade do fogo entre os países amazônicos, moldada por regimes climáticos locais. Essa

variabilidade significa que não existe uma política única aplicável a toda a região; estratégias eficazes precisam ser adaptadas aos calendários nacionais e subnacionais de fogo, direcionando medidas de prevenção e fiscalização para os períodos de maior risco. Fortalecer sistemas de monitoramento, ampliar as capacidades de alerta precoce baseadas em satélite e integrá-las ao processo decisório operacional são passos críticos para reduzir impactos.

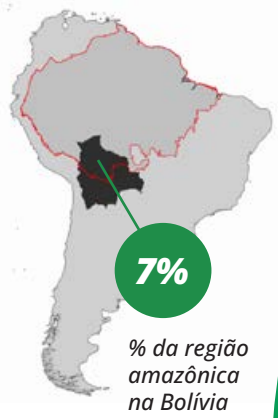
Por fim, o expressivo aumento da área florestal queimada, especialmente em 2024, sinaliza uma perigosa mudança rumo a maiores danos ecológicos e emissões de carbono. Enfrentar essa trajetória exige atacar tanto os fatores imediatos, como o desmatamento e a expansão de pastagens, quanto as causas estruturais, incluindo a insegurança fundiária e a insuficiente proteção de territórios indígenas e áreas de conservação. A urgência é clara: sem ação imediata, coordenada e sustentada, o fogo continuará a corroer a integridade ecológica da Amazônia, comprometendo seu papel na regulação climática, na conservação da biodiversidade e na subsistência de milhões de pessoas que dela dependem.

//// BOLÍVIA

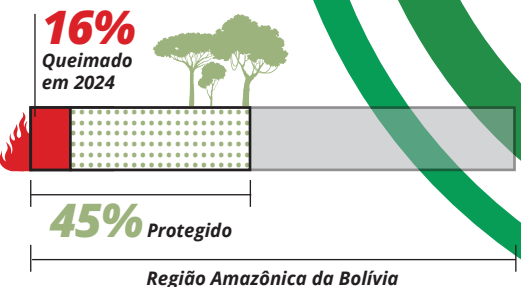
FIGURA 7. Distribuição da área queimada acumulada entre 2015 e 2024 (em vermelho no mapa) na Bolívia, destacando a região amazônica (contorno preto). A figura evidencia proporções de uso e cobertura da terra e de área queimada na região, a ocorrência de fogo em áreas protegidas e o aumento da área queimada entre 2023 e 2024.

Fonte: RAISG, MapBiomias Bolívia, MCD64A1

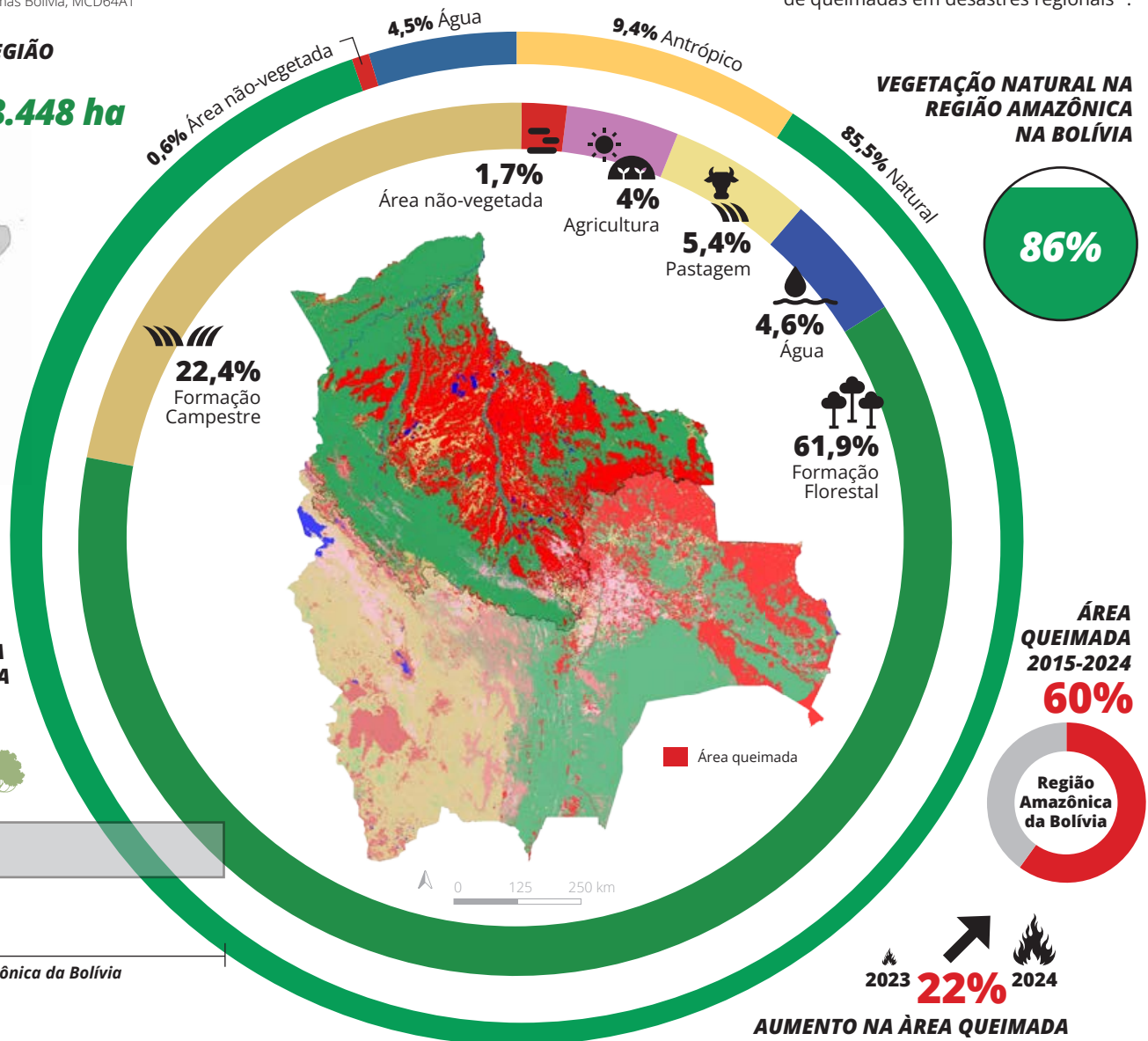
ÁREA DO PAÍS NA REGIÃO AMAZÔNICA (ha)
108.653.448 ha



% DE ÁREA PROTEGIDA NA REGIÃO AMAZÔNICA DA BOLÍVIA AFETADA POR FOGO EM 2024



Na Bolívia, entre 2015 e 2024, grande parte da Amazônia foi queimada (60%), e a área impactada nessa região representa mais da metade (66%) da área total queimada no país (Tabela 1, Figura 7). Essas queimadas têm origem na prática de roça e na derrubada de florestas para a produção agropecuária industrial. Também estão relacionadas a invasões e assentamentos ilegais em áreas privadas, terras fiscais, indígenas e áreas protegidas³⁵ e, em alguns locais, a atividades ilegais de produção de coca e garimpo de ouro^{36,37}. Soma-se a isso a flexibilização de permissões de desmate e do uso do fogo sob a normativa de queimadas controladas, em um cenário de secas prolongadas³⁸ e frágil governança local e transfronteiriça^{39,40}. A prática generalizada do *chaqueo* (queima agrícola) fornece a fonte de ignição, enquanto os períodos de seca severa, exacerbados pelas mudanças climáticas, atuam como catalisadores que permitem que esses incêndios se espalhem sem controle, transformando focos locais de queimadas em desastres regionais⁴¹.

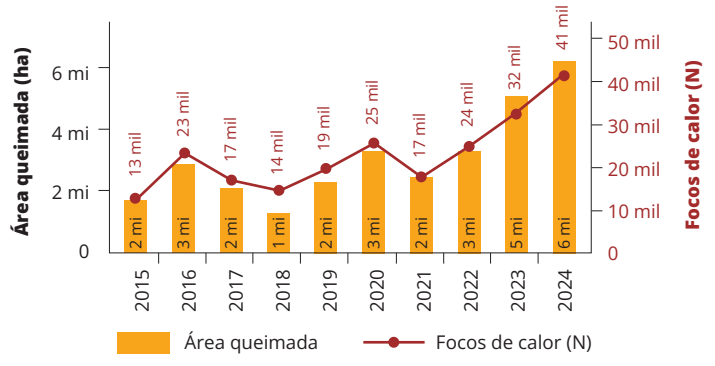


QUANTO

Entre 2015 e 2024, a Bolívia queimou, em média, cerca de 3 milhões de hectares por ano na região amazônica. O ano de 2024 teve a maior área queimada, com 6 milhões de hectares, o que representa um aumento de 106% em relação à média da década. Esse também foi o ano com o maior número de focos de calor registrados (40.807) (Figura 8).

FIGURA 8. Área queimada (barras) e focos de calor (linha) anual entre 2015 e 2024 na região amazônica da Bolívia.

Fonte: MCD64A1, satélite de referência Aqua M-T

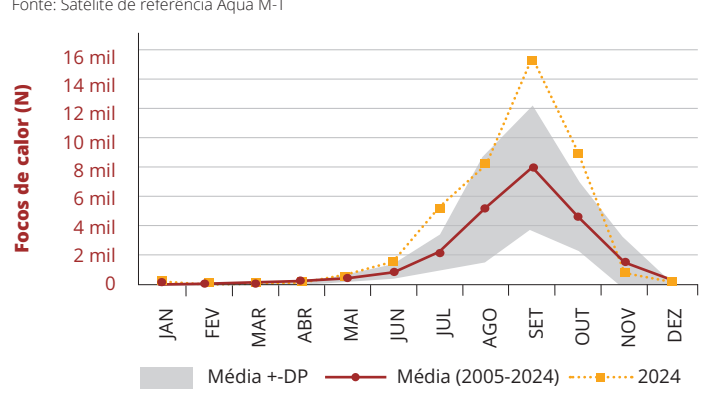


QUANDO

A região amazônica boliviana tem uma temporada de fogo bem concentrada entre agosto e outubro, especialmente em setembro (34%), com mais de 75% dos focos historicamente ocorrendo nesses três meses (Figura 9).

FIGURA 9. Média mensal do número de focos de calor (2005-2023), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada laranja) na região amazônica da Bolívia.

Fonte: Satélite de referência Aqua M-T

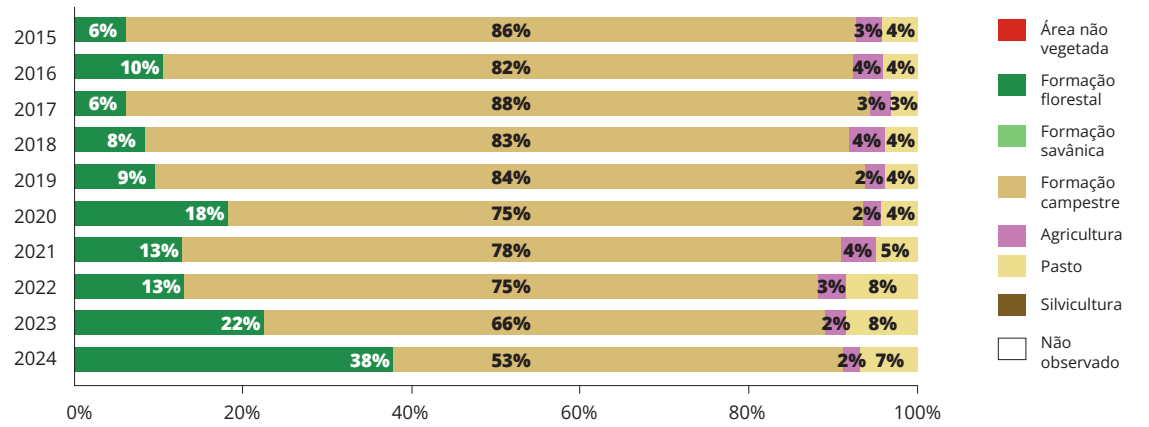


O QUE

A formação campestre é a categoria mais afetada por fogo, concentrando 53% do total de área queimada em 2024 (queda em relação aos 86-88% dos primeiros anos). Em segundo lugar está a formação florestal, com 38% em 2024, que vem crescendo continuamente desde 2015 (era 6%). Pastagens ocupam o terceiro lugar, com 7% em 2024, mantendo certa estabilidade (Figura 10).

FIGURA 11. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica da Bolívia.

Fonte: MCD64A1, MapBiomias Bolívia

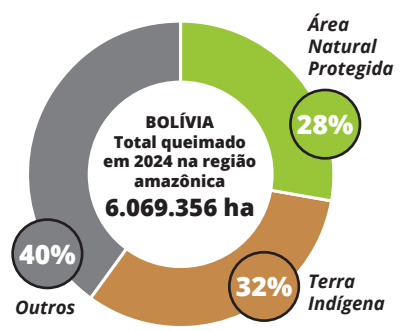


ONDE

Em 2024, 32% da área queimada na Amazônia boliviana ocorreu em Terras Indígenas, 28% em outras áreas protegidas e 40% em outras categorias fundiárias, totalizando mais de 6 milhões de hectares afetados pelo fogo (Figura 11). Um aspecto particularmente relevante é que parte dessa área queimada na floresta amazônica do norte do departamento de Santa Cruz teve origem no *Bosque Seco Chiquitano* (floresta seca chiquitana), de onde o fogo se propagou até alcançar essas regiões.

FIGURA 10. Área total queimada em 2024 e proporção queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica da Bolívia.

Fonte: MCD64A1, RAISG



//// BRASIL

FIGURA 12. Distribuição da área queimada acumulada entre 2015 e 2024 (em vermelho no mapa) no Brasil, destacando a região amazônica (contorno preto). A figura evidencia proporções de uso e cobertura da terra e de área queimada na região, a ocorrência de fogo em áreas protegidas e o aumento da área queimada entre 2023 e 2024.

Fonte: RAISG, MapBiomass Brasil, MCD64A1

ÁREA DO PAÍS NA REGIÃO AMAZÔNICA (ha)

847.386.994 ha

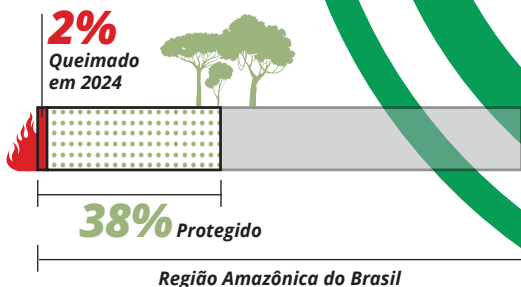


60%

% da região amazônica no Brasil

% DE ÁREA PROTEGIDA NA REGIÃO AMAZÔNICA DO BRASIL AFETADA POR FOGO EM 2024

2% Queimado em 2024



38%

Região Amazônica do Brasil

No Brasil, a pecuária é responsável por até 80% do desmatamento histórico⁴² e chegou a representar 93,4% do desmatamento na Amazônia Legal em 2015⁴³.

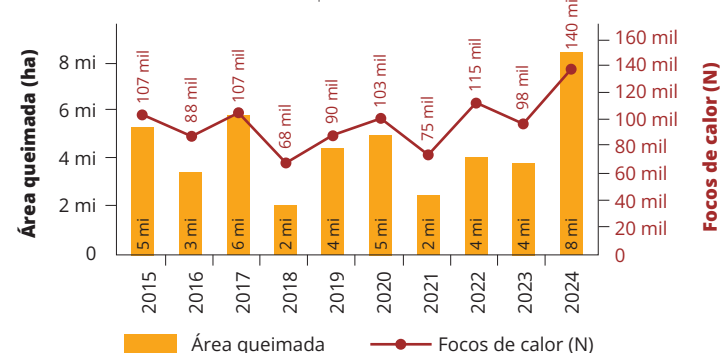
Esse impacto foi ainda potencializado pela expansão da soja a partir dos anos 2000, que aumentou a demanda por grandes áreas desmatadas e intensificou o uso do fogo como prática de manejo^{44,45}. A grilagem de terras também contribui para a ocorrência de fogo no país, pois áreas públicas são ilegalmente ocupadas e queimadas para sinalizar posse, prática favorecida por legislações frágeis e recorrentes anistias⁴⁶. Na última década (2015-2024), a ocorrência de fogo na Amazônia brasileira concentrou-se sobretudo nas porções sul e sudeste, coincidentes com o Arco do Desmatamento. Além disso, os lavrados ao norte do bioma também registraram elevada incidência de fogo (Figura 12).

QUANTO

Na região amazônica brasileira, a média anual de área queimada entre 2015 e 2024 foi de 4,6 milhões de hectares. O maior valor também foi registrado em 2024, com 8,6 milhões de hectares, um aumento de 88% em relação à média. O número de focos de calor em 2024 também foi o maior da década (139.883) (Figura 13).

FIGURA 13. Área queimada (barras) e focos de calor (linha) anual entre 2015 e 2024 na região amazônica do Brasil.

Fonte: MCD64A1, satélite de referência Aqua M-T

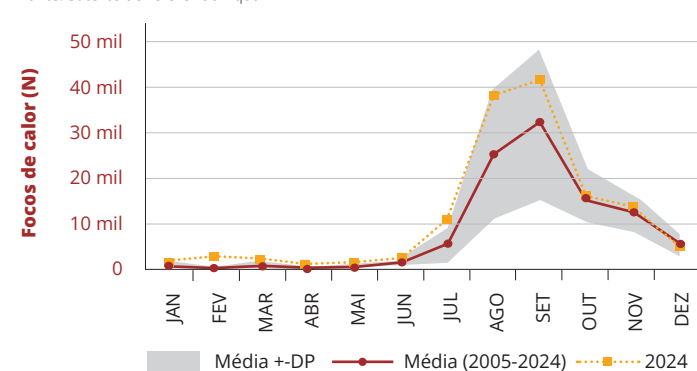


QUANDO

A Amazônia brasileira também apresenta uma sazonalidade marcada, com picos entre agosto (24%) e setembro (30%), indicando uma temporada de fogo concentrada no segundo semestre (Figura 14).

FIGURA 14. Média mensal do número de focos de calor (2005-2023), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada laranja) na região amazônica do Brasil.

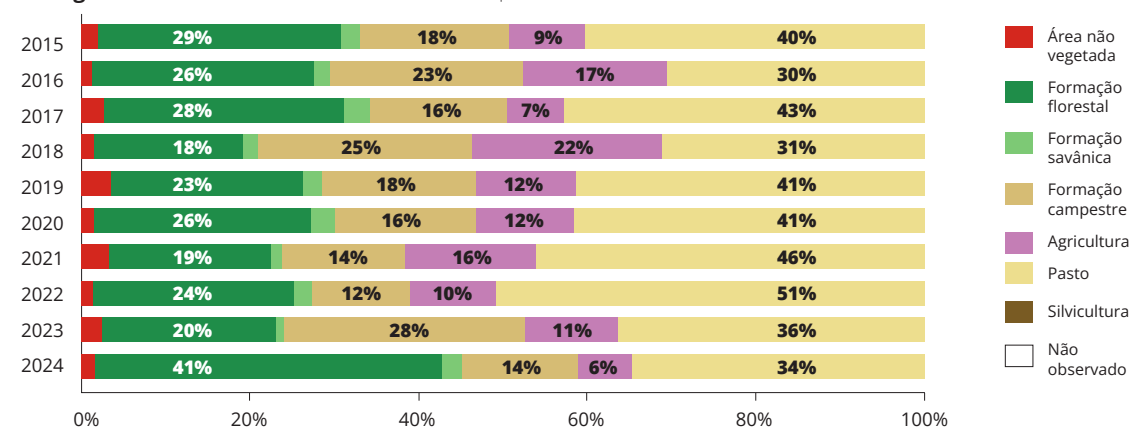
Fonte: Satélite de referência Aqua M-T



O QUE

A categoria de uso e cobertura mais afetada por fogo é pastagem, com 34% da área queimada em 2024, embora tenha perdido espaço em relação aos anos anteriores (quando chegou a 51%). Florestas saltaram de 20% em 2023 para 41% em 2024, assumindo a segunda posição. A formação campestre caiu para 14%, ocupando o terceiro lugar, após ter representado até 28% em 2023 (Figura 15).

FIGURA 15. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica do Brasil. Fonte: MCD64A1, MapBiomass Brasil



ONDE

No Brasil, 19% da área queimada na região amazônica em 2024 esteve em Terras Indígenas, 10% em outras áreas protegidas e a maior parte (71%) ocorreu em territórios não protegidos (Figura 16).

FIGURA 16. Área total queimada em 2024 e proporção queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica do Brasil.

Fonte: MCD64A1, RAISG



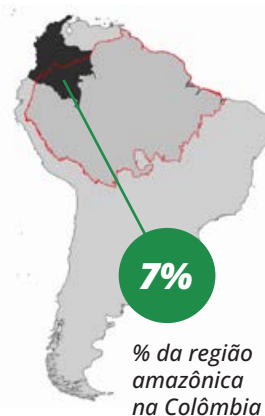
COLÔMBIA

FIGURA 17. Distribuição da área queimada acumulada entre 2015 e 2024 (em vermelho no mapa) na Colômbia, destacando a região amazônica (contorno preto). A figura evidencia proporções de uso e cobertura da terra e de área queimada na região, a ocorrência de fogo em áreas protegidas e o aumento da área queimada entre 2023 e 2024.

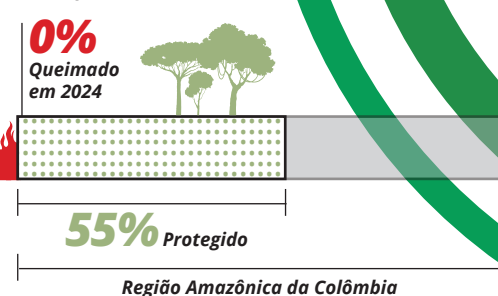
Fonte: RAISG, MapBiomias Colômbia, MCD64A1

ÁREA DO PAÍS NA REGIÃO AMAZÔNICA (ha)

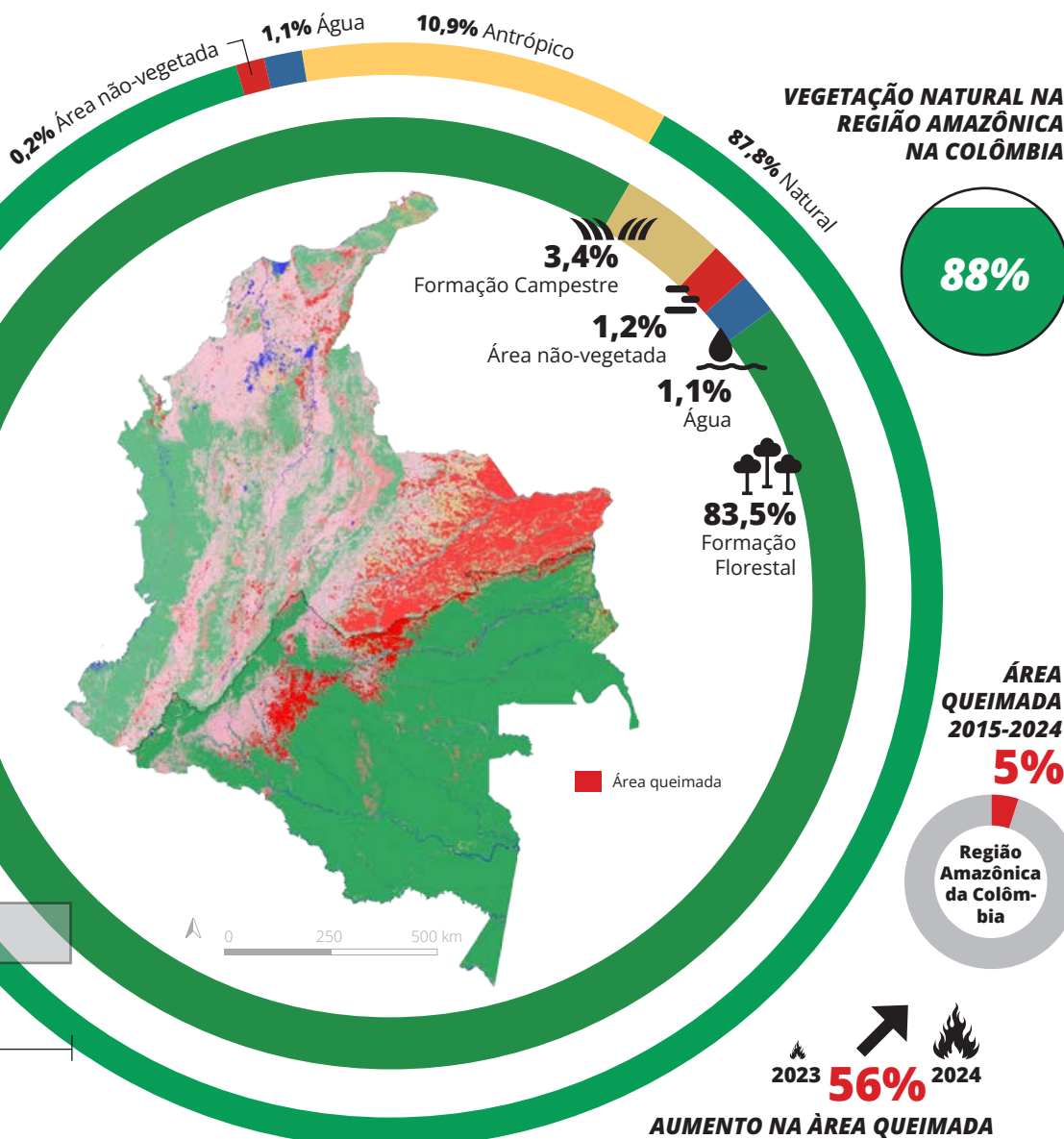
113.567.603 ha



% DE ÁREA PROTEGIDA NA REGIÃO AMAZÔNICA DA COLÔMBIA AFETADA POR FOGO EM 2024



Na Colômbia, a violência rural e insurgências — como a insurgência das Forças Armadas Revolucionárias da Colômbia (FARC) — dificultaram o avanço do desmatamento até a assinatura dos acordos de paz de 2016. Em 2017, sem medidas compensatórias adequadas, esses acordos levaram a um aumento de 52% no desmatamento em áreas protegidas⁴⁷. Além disso, a grilagem de terras constitui uma ameaça significativa às florestas do país, já que os incentivos institucionais, a falta de informações cadastrais sobre propriedades rurais e a extrema desigualdade na regularização fundiária alimentam a especulação de terras e se consolidam como os principais motores do desmatamento⁴⁸. Na última década, a nível nacional, a ocorrência de fogo se concentrou sobretudo na parte centro-leste do país, a noroeste da região amazônica (Figura 17).



AUMENTO NA ÀREA QUEIMADA

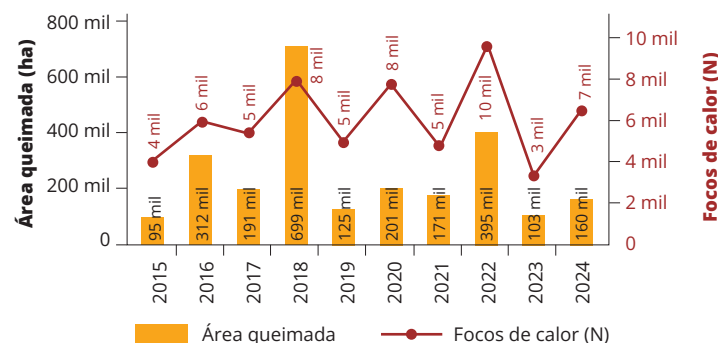
2023 56% 2024

QUANTO

A Amazônia colombiana apresentou uma média de 250 mil hectares por ano de área queimada. O pico ocorreu em 2018, com 711 mil hectares. Em 2024, foram queimados 162 mil hectares, uma redução de 35% em relação à média. O ano com mais focos de calor foi 2022 (9.617) (Figura 18).

FIGURA 18. Área queimada (barras) e focos de calor (linha) anual entre 2015 e 2024 na região amazônica da Colômbia.

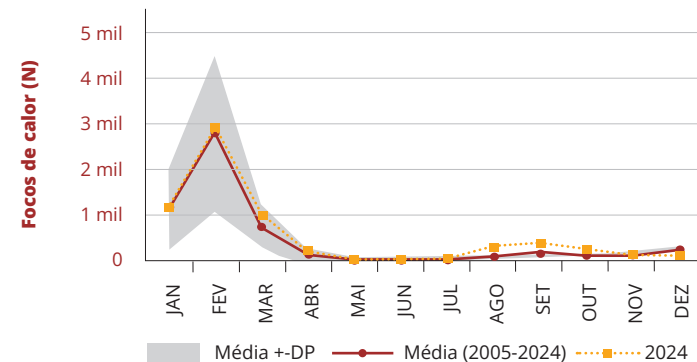
Fonte: MCD64A1, satélite de referência Aqua M-T



QUANDO

Essa região tem uma temporada de fogo concentrada no início do ano, com fevereiro (48%) e janeiro (20%) respondendo juntos por quase 70% dos focos de calor (Figura 19).

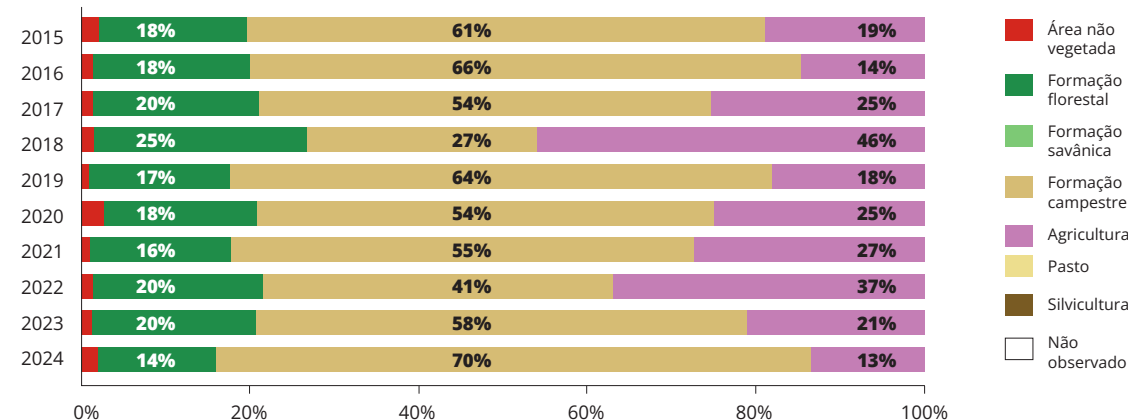
FIGURA 19. Média mensal do número de focos de calor (2005-2023), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada laranja) na região amazônica da Colômbia. Fonte: Satélite de referência Aqua M-T



O QUE

A formação campestre domina a ocorrência de fogo na região amazônica da Colômbia, com impressionantes 70% em 2024, mantendo-se como a principal categoria desde 2015. Agricultura aparece em segundo lugar com 13%, mas vem perdendo participação. A formação florestal ficou em terceiro, com 14%, também apresentando queda recente (Figura 20).

FIGURA 20. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica da Colômbia. Fonte: MCD64A1, MapBiomias Colômbia

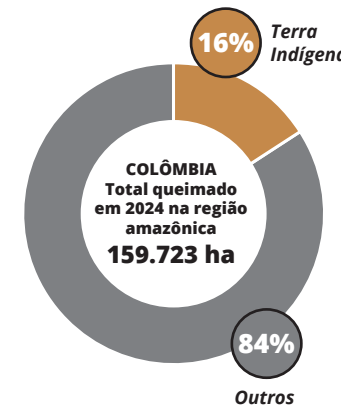


ONDE

Na região amazônica colombiana, 16% da área queimada em 2024 foi registrada em Terras Indígenas, praticamente nenhuma em áreas naturais protegidas, e 84% em demais categorias fundiárias (Figura 21).

FIGURA 21. Área total queimada em 2024 e proporção queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica da Colômbia.

Fonte: MCD64A1, RAISG



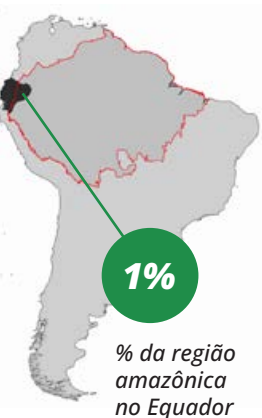
//// EQUADOR

FIGURA 22. Distribuição da área queimada acumulada entre 2015 e 2024 (em vermelho no mapa) no Equador, destacando a região amazônica (contorno preto). A figura evidencia proporções de uso e cobertura da terra e de área queimada na região, a ocorrência de fogo em áreas protegidas e o aumento da área queimada entre 2023 e 2024.

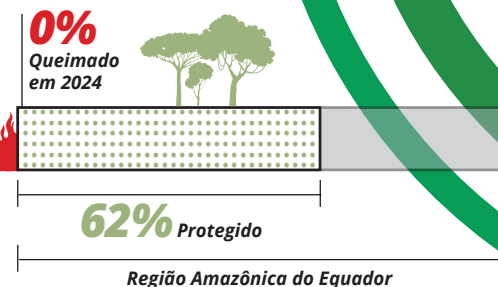
Fonte: RAISG, MapBiomias Ecuador, MCD64A1

ÁREA DO PAÍS NA REGIÃO AMAZÔNICA (ha)

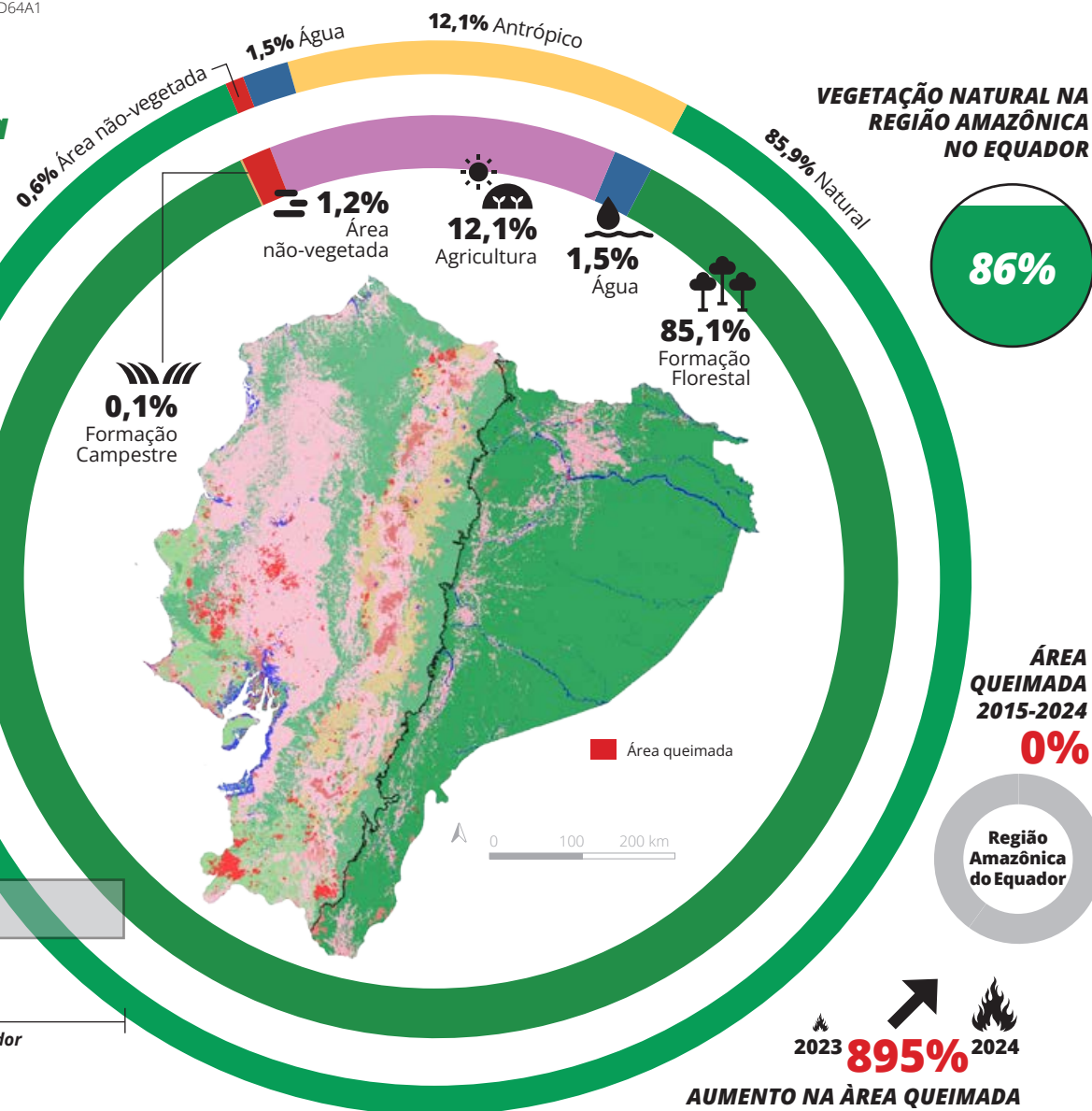
25.584.953 ha



% DE ÁREA PROTEGIDA NA REGIÃO AMAZÔNICA DO EQUADOR AFETADA POR FOGO EM 2024



No Equador, os esforços governamentais para a redistribuição das terras, juntamente da exploração de petróleo, desde os anos 1970 causaram profundas alterações na cobertura florestal^{49,50}, transformando grandes áreas em pastagens, distribuídas principalmente ao longo de rodovias⁵¹. Essas mudanças estão afetando lentamente o ambiente físico da região, de um ambiente dominado pelos trópicos úmidos clássicos para um ambiente mais similar à bacia amazônica oriental, com gradientes cíclicos de umidade e temperatura, e consequentes regimes de incêndios florestais emergentes e desmatamento persistente. Na última década (2015-2014), a ocorrência de fogo se concentrou em áreas agrícolas e ecossistemas naturais (páramo, florestas) fora da região amazônica do país (Figura 22).

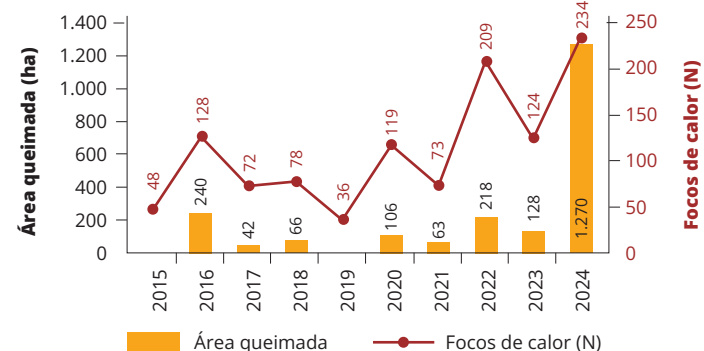


QUANTO

Entre 2015 e 2024, a média anual de área queimada na região amazônica equatoriana foi de apenas 213 hectares. O maior valor ocorreu em 2024, com 1.264 hectares, um aumento de mais de 493%. Esse também foi o ano com maior número de focos de calor (234) (Figura 23).

FIGURA 23. Área queimada (barras) e focos de calor (linha) anual entre 2015 e 2024 na região amazônica do Equador

Fonte: MCD64A1, satélite de referência Aqua M-T

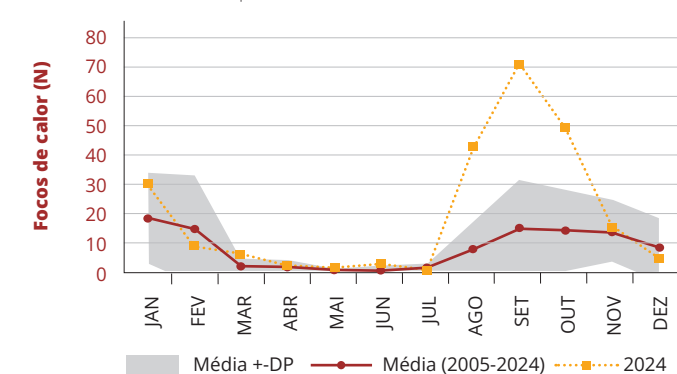


QUANDO

A Amazônia do Equador apresenta uma distribuição mais dispersa, com registros de fogo em vários meses do ano, mas com picos modestos entre janeiro e fevereiro e outro pequeno aumento entre setembro e novembro (Figura 24).

FIGURA 24. Média mensal do número de focos de calor (2005-2023), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada laranja) na região amazônica do Equador.

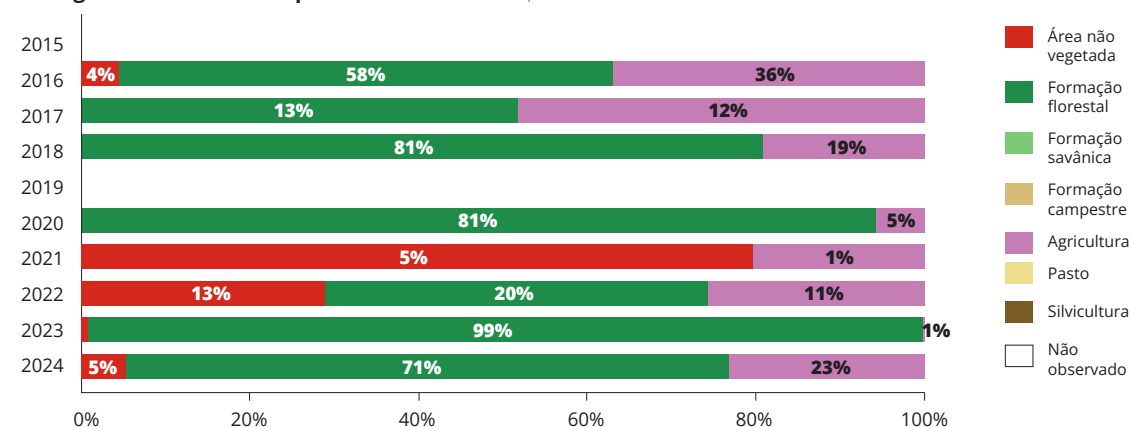
Fonte: Satélite de referência Aqua M-T



O QUE

Nessa região, a categoria formação florestal foi a mais afetada por fogo em 2024, com 71% das queimadas, consolidando uma tendência crescente desde 2021. Agricultura vem em segundo, com 23%, enquanto área não vegetada ocupa a terceira posição com 5% (Figura 25).

FIGURA 25. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica do Equador. Fonte: MCD64A1, MapBiomias Ecuador

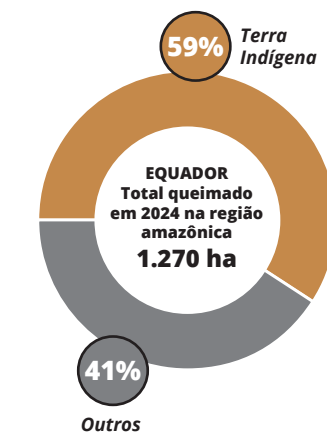


ONDE

No Equador, 59% da área queimada da região amazônica em 2024 ocorreu em Terras Indígenas, enquanto os 41% restantes afetaram áreas fora de territórios protegidos (Figura 26).

FIGURA 26. Área total queimada em 2024 e proporção queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica do Equador.

Fonte: MCD64A1, RAISG



//// GUIANA

FIGURA 27. Distribuição das proporções de uso e cobertura da terra, área queimada, ocorrência de fogo em áreas protegidas e aumento da área queimada entre 2023 e 2024, na região amazônica da Guiana.

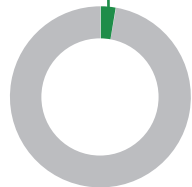
Fonte: RAISG, MapBiomass Guiana, MCD64A1

ÁREA DO PAÍS NA REGIÃO AMAZÔNICA (ha)

21.067.963 ha

3%

% da região amazônica na Guiana



% DE ÁREA PROTEGIDA NA REGIÃO AMAZÔNICA DA GUIANA AFETADA POR FOGO EM 2024

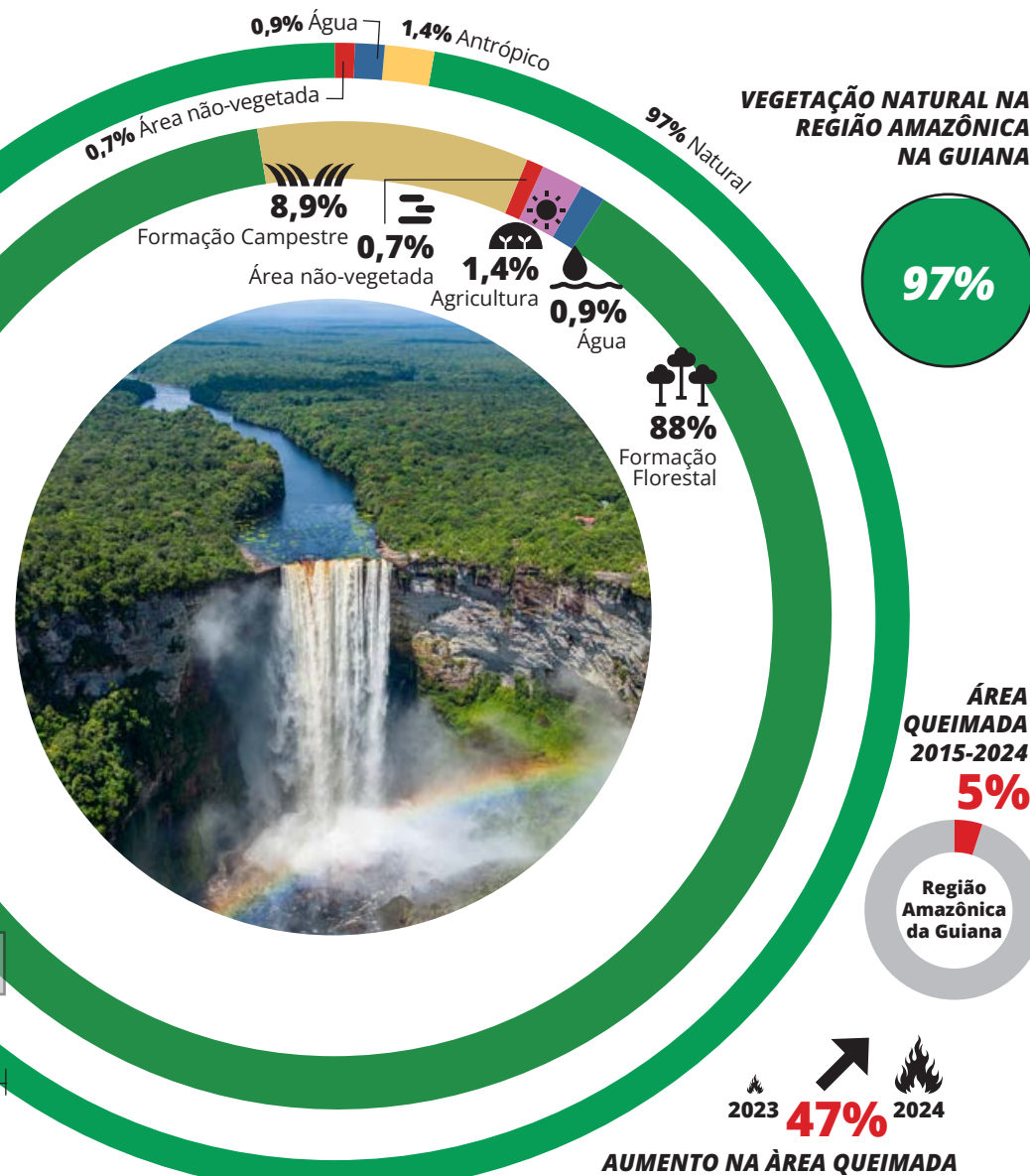
1% Queimado em 2024



15% Protegido

Região Amazônica da Guiana

Na Guiana, a mineração de ouro é responsável por mais de 90% do desmatamento recente, sendo considerada o principal vetor de mudança do uso da terra no país. A atividade, em grande parte artesanal, contribui também para a degradação florestal e tem forte associação com o aumento do desmatamento em períodos de alta no preço do ouro⁵². Na última década (2015-2024), o fogo na Guiana se concentrou, principalmente, na porção nordeste e sudoeste do país, ocorrendo principalmente em áreas de vegetação nativa não florestal (Figura 27).

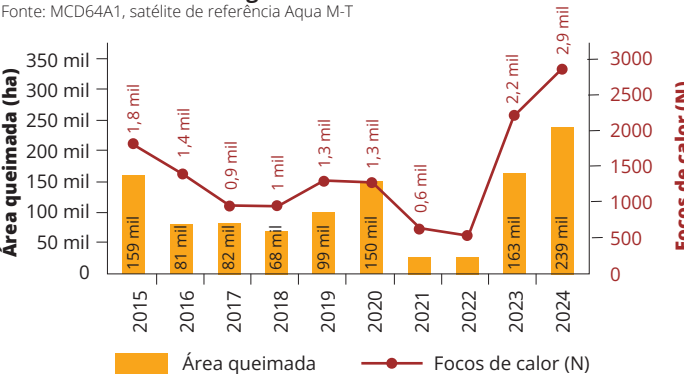


QUANTO

A média anual de área queimada na última década foi de 114 mil hectares. O maior valor ocorreu em 2024, com 248 mil hectares, um aumento de 117% em relação à média. O mesmo ano teve o maior número de focos de calor (2.861) (Figura 28).

FIGURA 28. Área queimada (barras) e focos de calor (linha) anual entre 2015 e 2024 na região amazônica da Guiana.

Fonte: MCD64A1, satélite de referência Aqua M-T

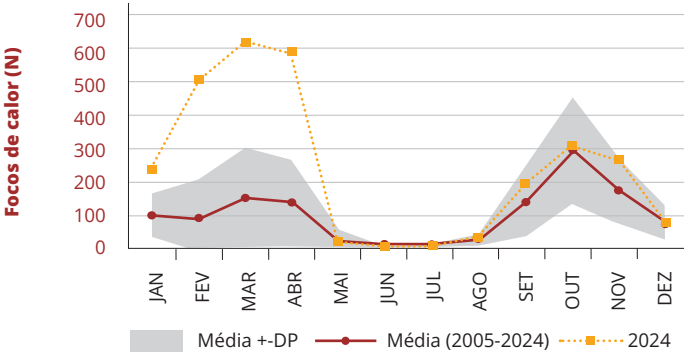


QUANDO

Guiana tem uma temporada relativamente espalhada, com múltiplos picos menores ao longo do ano, embora outubro (24%) e novembro (14%) se destaquem (Figura 29).

FIGURA 29. Média mensal do número de focos de calor (2005-2023), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada laranja) na região amazônica da Guiana.

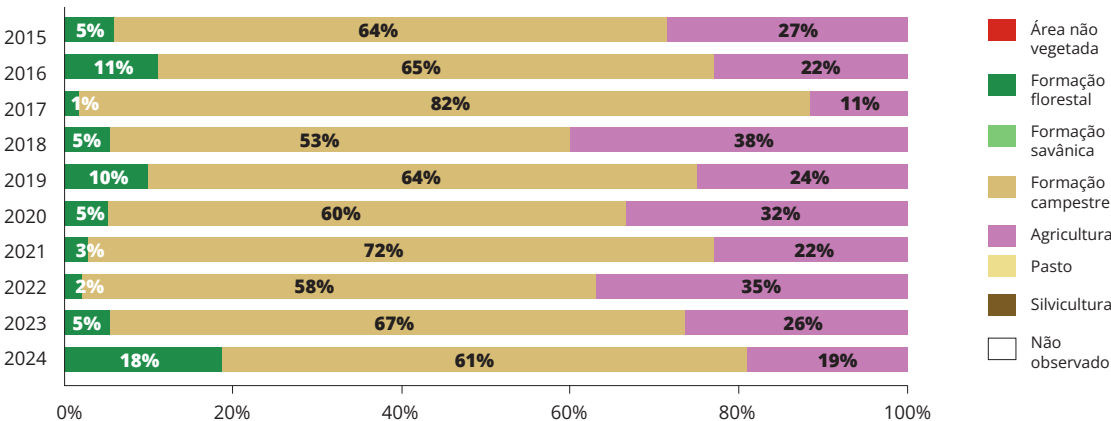
Fonte: Satélite de referência Aqua M-T



O QUE

Na Guiana, a categoria formação campestre continua liderando com 61% da área queimada em 2024, ainda que em leve queda. A agricultura representa 19%, em redução desde 2022. A categoria formação florestal cresceu, alcançando 18% em 2024, seu maior valor na última década (Figura 30).

FIGURA 30. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica da Guiana. Fonte: MCD64A1, MapBiomass Amazonia



ONDE

Apenas 7% da área queimada em 2024 ocorreu em Terras Indígenas, enquanto 93% atingiram áreas fora de territórios protegidos (Figura 31).

FIGURA 31. Área total queimada em 2024 e proporção queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica da Guiana.

Fonte: MCD64A1, RAISG

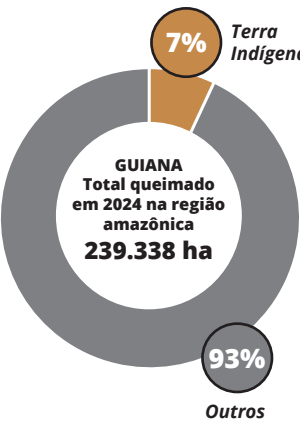
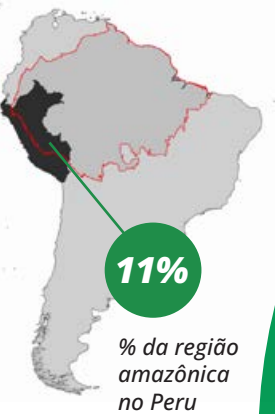


FIGURA 32. Distribuição da área queimada acumulada entre 2015 e 2024 (em vermelho no mapa) no Peru, destacando a região amazônica (contorno preto). A figura evidencia proporções de uso e cobertura da terra e de área queimada na região, a ocorrência de fogo em áreas protegidas e o aumento da área queimada entre 2023 e 2024.

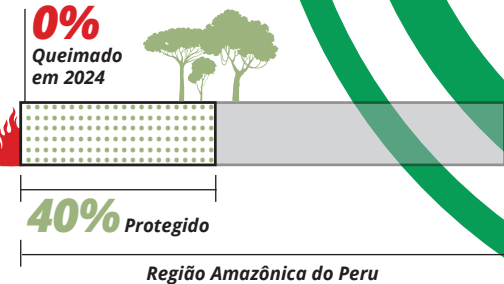
Fonte: RAISG, MapBiomass Peru, MCD64A1

ÁREA DO PAÍS NA REGIÃO AMAZÔNICA (ha)

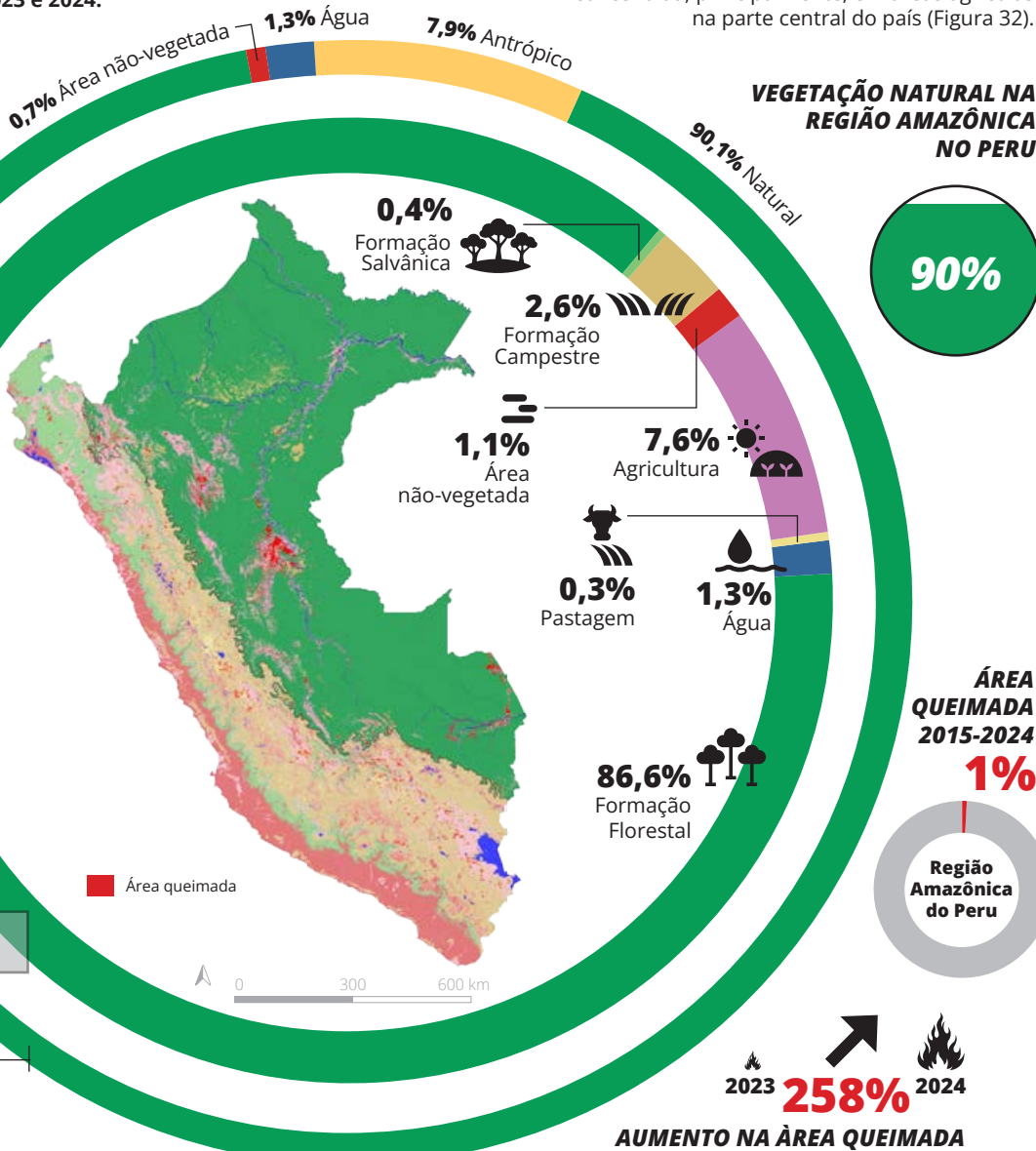
129.087.436 ha



% DE ÁREA PROTEGIDA NA REGIÃO AMAZÔNICA DO PERU AFETADA POR FOGO EM 2024



No Peru, a agricultura tradicional de corte e queima e a expansão da pecuária, somadas a secas prolongadas, estão fortemente associadas ao aumento do uso do fogo. As zonas não categorizadas e as florestas de produção permanente não tituladas, propriedades agrícolas, territórios indígenas e concessões madeireiras são os mais afetados pelos incêndios⁵³. A abertura de estradas dá espaço ao avanço sobre terras e a atividades ilegais, como a mineração de ouro, a produção de coca e o narcotráfico, especialmente em áreas de baixa densidade populacional^{54,55,56,57}. Além disso, o setor petrolífero também é uma atividade econômica importante na região e está altamente relacionado à abertura de estradas e, consequentemente, ao crescimento dos incêndios florestais na Amazônia peruana. Embora as queimadas no Peru estejam proibidas, salvo autorização especial, a gestão do fogo é limitada pela falta de controle e de meios para alcançar locais remotos. Assim, na maioria dos casos, os responsáveis pelos incêndios permanecem impunes. Na última década (2015-2024), a ocorrência de fogo se concentrou, principalmente, em áreas agrícolas na parte central do país (Figura 32).



AUMENTO NA ÁREA QUEIMADA

2023 258% 2024

QUANTO

O Peru teve uma média anual de 66 mil hectares de área queimada na região amazônica. O ano de 2024 registrou o maior valor, com 199 mil hectares, um aumento de 199% em relação à média da última década. Apesar disso, 2020 foi o ano com maior registro de focos de calor (13.576) (Figura 33).

QUANDO

A Amazônia peruana apresenta uma temporada de fogo bem definida e concentrada, com picos claros em agosto (32%) e setembro (40%), correspondendo a mais de 70% dos registros (Figura 34).

O QUE

A agricultura permanece como a categoria com maior área queimada em 2024 (40%) na região amazônica do Peru, mantendo-se estável ao longo dos anos. A categoria formação florestal cresceu para 36% em 2024, aproximando-se do primeiro lugar, enquanto a formação natural não florestal vem em terceiro, com 16%, em tendência de alta (Figura 35).

FIGURA 33. Área queimada (barras) e focos de calor (linha) anual entre 2015 e 2024 na região amazônica do Peru.

Fonte: MCD64A1, satélite de referência Aqua M-T

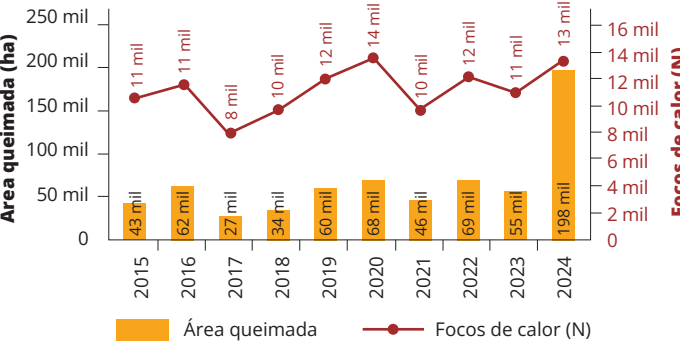


FIGURA 34. Média mensal do número de focos de calor (2005-2023), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada laranja) na região amazônica do Peru.

Fonte: Satélite de referência Aqua M-T

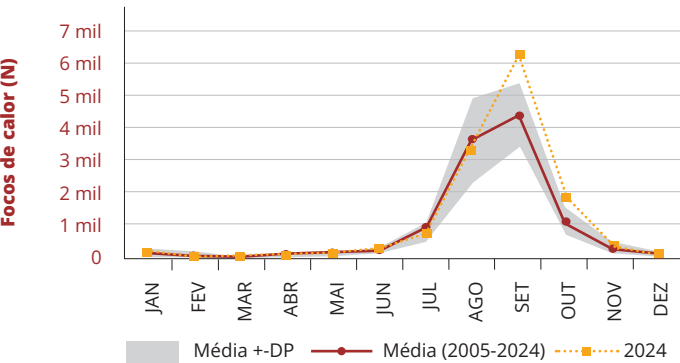
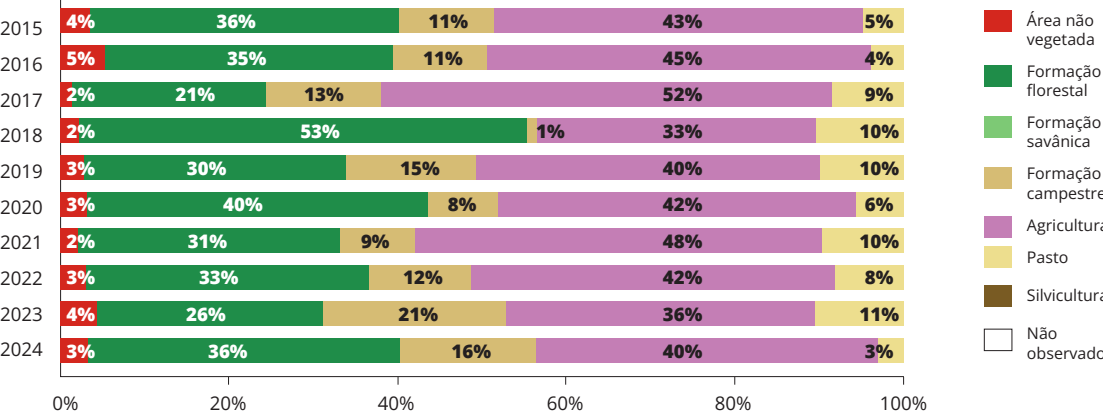


FIGURA 35. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica do Peru. Fonte: MCD64A1, MapBiomass Peru

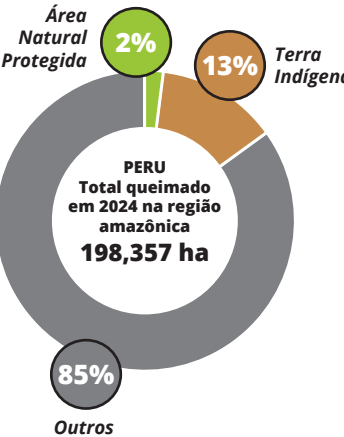


ONDE

Na Amazônia peruana, 13% da área queimada em 2024 foi em Terras Indígenas, 2% em outras áreas protegidas e 85% em territórios não protegidos (Figura 36).

FIGURA 36. Área total queimada em 2024 e proporção queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica do Peru.

Fonte: MCD64A1, RAISG



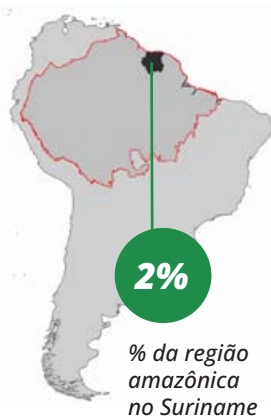
//// SURINAME

FIGURA 37. Distribuição da área queimada acumulada entre 2015 e 2024 (em vermelho no mapa) no Suriname, destacando a região amazônica (contorno preto). A figura evidencia proporções de uso e cobertura da terra e de área queimada na região, a ocorrência de fogo em áreas protegidas e o aumento da área queimada entre 2023 e 2024.

Fonte: RAISG, MapBiomass Suriname, MCD64A1

ÁREA DO PAÍS NA REGIÃO AMAZÔNICA (ha)

14.501.772 ha



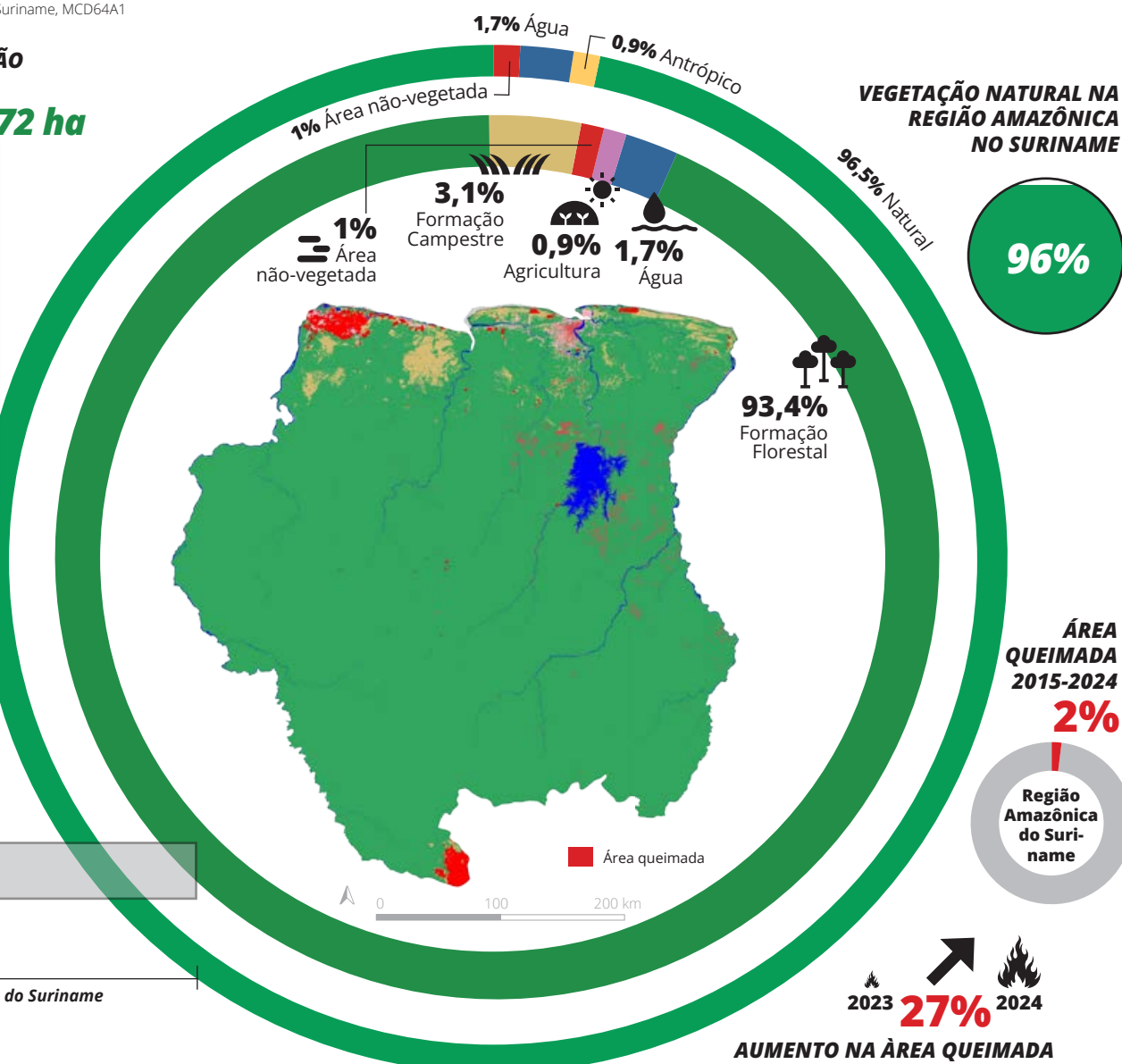
% DE ÁREA PROTEGIDA NA REGIÃO AMAZÔNICA DO SURINAME AFETADA POR FOGO EM 2024

3%
Queimado em 2024

0% Protegido

Região Amazônica do Suriname

No Suriname, a mineração aurífera de pequena escala também lidera os motores de desmatamento. Estima-se que, entre 2000 e 2019, aproximadamente 11% da perda florestal esteja relacionada diretamente à mineração industrial, com impactos indiretos ainda mais amplos sobre a paisagem⁵⁸. A expansão desordenada dessas atividades, muitas vezes precedida pela queima da vegetação, eleva o risco de incêndios florestais em áreas degradadas. Na última década (2015-2024), o fogo se concentrou em áreas agrícolas e de vegetação nativa não florestal, principalmente no norte do país e na parte sul, próximo à fronteira com o Brasil (Figura 37).

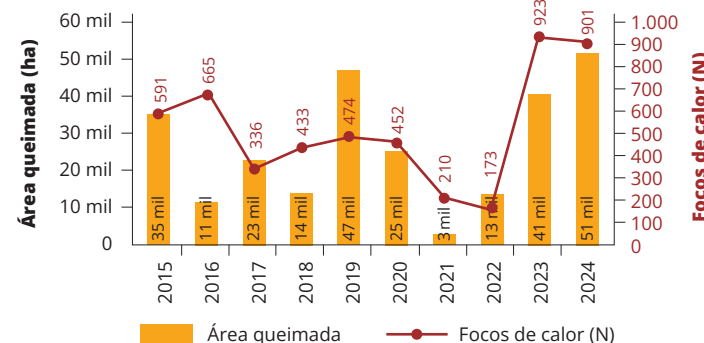


QUANTO

O Suriname apresentou uma média de 28 mil hectares de área queimada por ano. O pico ocorreu em 2024, com 53 mil hectares, representando um aumento de 91% em relação à média. Os anos de 2023 e 2024 registraram níveis altos de focos de calor em relação à média de anos anteriores (923 e 901, respectivamente) (Figura 38).

FIGURA 38. Área queimada (barras) e focos de calor (linha) anual entre 2015 e 2024 na região amazônica do Suriname.

Fonte: MCD64A1, satélite de referência Aqua M-T

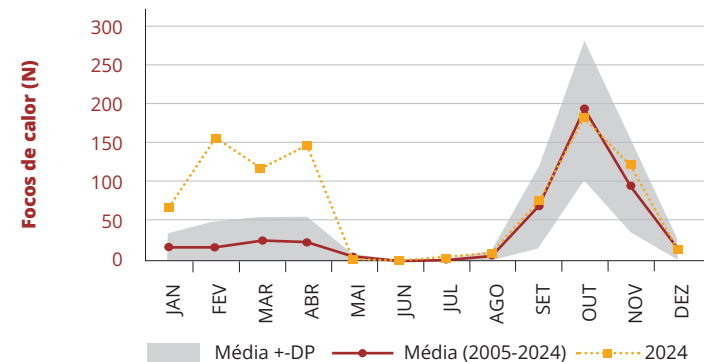


QUANDO

Suriname tem uma temporada concentrada no fim do ano, com outubro (42%) e novembro (21%) sendo os meses mais críticos (Figura 39).

FIGURA 39. Média mensal do número de focos de calor (2005-2023), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada laranja) na região amazônica do Suriname.

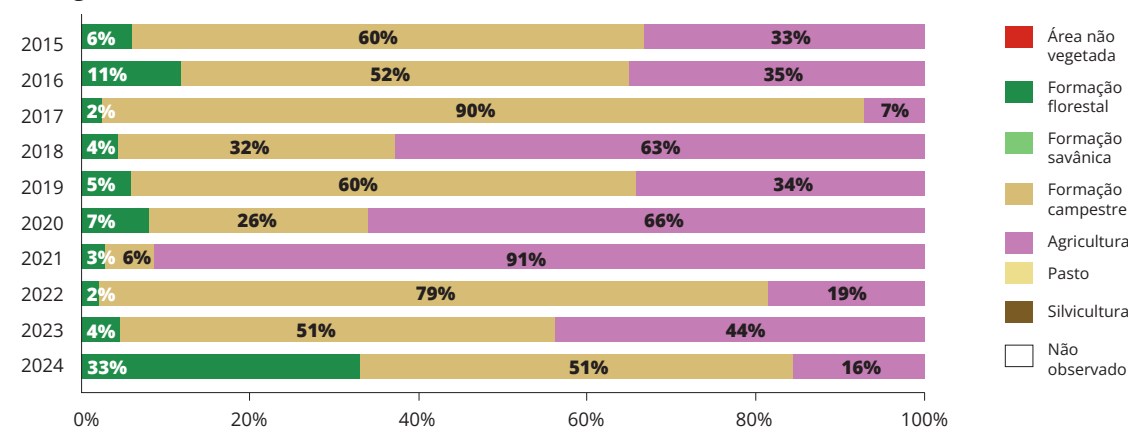
Fonte: Satélite de referência Aqua M-T



O QUE

A formação campestre é a principal categoria queimada no Suriname, com 51% em 2024. Florestas estão cada vez mais sendo afetadas, saltando para 33% em 2024 (contra apenas 2% a 7% anteriormente), superando a agricultura, que caiu para 16% após ter representado até 91% (em 2021) (Figura 40).

FIGURA 40. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica do Suriname. Fonte: MCD64A1, MapBiomass Amazônia

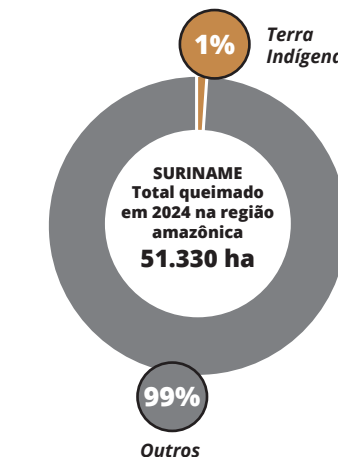


ONDE

Em 2024, o Suriname teve apenas 1% da área queimada em Terras Indígenas, e 99% em outras categorias fundiárias fora de áreas protegidas (Figura 41).

FIGURA 41. Área total queimada em 2024 e proporção queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica do Suriname.

Fonte: MCD64A1, RAISG



//// VENEZUELA

FIGURA 42. Distribuição das proporções de uso e cobertura da terra, área queimada, ocorrência de fogo em áreas protegidas e aumento da área queimada entre 2023 e 2024, na região amazônica da Venezuela.

Fonte: RAISG, MapBiomass Venezuela, MCD64A1

ÁREA DO PAÍS NA REGIÃO AMAZÔNICA (ha)
91.162.367 ha

7%

% da região amazônica na Venezuela

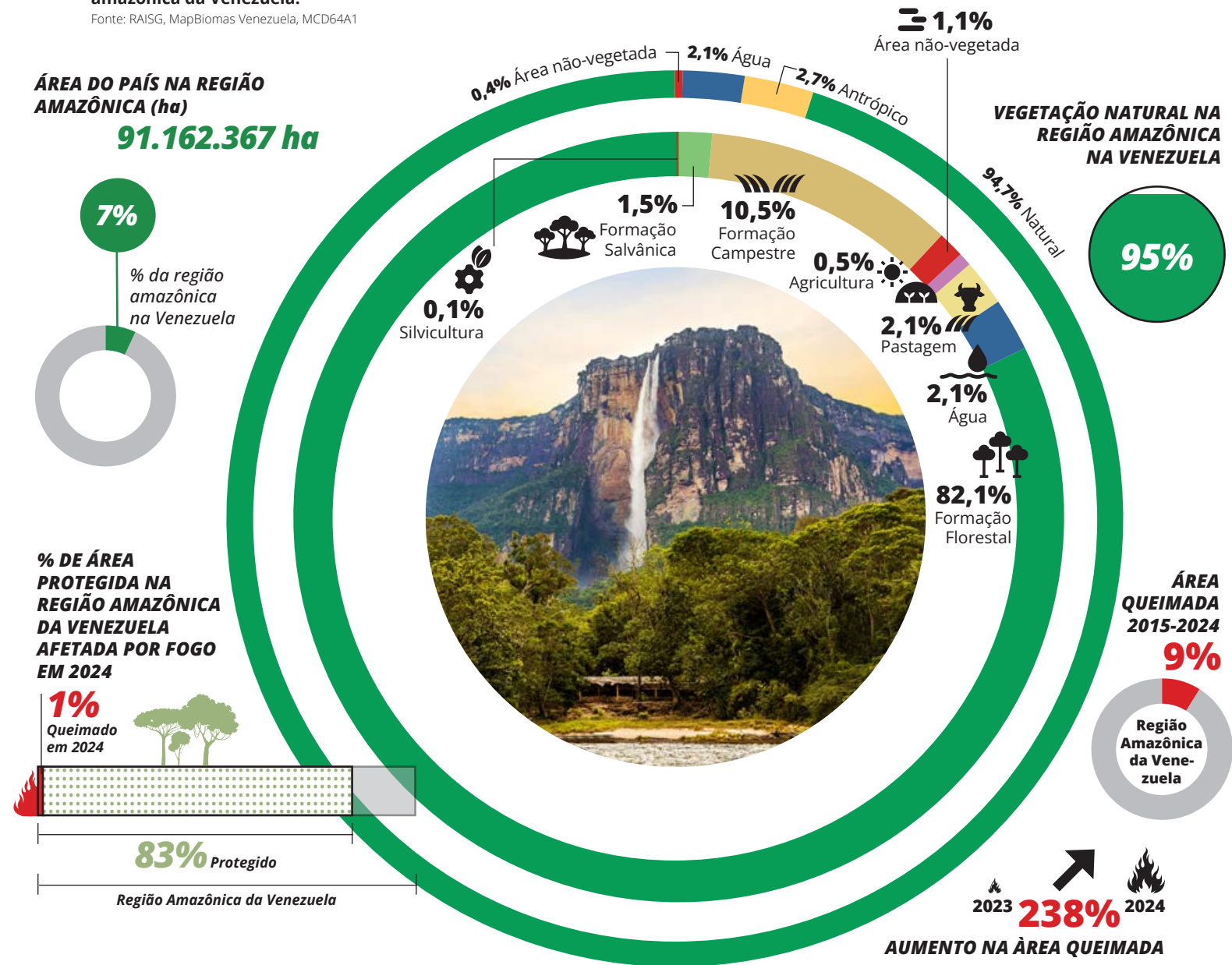
% DE ÁREA PROTEGIDA NA REGIÃO AMAZÔNICA DA VENEZUELA AFETADA POR FOGO EM 2024

1%
Queimado em 2024

83% Protegido

Região Amazônica da Venezuela

Por fim, na Venezuela, historicamente menos impactada pelo desmatamento, o avanço da fronteira agrícola nos últimos anos também elevou a ocorrência de incêndios florestais, tornando o país o terceiro mais afetado da Amazônia entre 2001 e 2018⁹⁹. Na última década (2015-2024), a ocorrência de fogo no país se concentrou a norte do rio Orinoco. Na região amazônica venezuelana a área queimada se concentrou, principalmente, em áreas de vegetação nativa não florestal (Figura 42).

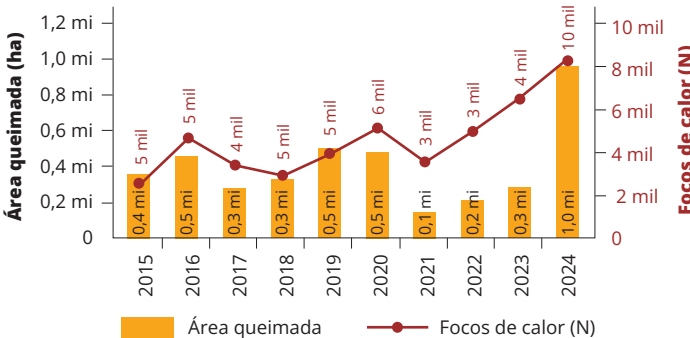


QUANTO

A média anual de área queimada na região amazônica da Venezuela foi de 411 mil hectares entre 2015 e 2024. O maior valor foi registrado em 2024, com 977 mil hectares, um aumento de 138% em relação à média. Esse também foi o ano com mais focos de calor (9.869) (Figura 43).

FIGURA 43. Área queimada (barras) e focos de calor (linha) anual entre 2015 e 2024 na região amazônica da Venezuela.

Fonte: MCD64A1, satélite de referência Aqua M-T

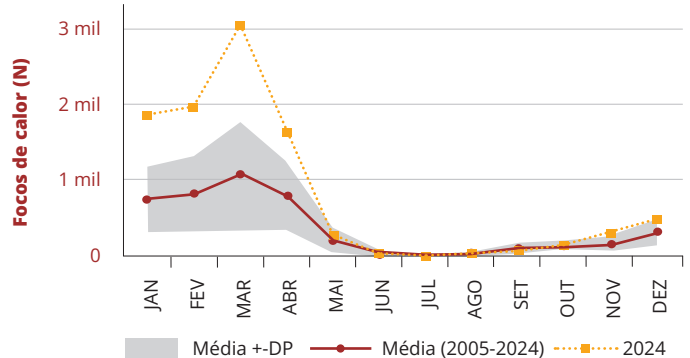


QUANDO

A Amazônia venezuelana é um dos poucos casos com uma temporada de fogo marcada no primeiro trimestre, com picos mais suaves, porém consistentes em março (22%), fevereiro (18%), e em janeiro (16%), indicando uma distribuição mais espalhada, mas ainda sazonal (Figura 44).

FIGURA 44. Média mensal do número de focos de calor (2005-2023), com ± 1 desvio-padrão (área sombreada em cinza) e valores de 2024 (linha tracejada azul) na região amazônica da Venezuela.

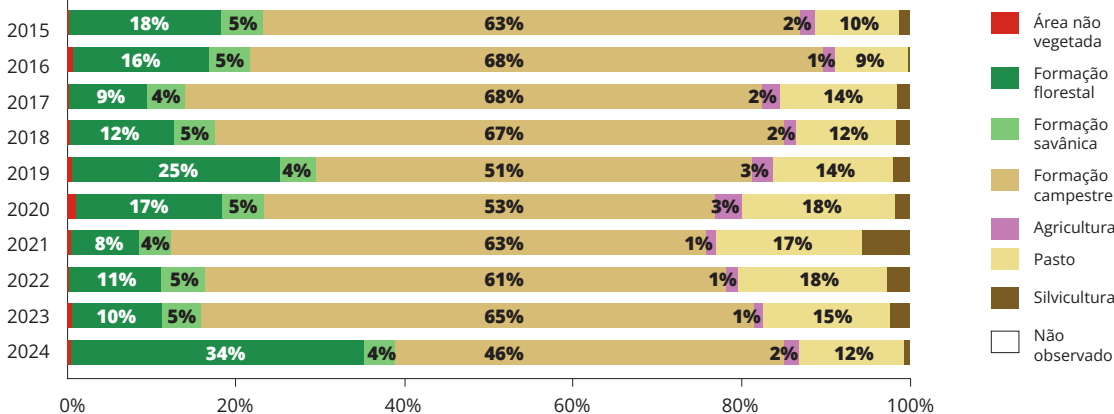
Fonte: Satélite de referência Aqua M-T



O QUE

Na região amazônica da Venezuela a categoria formação campestre continua predominante, com 46% das queimadas em 2024, mas perdeu espaço em relação a anos anteriores (até 68%). A categoria formação florestal mais que triplicou sua participação, chegando a 34% em 2024. Pastagens seguem como a terceira categoria mais afetada por fogo, com 12%, mantendo relativa estabilidade ao longo da última década (Figura 45).

FIGURA 45. Proporção da área queimada por uso e cobertura da terra de 2015 a 2024 na região amazônica da Venezuela. Fonte: MCD64A1, MapBiomass Venezuela

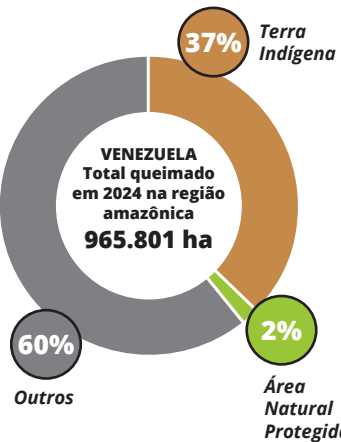


ONDE

Na Venezuela, 37% da área queimada em 2024 ocorreu em Terras Indígenas, 2% em outras áreas protegidas e 60% em demais territórios (Figura 46).

FIGURA 46. Área total queimada em 2024 e proporção queimada em Terras Indígenas (TI) e Áreas Naturais Protegidas (ANP) na região amazônica da Venezuela.

Fonte: MCD64A1, RAISG





CLIMA E FOGO

capítulo 4

Renata Libonati^{1,2}, Ana Nunes¹, Ronaldo Albuquerque¹

¹ Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Brasil

² Instituto Dom Luiz (IDL), Universidade de Lisboa – Portugal

A linha entre causa e consequência é tênue: incêndios florestais e mudanças do clima caminham juntos. À medida que as temperaturas globais aumentam, eventos extremos, como secas prolongadas e ondas de calor (OC), tornam-se mais frequentes e intensos, criando condições cada vez mais propícias para a ocorrência de incêndios florestais^{1,2,3}, em um ciclo que se retroalimenta. Na Amazônia, a combinação entre paisagens degradadas e clima extremo tem aberto caminho para incêndios cada vez mais intensos e difíceis de conter.

É importante atentar que o clima não é o único responsável: o desmatamento e as mudanças no uso da terra continuam sendo protagonistas do aumento das áreas queimadas na região^{4,5}. A sinergia entre fragmentação da paisagem, degradação ambiental e intensificação da crise climática tem ampliado a vulnerabilidade do bioma e alterando drasticamente seus regimes de fogo⁶, levando a Amazônia a um estágio cada vez mais próximo do ponto de não retorno^{7,8}.

A temperatura média da superfície da Terra aumentou aproximadamente 1,2 °C desde 1950, impulsionada principalmente pelas emissões de gases de efeito estufa e pelas alterações no uso da terra. Os anos de 2023 e 2024 foram os mais quentes já registrados em toda a série histórica, consolidando um novo patamar crítico no contexto da crise climática global⁹. Estudos indicam que, em um cenário de aquecimento acima de 4 °C, partes das regiões tropicais, incluindo a Amazônia, podem se tornar inabitáveis para os seres humanos devido ao estresse térmico extremo, quando a combinação de temperatura e umidade impede a dissipação do calor corporal, ultrapassando os limites fisiológicos da sobrevivência humana¹⁰. Na Amazônia, a temperatura do ar tem aumentado de forma consistente ao longo das últimas décadas. Esse aquecimento esteve acompanhado de uma maior frequência de dias de calor extremo e de

OC^{11,12,13,14}. Durante a estação seca, a parte sul da floresta amazônica vem apresentando uma tendência de aquecimento de 0,49 °C por década entre 1979 e 2012, com uma tendência mais acentuada de 1,12 °C por década desde o ano 2000¹⁵.

Em consonância com o aumento da temperatura, entre 2020 e 2024, grande parte da Amazônia enfrentou um cenário de calor extremo quase contínuo: cerca de 20% dos dias nesse período foram marcados por ondas de calor, o equivalente a um em cada cinco dias com temperaturas do ar anormalmente altas. Essa frequência é inédita nas últimas quatro décadas, embora já se observasse um aumento gradual nos dias sob OC ao longo do tempo (Figura 1).

Simultaneamente às ondas de calor, a Amazônia tem enfrentado secas cada vez mais extremas¹⁶. Entre os episódios mais marcantes estão os de 1998, 2005, 2010, 2015/2016 e, mais recentemente, a seca de 2023/2024, considerada uma das mais graves já registradas na região¹⁷. De acordo com o Índice de Precipitação e Evapotranspiração Padronizado (SPEI), que mede a seca levando em conta não só a falta de chuva, mas também a temperatura do ar, a seca de 2023/2024 foi a mais intensa desde 1980 na Amazônia. O SPEI, em 2024, apresentou as maiores anomalias negativas para a seca hidrológica, que reflete baixos índices de precipitação e seca dos rios (Figura 2a), indicando um quadro de seca prolongada^{18,19}. Em dezembro de 2024, a região central da Amazônia concentrava uma extensa área com sinais de forte seca (Figura 2b).

FIGURA 1. Porcentagem de dias sob ondas de calor (OC) ao longo das décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010 e o quinquênio de 2020-2024.

Fonte: Reanálise ERA5 do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo (ECMWF)

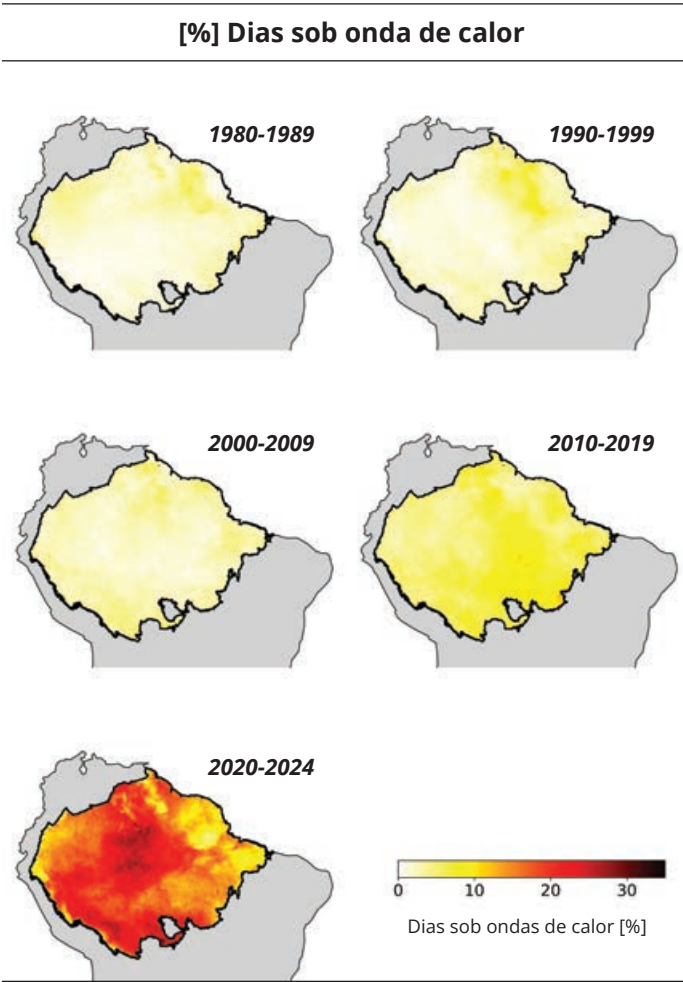
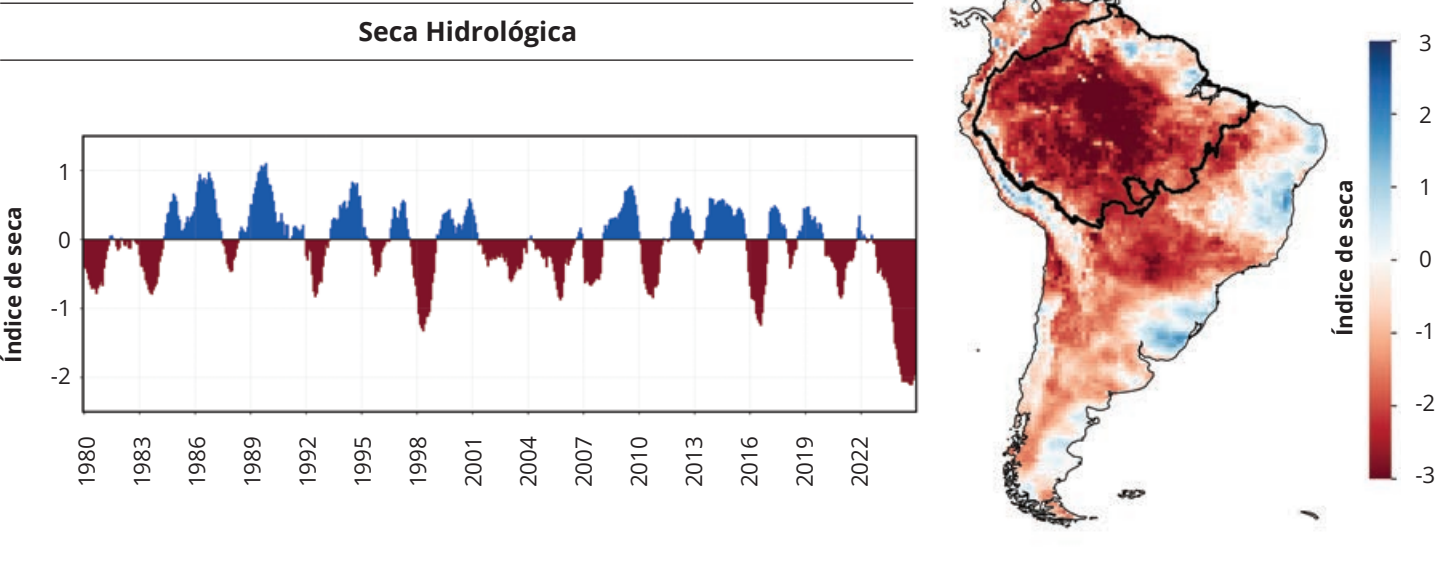


FIGURA 2. Variabilidade interanual de secas hidrológicas (Índice SPEI-12) para o período 1980-2024(a) . Distribuição espacial da seca hidrológica em dezembro de 2024(b). O contorno preto destaca os limites biogeográficos da Amazônia.

Fonte: Índice Padronizado de Evapotranspiração e Precipitação (SPEI) (disponível em: <https://global-drought-crops.csic.es/>)



Há evidências de que as ondas de calor estão se tornando cada vez mais associadas a episódios de seca^{20,21,22,23,24}. Nas últimas duas décadas, muitas regiões das Américas tiveram mais de dois terços de suas áreas sob maior suscetibilidade a OC durante episódios de seca²⁵. Estudos mostram que os anos mais quentes e as OC mais intensas na Amazônia também estiveram associados a secas extremas^{15,26}, e esses eventos ainda podem ser intensificados por outras variáveis ambientais, como a ocorrência de El Niño.

Com o avanço do efeito estufa, o excesso de calor na atmosfera tem sido absorvido pelos oceanos, provocando um aquecimento anormal das águas em todo o planeta. Para a Amazônia, esse aquecimento

é especialmente relevante nas regiões equatoriais do oceano Pacífico, onde ocorre o fenômeno conhecido como El Niño, e do oceano Atlântico. Quando essas áreas estão muito mais quentes que o normal, elas são capazes de reduzir a formação de nebulosidade sobre a Amazônia, dificultando a ocorrência de chuvas e favorecendo períodos de seca extrema²⁷.

Em 2010, 2015 e 2023, por exemplo, intensos episódios do El Niño ajudaram a provocar secas históricas na região, com consequências econômicas e sociais em uma escala sem precedentes²⁸. Esse cenário pode piorar com o avanço das mudanças climáticas, pois espera-se que essas anomalias climáticas se tornem mais frequentes e intensas, afetando cada vez mais o equilíbrio climático²⁹.

A combinação de dois ou mais fenômenos, como calor extremo, secas e incêndios, é chamada de evento composto²¹. Esse tipo de situação representa um novo desafio, pois os efeitos se multiplicam e interagem, causando impactos mais graves do que se ocorressem isoladamente²³. Nos últimos anos, os eventos compostos têm se tornado mais frequentes, atingindo áreas cada vez maiores e por períodos mais prolongados, impulsionados não só por fatores climáticos, mas também por fatores antrópicos, como o desmatamento e a mudança do clima³².

Durante o megaevento de seca de 2015/2016, mais de 80% da Amazônia foi afetada³³, situação que se ampliou em 2024 (Figura 2c, Figura 2d). Esse tipo de evento se desenvolve a partir de um ciclo de retroalimentação: o aumento da temperatura do ar resseca o solo, intensificando a seca, o que por sua vez reduz ainda mais a umidade do ar e do solo, favorecendo novas elevações de temperatura devido à baixa capacidade do solo seco em resfriar o ambiente¹⁶. No sul da Amazônia, por exemplo, as

secas se mostraram influentes na amplificação da temperatura do ar, e vice-versa²⁶.

Quando incêndios florestais entram nesse ciclo, os efeitos se amplificam. Ondas de calor, secas e paisagens degradadas favorecem a ocorrência de incêndios florestais que, por sua vez, emitem grandes volumes de gases de efeito estufa, alteram a cobertura do solo e agravam o desequilíbrio climático. A expansão da temporada crítica de incêndios ao redor do mundo tem sido documentada nas últimas décadas, com aumento na duração, frequência e intensidade dos eventos¹.

Na Amazônia, florestas que raramente queimavam têm se tornado inflamáveis diante do calor excessivo, da redução da umidade e da degradação ambiental³⁰. Incêndios florestais deixam de ser apenas consequências do clima e passam a ser também agentes ativos na transformação dos sistemas ecológicos e atmosféricos³, como representado no esquema abaixo.

Para monitorar e antecipar o risco crescente de incêndios florestais, utiliza-se o Perigo Meteorológico de Fogo (FWI). Esse índice considera temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação para definir a suscetibilidade de ocorrência e propagação de fogo³⁶. Analisando esse indicador ao longo do tempo, é verificado que o norte da Amazônia apresenta tendências de redução do perigo extremo de ocorrência e propagação de fogo nos últimos 45 anos, entretanto, todo o restante da região, em especial a porção central, que coincide com o curso do rio Amazonas, mostra fortes tendências de aumento, destacando-se inclusive na comparação com as demais regiões da América do Sul (Figura 3). Entre 1980 e 2024, foi observado um aumento geral de 30 dias no número de dias com perigo extremo de ocorrência e propagação de fogo, o que representa, na prática, um mês a mais por ano com condições favoráveis ao fogo.

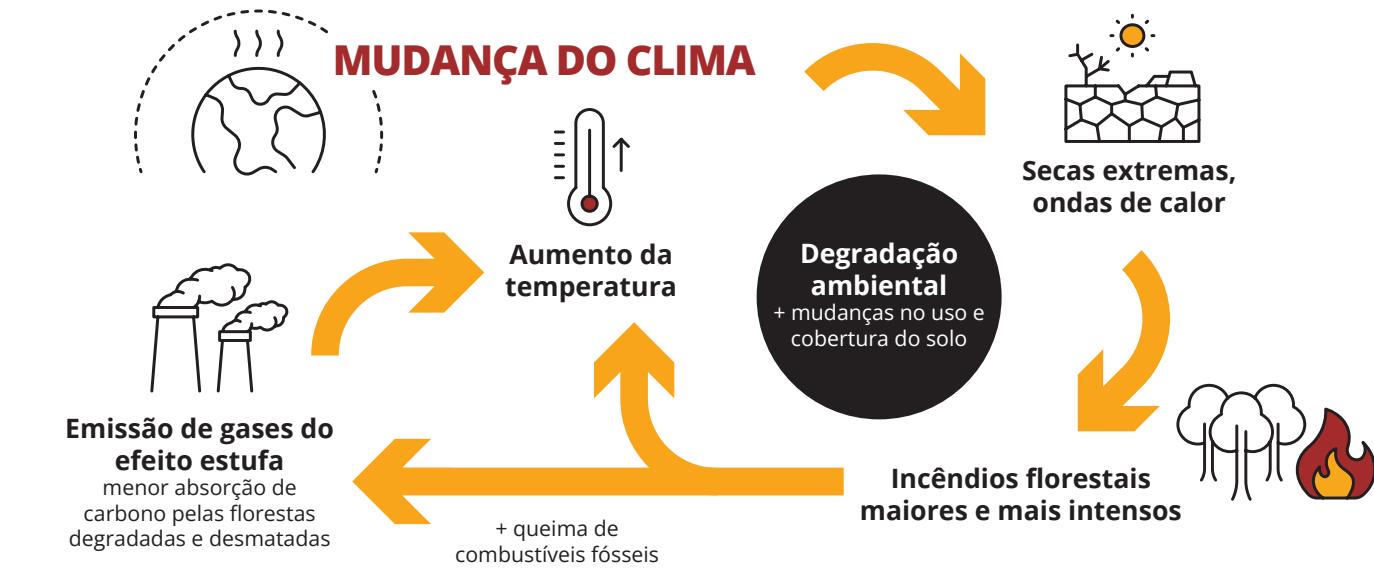
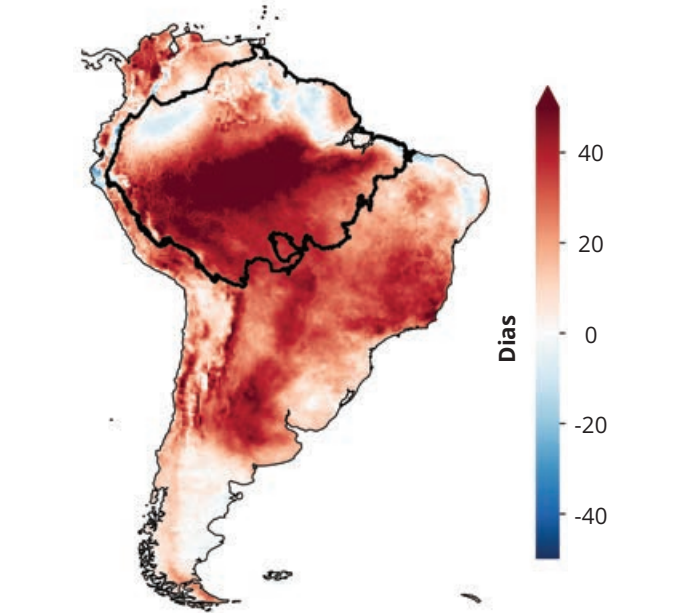
As avaliações sobre o clima, tanto passadas quanto futuras, são baseadas em modelos climáticos que simulam possíveis caminhos de desenvolvimento da sociedade, levando em conta fatores como crescimento populacional, uso do solo e matriz energética³⁷. Esses cenários, conhecidos como Shared Socioeconomic Pathways (SSP) (em português Caminhos Socioeconômicos Compartilhados), embasam as projeções climáticas que integram o Sexto Relatório do IPCC (AR6)³⁸. A partir desses cenários, os modelos projetam mudanças na temperatura, precipitação e outros parâmetros. Informações essenciais para estimar o Perigo Meteorológico de Fogo pois capta os efeitos antropogênicos no clima terrestre.

Cinco narrativas descrevem diferentes futuros possíveis. Os cenários SSP1-2.6 (desenvolvimento sustentável), SSP3-7.0 (rivalidades regionais) e SSP5-8.5 (dependência de combustíveis fósseis) representam cenários de baixo, médio-alto e alto risco climático³⁷.

FIGURA 3. Tendência linear absoluta de dias por ano com perigo extremo de fogo (FWI acima do limiar estatístico de 95% – percentil 95) para o período 1980-2024. O contorno preto destaca o limite biogeográfico da Amazônia.

Fonte: Fire Weather Index (FWI) (disponível em: <https://ewds.climate.copernicus.eu/datasets/cems-fire-historical-v1?tab=overview>)

Tendência de Dias por Ano com Perigo Extremo de Ocorrência e Propagação de Fogo (1980-2024)





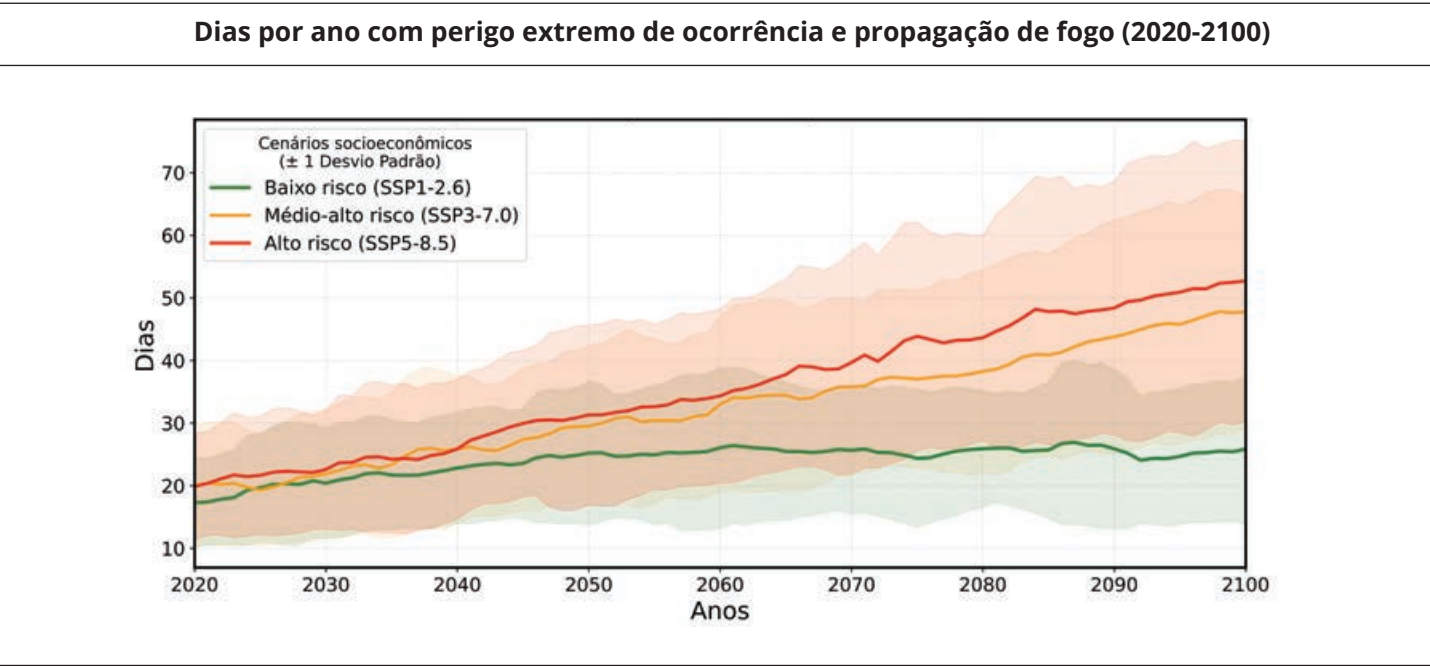
No cenário mais extremo (SSP5-8.5), a Amazônia pode enfrentar mais de 200 dias por ano com temperaturas máximas acima dos 35°C. Mesmo no cenário sustentável (SSP1-2.6), espera-se um aumento de pelo menos 50 dias quentes por ano em relação ao período de 1995-2014^{39,40}, além de um incremento na intensidade desses eventos⁴¹.

O IPCC³⁸ estima que a temperatura média do planeta deve subir no mínimo 2°C até 2100, com secas mais frequentes e severas. Estudos indicam que um

aquecimento de pelo menos 3°C poderia aumentar em 66% a duração e frequência dos incêndios⁴². A América do Sul, especialmente a Amazônia, figura entre as regiões mais preocupantes, com projeções de aumento significativo nas taxas de secas, aridez e incêndios³⁹. Estima-se que até o fim do século XXI o número de dias com perigo extremo de ocorrência e propagação de fogo ultrapasse 48 dias no cenário SSP3-7.0 e chegue a mais de 50 dias no SSP5-8.5. Em contraste, o SSP1-2.6 projeta uma estabilização abaixo dos 30 dias anuais até o final do século (Figura 4).

FIGURA 4. Variabilidade interanual do número de dias com perigo extremo de fogo (FWI > Percentil 95/FWI) para o período 2020–2100 (período de referência pré-industrial: 1850-1900). As linhas representam a média suavizada com janela móvel de seis anos do conjunto de modelos climáticos globais para três cenários socioeconômicos compartilhados: SSP1-2.6 (baixo risco; verde), SSP3-7.0 (médio-alto risco; laranja) e SSP5-8.5 (alto risco; vermelho). As faixas sombreadas indicam a variabilidade, representada pelo desvio padrão ($\pm 1\sigma$) para cada cenário. Os dados de projeção dos dias de FWI extremo foram obtidos de Quilcaille e Batibeniz⁴³.

Fonte: Quilcaille e Batibeniz, 2022 (<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000583391>)



A proteção da Amazônia diante das projeções de aumento de temperatura, secas extremas e perigo de fogo exige não apenas conter as pressões antrópicas sobre a floresta, mas também avançar na compreensão das interações entre clima e ação humana. Ainda há muitas incertezas sobre como os fatores climáticos e humanos interagem, o que exige mais estudos e monitoramento²⁰. Dados de precipitação e temperatura disponíveis costumam

apresentar limitações e/ou vies na Amazônia, reflexo da escassez de estações meteorológicas e da dificuldade de representar adequadamente a diversidade ambiental da região¹¹. Compreender mais profundamente a complexa interação entre clima e ação humana é crucial para proteger a Amazônia e para entender os impactos cada vez mais acentuados sobre seus territórios, ecossistemas e populações.



A CONTA DO FOGO

capítulo 5

Mariana Conte Grand

Economista Sênior, Meio Ambiente da América Latina e Caribe – Grupo Banco Mundial*

Nos últimos anos, a escala dos incêndios florestais na Amazônia tem sido sem precedentes. Conforme detalhado no capítulo 3, entre 2019 e 2024 os países da região amazônica registraram áreas queimadas regularmente acima das médias históricas, sendo 2024 particularmente severo: 43,4 milhões de hectares queimados no total, incluindo 16,4 milhões de hectares dentro da própria Amazônia. Nesse mesmo ano, os incêndios que atingiram áreas florestais alcançaram níveis recorde. Como discutido no capítulo 4, espera-se que essa tendência seja intensificada com as mudanças climáticas em curso. Torna-se, portanto, cada vez mais urgente reconhecer e enfrentar os danos de longo alcance causados pelos incêndios em toda a Amazônia, com o objetivo de ampliar a sensibilização e orientar políticas mais eficazes.

Este capítulo tem três objetivos principais. Primeiro, classificar os diferentes impactos dos incêndios em três categorias — ambientais, sociais e econômicos — e ilustrá-los em toda a Amazônia, tanto em termos físicos quanto monetários. O segundo objetivo é mostrar a magnitude dos danos causados pelos incêndios florestais em nível internacional, para evidenciar a escala das perdas. E o terceiro, explicar por que compreender os custos e benefícios monetários dos incêndios é crucial para projetar e avaliar políticas públicas, particularmente por meio de análises de custo-benefício e custo-efetividade.

* Este trabalho foi financiado pelo fundo fiduciário do Global Facility for Disaster Reduction and Recovery – *Improving prevention and response to Amazon Forest Fires* (TF0C3707), no âmbito do Programa de Ação Regional para Proteger a Amazônia (P180939). A autora agradece as contribuições de Fernando Rodovalho, João Moura Estevão Marques, Aldana Joel Canton e Judith Sardinas.



CONSEQUÊNCIAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA

Reconhece-se que o fogo nem sempre é negativo; muitas vezes desempenha um papel positivo em ecossistemas com e sem manejos humanos¹. Comunidades indígenas em diversas áreas da Amazônia têm sido particularmente bem-sucedidas no uso tradicional do fogo para benefícios relacionados ao aprimoramento do solo, à proteção e limpeza do território, assim como a propósitos espirituais e estéticos². O fogo em si é um elemento ecológico que, quando controlado ou ocorrendo em regimes adequados, pode gerar uma série de benefícios importantes, enquanto incêndios descontrolados ou frequentes podem causar danos significativos.

A ocorrência de incêndios em áreas florestais, agrícolas e em regiões próximas a assentamentos humanos pode ter uma ampla gama de impactos diretos e indiretos. Entre eles estão ferimentos ou mortes causadas pelas chamas, destruição de propriedades, incluindo residências, edifícios e infraestrutura, e efeitos negativos na produtividade, como na silvicultura, agricultura e pecuária³. Os incêndios também podem provocar aumentos temporários nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), alterações nos serviços ecossistêmicos e impactos na saúde humana devido à piora da qualidade do ar, entre outros⁴. Embora as classificações dos impactos possam variar, eles podem ser agrupados nas seguintes categorias (resumidos a seguir):

TIPO DE IMPACTOS DO FOGO

1



AMBIENTAIS

- **BIODIVERSIDADE**
Os incêndios florestais na Amazônia degradam habitats e comprometem as interações ecológicas, levando a extinções locais e perda de biodiversidade a longo prazo. Queimas repetidas reduzem a estrutura e a complexidade da floresta, afetando espécies que dependem do dossel, como polinizadores, dispersores de sementes e fauna endêmica. Os eventos de incêndio também deslocam a fauna, aumentando as tentativas de travessia de estradas e a mortalidade relacionada.
- **SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS**
A degradação induzida pelo fogo reduz a evapotranspiração e altera a dinâmica das chuvas, reforçando um ciclo de retroalimentação de seca e fogo. Outros serviços afetados incluem a regulação hidrológica, a fertilidade do solo, a polinização e a disponibilidade de produtos florestais não madeireiros, além de valores culturais.
- **EMISSIONES DE CARBONO**
Resultam da liberação de estoques de carbono armazenados na biomassa presente nas florestas, em diferentes tipos de vegetação e no solo.

2



SOCIAIS

- **SAÚDE**
A exposição direta às chamas ou à radiação de calor pode causar lesões ou óbitos, incluindo queimaduras, desidratação e insolação. Os incêndios florestais também pioram a qualidade do ar, provocando doenças respiratórias e outros problemas de saúde que podem comprometer a renda atual e futura. Impactos na saúde mental, como transtorno de estresse pós-traumático, depressão e insônia, também são comumente relatados após os incêndios⁵.
- **DESLOCAMENTO/MIGRAÇÃO DE COMUNIDADES**
Incêndios florestais de grande escala podem forçar o deslocamento de comunidades, comprometendo vidas e meios de subsistência. Em alguns casos, podem levar à migração permanente.

Todos os depoimentos incluídos nesta publicação foram coletados pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e foram previamente aprovados pelos(as) depoentes. Os depoimentos não se originam dos autores do capítulo nem de suas respectivas instituições. Estendemos nossos sinceros agradecimentos aos(as) depoentes, assim como a David Torres, Laurenz Romero, Sergio Cobos e Camilo Andres Acosta por sua colaboração.

© Central Ashaninka del Rio Ene



U
R
E
A



Meu nome é **Querenia Claudio Bustamante**, sou da comunidade nativa **Tsiquireni (Peru)**.

No ano passado houve um incêndio que me preocupou muito pelo dano que causou à floresta e aos animais. Os comunitários não conseguiram apagá-lo porque o fogo já havia avançado demais. O incêndio durou mais de um mês e chegou muito perto da comunidade vizinha Pitsiquia.

Depois do que aconteceu, todos os membros de nossa comunidade se reuniram para reforçar a prevenção e os cuidados quando fazemos queimas. Nós valorizamos muito a floresta porque é nossa fonte de alimento e vida.





3

ECONÔMICOS

• ATIVIDADES PRODUTIVAS

Os incêndios florestais geram perdas na agricultura, na produção madeireira, perda de animais e outros produtos florestais, além de impactos econômicos decorrentes da interrupção temporária de negócios e da paralisação de sistemas essenciais, como transporte, energia, água, segurança pública e escolas.

• INFRAESTRUTURA E PROPRIEDADE

Os incêndios podem destruir residências, infraestrutura e outros bens. Outros impactos associados dizem respeito à interrupção de serviços de energia e fechamento de aeroportos.

• IMPACTOS FISCAIS

Do lado das despesas, os governos enfrentam custos adicionais para financiar a prevenção de incêndios florestais, a ajuda humanitária e os serviços de evacuação, a estabilização emergencial de estradas e paisagens e a própria supressão dos incêndios. Do lado da arrecadação, os incêndios podem reduzir a receita pública devido à queda de produtividade e comercialização, incluindo as exportações, além da menor capacidade de empresas e cidadãos afetados em cumprir suas obrigações fiscais.

Os incêndios florestais na Amazônia têm efeitos profundos e duradouros sobre a sociedade e o meio ambiente. Muitos desses impactos já foram amplamente documentados, e vários foram quantificados em termos físicos e monetários. Exemplos provenientes de diferentes áreas da região ajudam a ilustrar como os incêndios florestais afetam a biodiversidade, as emissões de carbono, a saúde humana, a educação, os meios de subsistência e as finanças públicas, entre outros setores da região.

IMPACTOS AMBIENTAIS DOS INCÊNDIOS

Os incêndios florestais podem desencadear mudanças ecológicas irreversíveis e reduzir a funcionalidade dos ecossistemas⁶. Em florestas tropicais, como a Amazônia, mesmo um único incêndio pode iniciar a transição para sistemas degradados, resultando em reduções drásticas na cobertura florestal e na complexidade do habitat⁷. Os incêndios também aumentam a mortalidade das árvores e a abertura do dossel, criando condições favoráveis para a disseminação de espécies exóticas que competem com a flora nativa e dificultam a regeneração natural⁸. Essa mudança não apenas degrada a biodiversidade, mas também reforça um ciclo de maior inflamabilidade e crescente instabilidade ecológica⁹. Essas transformações comprometem serviços ecossistêmicos essenciais, como evapotranspiração, regulação das chuvas, ciclagem de nutrientes e disponibilidade de produtos florestais não madeireiros.

A biodiversidade também sofre perdas significativas: os incêndios florestais reduzem a abundância

de espécies funcionais, como dispersores de sementes e polinizadores, interrompendo redes ecológicas mutualísticas^{10,11}. Esses efeitos são intensificados nas bordas da floresta e em paisagens fragmentadas, onde as populações de vertebrados — particularmente grandes mamíferos, aves frugívoras e anfíbios sensíveis às mudanças microclimáticas — sofrem declínios acentuados. Com a intensificação dessas pressões, o fogo passa a representar uma séria ameaça à viabilidade de longo prazo de espécies e ecossistemas em toda a região¹².

Na Bolívia, estudos indicam que os incêndios florestais causam impactos ambientais significativos. Entre 2001 e 2020, eles afetaram a distribuição de 54 espécies ameaçadas e 15 endêmicas em Áreas-Chave de Biodiversidade¹³. A maior concentração de aves ameaçadas encontra-se na floresta amazônica do leste da Bolívia, fortemente impactada pelos incêndios. Os efeitos sobre a vegetação são altamente variáveis, dependendo do ecossistema e da localização. Foi relatado baixo impacto na Floresta de Transição Chiquitana em direção à Amazônia¹⁴.

Além da biodiversidade, os incêndios também liberam grandes volumes de carbono. No Brasil, em um período de 30 anos, eles lançaram 33,7 Mg CO₂/ha durante a queima e 92,4 Mg CO₂/ha pela morte e decomposição de árvores*. Embora a regeneração florestal tenha absorvido cerca de 45 Mg CO₂/ha, isso compensou apenas 36% das emissões totais¹⁵.

Os incêndios florestais contribuem para a poluição transfronteiriça do ar por meio do transporte de fumaça a longas distâncias. Plumadas de fumaça oriundas de queima de biomassa foram detectadas

* Observe que a mortalidade de árvores corresponde à morte de árvores em uma floresta, e decomposição é o processo de decomposição da matéria orgânica.



©Acervo pessoal

B
R
A
S
I
L



*Eu sou **Tainan Kumaruara**, da Aldeia Muruary que fica na Resex Tapajós Arapiuns, em Santarém, no Pará (Brasil).*

Em 2016 houve um incêndio florestal no território que não conseguimos combater devido à falta de técnicas e equipamentos. Esse incêndio gerou prejuízo espiritual, cultural, emocional e social, queimou a aldeia Muruary por inteiro, pomares, plantações e casas de farinha. Sendo que a aldeia Muruary já vivia consequências de incêndios anteriores que queimaram as nascentes do igarapé causando a seca dos mesmos.

Por isso, cada dia fortalecemos nossas técnicas ancestrais com a Brigada Guardiões do Território Kumaruara de cuidado da mãe natureza e preservação do meio ambiente, para proteger nosso território que é morada dos nossos encantados, o solo sagrado e o bem viver de quem vive da floresta.



em altitudes superiores a 10km sobre o Suriname, provenientes de incêndios na fronteira entre Brasil e Venezuela, injetando grandes quantidades de poluentes na troposfera superior. Embora 80% a 95% dos aerossóis sejam removidos durante a ascensão, uma parcela substancial de poluentes gasosos permanece na atmosfera. Esse transporte vertical prolonga a permanência das emissões associadas ao fogo, ampliando seu impacto climático em escalas regionais e globais¹⁶. De modo semelhante, em fevereiro de 2018 observou-se um aumento expressivo nos níveis de fumaça, impulsionado pela intensa queima de biomassa ao longo das fronteiras da Amazônia entre Colômbia, Equador e Peru¹⁷.

IMPACTOS SOCIAIS DOS INCÊNDIOS

Numerosos estudos documentam os impactos dos incêndios na saúde, especialmente no Brasil. Em relação aos efeitos e custos associados à exposição à fumaça, diferentes trabalhos estimaram os efeitos sanitários atribuíveis aos incêndios. Alguns se concentram apenas na mortalidade, outros na morbidade, mas há os que avaliam resultados gerais de saúde e, ainda, os que destacam os impactos cognitivos e educacionais.

Em relação à mortalidade, estimativas indicam que, durante a temporada de incêndios na Amazônia em 2019, ocorreram 4.966 mortes prematuras associadas à exposição ao material particulado fino (MP2,5) — o que correspondeu a aproximadamente 10% de todas as mortes prematuras relacionadas a

MP2,5 no Brasil. As emissões da queima de biomassa, em grande parte resultantes do desmatamento amazônico, desempenham papel central nesse impacto¹⁸. De forma convergente, outro estudo apontou que o aumento da atividade de fogo em 2019 levou a 3.400 mortes adicionais, atribuídas principalmente a incêndios florestais relacionados ao desmatamento em toda a Amazônia Legal brasileira¹⁹.

Em relação à morbidade, verificou-se que, no bioma amazônico brasileiro, em 2019, ocorreram 2.195 internações por doenças respiratórias associadas à poluição do ar proveniente de incêndios relacionados ao desmatamento, com custos estimados de US\$ 1,4 milhão para o sistema público de saúde²⁰.

Quanto aos impactos educacionais da exposição fetal à fumaça proveniente das queimadas agrícolas no Brasil (na Amazônia e em outros biomas), estimou-se, com base no desempenho de alunos do 5º ano, que uma redução de 10% nos níveis de MP2,5 ao longo de todo o período gestacional resultaria em um aumento de 1,3% nas notas de português e de 0,9% nas notas de matemática. Considerando que melhores resultados escolares tendem a se refletir em maiores salários no futuro, esse efeito representaria um acréscimo estimado de 2,6% na renda ao longo da vida²¹.

Também há evidências dos impactos dos incêndios florestais sobre a saúde em outros países da região. No Peru e na Bolívia, estima-se que a exposição ao MP2,5 associado ao fogo coloque mais de 1,8 milhão de pessoas acima do limite anual considerado seguro, com consequências significativas para a saúde²². Esses aspectos serão detalhados no próximo capítulo.

IMPACTOS ECONÔMICOS DOS INCÊNDIOS

Há também estimativas sobre a produção econômica afetada pelos incêndios florestais. Por exemplo, na Amazônia brasileira, foram calculadas as perdas econômicas na produção sustentável de madeira decorrentes do fogo*. Os resultados indicam que o fogo afetaria 2% das áreas de produção madeireira previstas para colheita entre 2012 e 2041, gerando perdas médias de US\$ 39/ha/ano (calculadas como valor anual equivalente), o que representa 0,8% da renda esperada. Em algumas áreas, as perdas podem chegar a US\$ 183/ha/ano. Ao considerar as áreas afetadas, a perda média anual foi estimada em US\$ 29 milhões²³.

Entre as consequências econômicas, os incêndios florestais podem representar também um agravante significativo para as populações de baixa renda. Incêndios florestais graves em território boliviano entre 2005 e 2020 causaram uma queda temporária da arrecadação de cerca de 8%, impulsionada principalmente por um declínio na renda agrícola de aproximadamente Bs 121 (unidade monetária da Bolívia — bolivianos) um ano após o evento e Bs 186 dois anos depois. O efeito desaparece e se torna insignificante após três anos, sugerindo que o impacto é temporário, particularmente relevante para a Amazônia boliviana, pois as áreas mais afetadas — Beni e norte de Santa Cruz — estão localizadas na borda sudoeste da bacia amazônica²⁴. Os governos amazônicos enfrentam forte pressão fiscal, em parte devido ao aumento dos gastos com

* A produção sustentável de madeira refere-se à exploração de impacto reduzido (RIL), que corresponde às normas legais e práticas adotadas no Brasil para minimizar os impactos ambientais nas concessões florestais madeireiras.



Sou **Osvin Yangui Guisicoi**, comunitário indígena Gwarayú, morador da comunidade de Salvatierra do Município de Urubichá, em Santa Cruz (Bolívia).

No ano passado, o incêndio se aproximou de nossa comunidade, nos reunimos sob a liderança do subprefeito, da Central de Mulheres Indígenas Guarayas de Salvatierra e da Central Comunal de Salvatierra; decidimos formar grupos de brigadistas e todos nós — homens, mulheres e jovens — interviemos para controlar o fogo.

Estávamos cansados e afetados pela fumaça e pelo calor, o incêndio foi muito grande e difícil de apagar, ele se originou fora da comunidade, longe daqui, não sabemos quem o provocou.

O incêndio chegou a queimar nossas lavouras, nossa floresta, animais silvestres e afetou a saúde dos moradores da comunidade, e até os pahuichis (casas de palha e madeira) que tínhamos em nossos chacos (zonas de cultivo).

Estamos atentos e esperamos que não volte a acontecer; estamos reforçando nossa brigada de bombeiros comunitária com capacitações e controlando quem entra em nossas florestas.



serviços de emergência, atividades de combate a incêndios e esforços de recuperação. Não há uma sistematização sobre como os recursos são aplicados na gestão de incêndios florestais, mas, por exemplo, em 2023, apenas o governo federal brasileiro destinou R\$ 63,5 milhões (aproximadamente US\$ 13 milhões) para prevenção e combate.*

Em resumo, há evidências dos impactos abrangentes do fogo na Amazônia. No entanto, esses impactos são mais frequentemente mensurados em termos físicos (por exemplo, área de soja queimada, toneladas de CO₂ emitidas, número de mortes ou internações hospitalares) do que em termos monetários (como perdas de terras com soja plantada queimadas, e outras culturas como algodão, perda de rebanhos, custo de oportunidade do carbono que poderia ter sido comercializado, gastos com saúde e perdas salariais). Além disso, é mais comum encontrar avaliações altamente especializadas que se concentram em um único impacto (por exemplo, número de mortes) do que estudos abrangentes que considerem múltiplos efeitos simultaneamente — isto é, saúde, produção e serviços ecossistêmicos em um mesmo período. Esse padrão é observado não apenas na região amazônica, mas também em estudos em nível internacional.

DANOS CAUSADOS POR INCÊNDIOS EM NÍVEL INTERNACIONAL

Apenas um número reduzido de estudos internacionais apresenta estimativas monetárias abrangentes que consideram múltiplos tipos de impactos para um mesmo evento de incêndio florestal. Em contrapartida, a maioria das análises tende a se concentrar em um único tipo de dano.** A escala dos impactos e dos danos depende da intensidade, da extensão e da localização do fogo. Assim, uma caracterização adequada de quais impactos podem levar aos maiores danos dependerá de quais deles são incluídos, bem como das fontes de dados e metodologias utilizadas. Como mostrado na Tabela 1, a importância relativa dos diferentes impactos varia significativamente dependendo do tipo de dano considerado, o que torna desafiadora a identificação de um padrão de danos causados por incêndios florestais. No Canadá, a saúde representou 75% das perdas^{25,***} enquanto na Califórnia os custos de saúde corresponderam a apenas 22% das perdas²⁶. De modo semelhante, as emissões de CO₂ representaram 40% das perdas na Indonésia²⁷, enquanto corresponderam a 64,3% dos danos no estado do Acre, no Brasil²⁸.

Apesar das diferenças em relação ao tipo de perda predominante, a ordem de magnitude dos danos, quando expressa como parcela do PIB anual, é relativamente consistente entre os estudos, variando entre 0,5 e 3,4%. Contudo, quando expressa por área queimada (US\$/ha queimado), a variação é maior. Nesse caso, as estimativas vão de US\$ 1.200/ha no Acre (Brasil) a US\$ 5 mil/ha na Indonésia e US\$ 20 mil/ha na Califórnia.

MESA 1. Estudos de amostra que estimam vários tipos de danos ao mesmo tempo

Fonte: Elaboração própria.

Fonte	Área	Período	Categorias de danos avaliados e participação no total	Participação no PIB
Hope et al. (2024) ²⁵	Canadá	2013-2018	Saúde (mortalidade e morbidade): 75%; Madeira: 9% Propriedade, Ativos e Infraestrutura: 6% Supressão: 10% (7% variável, 3% custos fixos) Evacuação: 1%	3.4%*
Kiely et al. (2021) ^{26**}	Indonésia	2004-2015	Impactos na saúde (exposição à fumaça, anos de vida ajustados por incapacidade): 26% Emissões de CO₂: 40% Perdas produtivas (lavouras, plantações): 33%	3.3%
Wang et al. (2020) ²⁷	Califórnia	2018	Custos de saúde: 22% Perdas de capital: 19% Perdas indiretas devido a interrupções econômicas em 80 setores da indústria: 59%	1.5%
Campanharo et al. (2019) ²⁸	Acre, Brasil	2008-2012	Respiratórios: 3,6% Emissão de CO₂: 64,3% Produção: 7,5% Cerca: 10,5% Restabelecimento: 14,1%	0.5%
Barrett (2018) ²⁹	EUA, revisão de casos específicos de incêndios	Vários anos entre 2002 e 2016	CURTO PRAZO Ajuda humanitária e serviços de evacuação: 2% Perda de casas e propriedades: 21% Estabilização imediata de estradas e paisagens: 3% Atividades federais de supressão: 8% Atividades estaduais/locais de supressão: 1%.	N/A
			LONGO PRAZO Desvalorização de propriedades: 8% Degradação de serviços ecossistêmicos: 34% Reparos em energia e infraestrutura: 4% Vítimas humanas: 1% Reabilitação de paisagem de longo prazo: 16% Perdas fiscais, empresariais e de e recursos naturais: 2% Outros: 0,1%	
Thomas et al. (2017) ³⁰	EUA, revisão de estimativas em diversos locais	Vários anos	DIRETO Saúde (mortes, morbidade, impactos psicológicos) Casas e outras infraestruturas Meio ambiente (perdas de vegetação, erosão, bacias hidrográficas, qualidade do solo, emissões de carbono) Perdas de madeira e agricultura	N/A
			INDIRETO Interrupção temporária de negócios Interrupções temporárias na oferta de infraestrutura Migração	

Anotações:

* Cálculo próprio com base em US\$ 57,2 bilhões (2019) no artigo e US\$ 1,744 trilhão (2019) para aquele ano.

** Baseado em trabalho anterior do Banco Mundial (2016), que não incluía impactos na saúde.



ESTIMATIVAS MAIS ABRANGENTES PARA UM MELHOR DESENHO DE POLÍTICAS

Avaliar os custos das políticas de fogo e compará-los com os custos evitados por meio da redução das áreas queimadas é crucial. Em primeiro lugar, permite que os formuladores de políticas públicas identifiquem as estratégias mais custo-efetivas, garantindo que os recursos limitados sejam alocados da maneira mais impactante. Em segundo lugar, ao compreender as compensações e os impactos econômicos, os tomadores de decisão podem priorizar intervenções que ofereçam o maior retorno sobre o investimento, aumentando assim a eficiência geral das práticas de manejo do fogo.

Além disso, integrar tais análises no desenho de políticas favorece decisões mais informadas, transparentes e equitativas, levando, em última instância, a melhores resultados tanto para o meio ambiente quanto para as comunidades afetadas. Essa abordagem também auxilia na obtenção de apoio público e político ao demonstrar os benefícios tangíveis de medidas proativas de manejo do fogo. No entanto, existem relativamente poucos estudos que utilizam análise de custo-benefício (ACB)* ou análise de custo-efetividade** para priorizar políticas de incêndios florestais, e a maioria se concentra em áreas específicas de países desenvolvidos.

* Às vezes também referido como análise custo-benefício (ACB).

** Nesse caso, em vez de comparar o custo de uma política com o benefício (isto é, a redução dos danos que ela gera), a comparação é feita entre os gastos da política e seu impacto físico, por exemplo, em termos de redução da área queimada.



Eu sou **Domenica Dammer**, da comunidade de Mulauco (Equador). No dia 4 de setembro de 2024, um incêndio muito grande queimou o lote onde semeamos cereais e grãos como trigo, milho, cevada e feijão. Atukpamba é um centro de permacultura com mais de 30 anos de experiência.

O incêndio aconteceu em um dia em que tudo estava extremamente seco, depois de dois meses de estiagem, com radiação muito alta e ventos muito fortes. Tivemos grandes perdas materiais, incluindo dois galpões, uma cabana, moinhos, peneiras, carroças, semeadeiras, picadeiras de capim, colheitas etc. Recebemos apoio da comunidade ao nosso redor tanto para impedir que o incêndio causasse danos ainda maiores quanto para podermos nos recuperar.

Este ano nos dedicamos a aprender mais estratégias de gestão dos territórios para prevenir danos tão grandes e compartilhar esses aprendizados com a comunidade que nos rodeia. Acreditamos firmemente que o mundo precisa de mais pessoas alinhadas com os ritmos naturais para que possamos fazer deste mundo um lugar melhor para viver.



Por exemplo, em uma bacia hidrográfica da Califórnia, os benefícios do manejo de combustível foram estimados entre 1,9 e 3,3 vezes superiores aos custos³¹. Além disso, nos Estados Unidos, atividades de mitigação de incêndios florestais — principalmente o manejo mecânico* — foram analisadas em terras que servem como áreas de captação para o abastecimento de água municipal em Denver (Colorado) entre 2011 e 2019. Constatou-se que os investimentos no âmbito da parceria Forest to Faucets (F2F), por meio da qual os proprietários de terras recebem pagamentos para manejar suas florestas de forma a proteger e melhorar a qualidade dos recursos hídricos, apresentaram uma razão benefício-custo (B/C) superior a 1, condicionada à ocorrência de incêndio no período de 25 anos e considerando outros co-benefícios além daqueles relacionados à proteção de bacias hidrográficas; porém, as razões B/C são inferiores a 1 quando consideradas outras hipóteses de cálculo³².

Mais recentemente, uma meta-análise** estimou uma razão B/C de 7,04 ao considerar alternativas de manejo e queima controlada no oeste dos EUA³³. Outras políticas, como ações de educação sobre incêndios florestais para prevenir ignições, apresentam retornos ainda maiores, com benefícios superando os custos em média 35 vezes³⁴.

Além dos Estados Unidos, a evacuação precoce foi identificada como a única política de manejo de incêndios florestais com benefícios econômicos líquidos positivos no sudeste da Austrália³⁵. Além disso, uma ACB foi realizada para uma missão de observação da Terra destinada a coletar dados

de satélite necessários para o monitoramento de incêndios florestais (WildFireSat), mostrando que, sob hipóteses pessimistas e conservadoras, os custos da missão geralmente superam os benefícios potenciais em 1,16 a 1,59 vezes, enquanto sob hipóteses mais otimistas, os benefícios superaram os custos em um fator de 8,72 a 10,48²⁵.

Algumas estimativas de custo-efetividade estão disponíveis para o Brasil. Foram comparados os gastos de dois programas implementados entre 2012 e 2016 no país: o programa de supressão e prevenção de incêndios do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), em Unidades de Conservação Federais, e um programa privado que promove práticas de agricultura sustentável e manejo de incêndios em propriedades rurais privadas³⁶. Seus custos foram comparados às reduções na área queimada, em vez de valorar os benefícios em termos monetários.

Os resultados mostraram que os investimentos em manejo do fogo nas UC totalizaram US\$ 0,51/ha/ano na Amazônia, e aproximadamente 94% do investimento público em manejo do fogo nas UC foi destinado à supressão, em vez de atividades de prevenção. As áreas queimadas dentro das UC foram 64% menores, mas nem sempre houve uma diferença clara entre a presença ou não de brigadas de incêndio. Em terras privadas do estado do Mato Grosso no Brasil, o gasto médio com supressão de incêndios foi muito maior: US\$ 15,89/ha/ano, enquanto para prevenção foi de US\$ 0,19/ha/ano. Com esse investimento, a área queimada nas propriedades privadas diminuiu 35% na Amazônia. ***

* O manejo reduz a densidade do dossel arbóreo e remove árvores menores que podem atuar como combustível para o fogo.

** Observe que a meta-análise é um método de síntese de dados quantitativos por meio da comparação de múltiplos estudos independentes que tratam do mesmo tema.

*** Na mesma linha abordam a efetividade das brigadas de incêndio (Programa de Brigadas Federal – PBF), que tiveram um custo médio de aproximadamente US\$ 4,5 milhões no período de 2013-2017, comparando os anos anteriores (2008-2012) e durante (2013-2017) a implementação do PBF na Terra Indígena Parque do Araguaia. Os autores constataram que o programa reduziu o número de áreas queimadas, mas a recorrência de incêndios em ciclos de 4-5 anos aumentou³⁷.

Além disso, alguns estudos recentes na região fornecem evidências relevantes sobre a efetividade do manejo de incêndios florestais no Brasil, sem apresentar uma avaliação de custos ou benefícios. Apesar disso, esse tipo de estudo também é relevante para o desenho de políticas, pois estima seus resultados concretos. Por exemplo, já foi demonstrado que políticas de proibição emergencial do uso do fogo, isoladamente, são insuficientes para controlar a crise de incêndios na Amazônia brasileira, já que anos posteriores registraram queimadas acima da média, evidenciando a necessidade de reformas estruturais de governança e de uma aplicação mais rigorosa da lei³⁸.

Em resumo, os incêndios têm impactos ambientais, sociais e econômicos de grande alcance, muitos já documentados em países amazônicos por meio de estimativas físicas e, em menor escala, monetárias. As comparações internacionais destacam a complexidade de quantificar os danos causados pelo fogo, dada a considerável variação nos tipos de impactos medidos e nas metodologias empregadas. Ainda assim, a magnitude das perdas — seja em termos de saúde pública, emissões ou danos à propriedade — justifica claramente a adoção de políticas públicas mais fortes e custo-efetivas.

Embora os estudos existentes sobre análises de custo-benefício e de custo-efetividade ainda sejam limitados e em grande parte focalizados em países desenvolvidos, eles fornecem contribuições valiosas para o aprimoramento do desenho de políticas de incêndios florestais. Ampliar esse tipo de análise nos países amazônicos é essencial para direcionar de forma mais precisa os investimentos, avaliar as compensações e fortalecer a resiliência aos riscos relacionados ao fogo. Integrar a valoração econômica às estratégias de manejo integrado do fogo pode, em última instância, apoiar decisões políticas mais informadas, eficientes e equitativas na região.



©Dirección Nacional de Bomberos de Colombia

C O L Ô M B I A



Eu sou Clara Patricia Reina Gregorio, moradora do quilômetro 23, resguardo San Nicolás (Colômbia). No ano passado tivemos um incêndio de cobertura vegetal no qual fomos afetados em algumas plantações, como mandioca, abacaxi e algumas outras hortaliças.

Diante desse incidente, enquanto eu ia buscar ajuda, chegou a queimar uma parte de nossas chagras, e já vendo a necessidade, com o conhecimento que adquirimos, atualmente está sendo preparado um grupo comunitário de moradores do resguardo e vizinhos para poder enfrentar, em algum momento, outro incidente.

Temos muito claro que o fogo é fundamental em nosso resguardo, mas também há pessoas inescrupulosas que às vezes fazem mau uso dele.





FOGO E SAÚDE

**Elizeu Chiodi Pereira^{1,2,3}, Dayane da Fonseca Barbosa^{1,2},
Fernando Rodovalho⁴, Thiago Nogueira^{1,2,3},
Kelly Polido Kaneshiro Olympio^{1,2,3}**

¹ Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP) - Brasil

² Laboratório de Análises da Exposição Humana a Contaminantes Ambientais (FSP/USP) - Brasil

³ Expossoma e Saúde do Trabalhador (eXsat: The Human Exposome Research Group) - Brasil

⁴ Projeto CoRAmazonia, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

A Organização Mundial da Saúde alerta: a emergência climática também é uma emergência de saúde pública¹. Na Amazônia e no mundo, os efeitos da degradação ambiental sobre a saúde tornam-se cada vez mais tangíveis. O Painel Científico da Amazônia aponta que a degradação de ecossistemas terrestres e aquáticos afeta diretamente o bem-estar das populações, com impactos que vão do aumento de doenças infecciosas à insegurança hídrica e alimentar, sobretudo para populações mais vulneráveis^{2,1}. Estudos recentes indicam que a intensificação dos incêndios florestais e dos processos de degradação tem sido determinante para o aumento da concentração de poluentes atmosféricos na região, com efeitos adversos sobre a saúde pública^{3,4}.

Durante a época crítica para ocorrência de incêndios florestais, as hospitalizações por doenças respiratórias na Amazônia podem aumentar em até 38%, com impactos mais severos entre crianças e idosos, por conta da imaturidade ou declínio dos sistemas respiratório e imunológico^{5,6,7}, além de afetar outros grupos vulneráveis, ou seja, pessoas que já apresentam algum problema de saúde. O aumento de hospitalizações está ligado à piora da qualidade do ar causada pela queima de biomassa, que libera grandes quantidades de compostos químicos tóxicos e material particulado (MP10, MP2,5, e MP<2,5), poluentes formados emitidos pela queima da cobertura vegetal e composto por produtos tóxicos à saúde, que, ao serem inalados, adentram os pulmões e, conseqüentemente, a corrente sanguínea, contribuindo para o agravamento de doenças respiratórias, circulatórias, cardiovasculares, neurológicas, autoimunes e com risco aumentado de desenvolvimento de cânceres^{8,9,10,11,12}.

A Tabela 1 apresenta algumas classes de compostos químicos que podem compor o material particulado gerado durante a queima de biomassa e seus efeitos associados à saúde humana.

TABELA 1. Compostos químicos presentes nas fumaças originadas na queima de biomassa e principais efeitos à saúde.

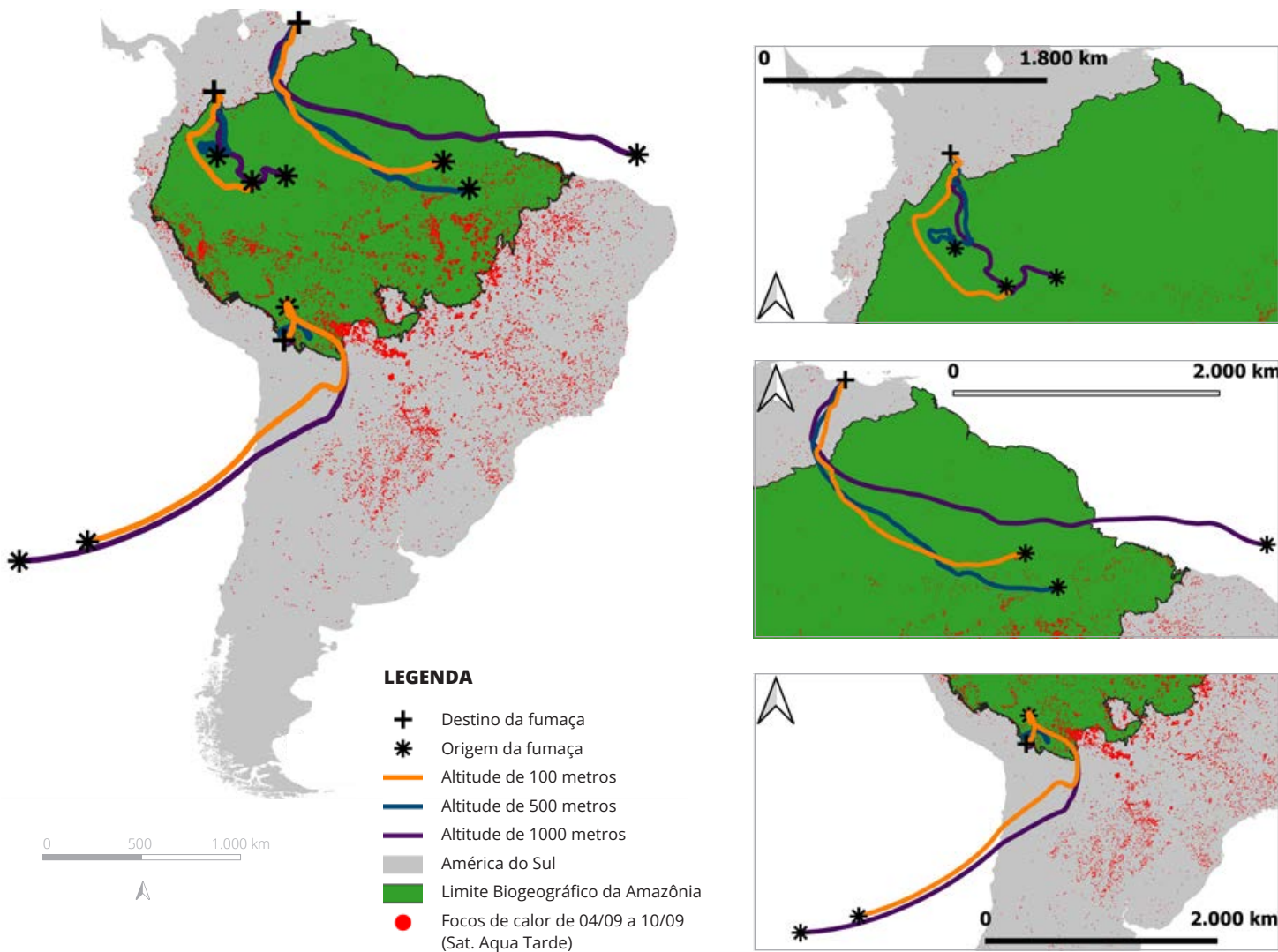
Fonte: Referências 8,9,10,11,12

COMPOSTO	PRINCIPAIS EFEITOS NA SAÚDE
Material Particulado (MP2.5, PM10)	Doenças respiratórias, cardiovasculares, circulatórias, autoimunes (lúpus), risco de câncer, restrição do crescimento fetal
Carbono Negro (Black Carbon)	Redução da função pulmonar, especialmente em crianças
Monóxido de Carbono (CO)	Intoxicação, cefaleia, tontura, risco cardíaco, doenças autoimunes e restrição do crescimento fetal
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Inflamação pulmonar e agravamento de doenças respiratórias
Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)	Efeitos tóxicos sistêmicos, risco de câncer
Metais pesados (mercúrio, chumbo e outros)	Neurotoxicidade, disfunções renais e hepáticas
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	Inflamações e cânceres em diferentes compartimentos corporais

Como visto no capítulo anterior, os números alarmantes de mortalidade, hospitalizações, prejuízos ao desenvolvimento infantil e outros efeitos dos incêndios florestais na saúde pública apontam para um dilema humanitário que ultrapassa fronteiras nacionais, já que esses efeitos não se limitam à região onde ocorrem. Os poluentes emitidos podem ser transportados por correntes atmosféricas e precipitar em forma de chuvas contaminadas, afetando a qualidade do ar, da água e do solo em áreas distantes, além da própria Amazônia^{13,14}.

Essa contaminação compromete aquíferos, rios, reservatórios e plantações, agravando a insegurança hídrica, alimentar e sanitária de populações, comprometendo sua subsistência. Foi identificado que poluentes gerados por incêndios florestais ocorridos nas savanas africanas foram transportados até a Amazônia e outros biomas brasileiros¹⁵, reforçando a capacidade desses episódios de superar fronteiras e gerar impactos ambientais, econômicos e de saúde pública em escala intercontinental. A Figura 1, abaixo, evidencia a retrotrajetória de fumaças ao longo de episódios de incêndios florestais ocorridos na América do Sul.

FIGURA 1. Retrotrajetórias de massas de ar calculadas com o modelo HYSPLIT, indicando as potenciais regiões de origem da fumaça transportada para os pontos receptores de Bogotá, Caracas e La Paz*.



* Retrotrajetórias de massas de ar calculadas com o modelo HYSPLIT (*Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory*)^{16,17} indicando as prováveis regiões de origem de poluentes que atingiram Bogotá (4,62° N, 74,06° W), Caracas (10,50° N, 66,91° W) e La Paz (16,48° S, 68,11° W). As simulações de 168 horas (7 dias) tiveram como ponto final o dia 10 de setembro de 2024, em altitudes de 100, 500 e 1000 metros acima do nível do solo (AGL), para analisar o transporte de plumas após o pico de queimadas na América do Sul (8.356 focos em 3 de setembro de 2024). As trajetórias estão sobrepostas com dados de focos de calor disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A simulação utilizou dados meteorológicos do Global Forecast System (GFS) com resolução de 0,25 graus. Foram utilizados dados da Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG) para delimitação geográfica do bioma Amazônia.

Os impactos recaem com mais força sobre comunidades já tradicionalmente vulnerabilizadas, como populações ribeirinhas, indígenas, rurais e periféricas. Além da maior exposição à poluição e à fumaça, essas comunidades enfrentam a ausência ou precariedade dos serviços de saúde, saneamento e resposta emergencial, realidade comum em amplas regiões da Amazônia¹⁸. A desigualdade social, portanto, não é apenas um pano de fundo, mas um fator que amplifica os riscos, limita a adaptação e intensifica os efeitos dos incêndios sobre a saúde pública, expondo de forma desigual as populações^{19,20}.

A crise de saúde pública provocada pelos incêndios vai além da contaminação do ar, da água e da exposição direta à fumaça. A degradação do ecossistema amazônico altera o microclima, criando condições ideais para a proliferação de vetores como os mosquitos *Aedes* e *Anopheles*. Como consequência, intensificam-se doenças endêmicas como dengue, zika e malária, e aumenta-se o risco do surgimento de novas zoonoses. A aproximação entre humanos e fauna silvestre em áreas degradadas aumenta a chance de contato com patógenos desconhecidos²¹.

Nesse sentido, a covid-19 foi um alerta: o colapso ambiental pode rapidamente se transformar em colapso sanitário local, regional ou global. Com sua vasta diversidade biológica e presença de potenciais vetores ainda pouco conhecidos, a Amazônia figura entre os principais hotspots mundiais para o surgimento de novas pandemias²¹. Preservar o equilíbrio ecológico da floresta é, portanto, uma questão de saúde pública de interesse global.



É também fundamental reconhecer e valorizar quem está na linha de frente do enfrentamento dos incêndios florestais. Pessoas que arriscam sua saúde todos os dias para proteger a sociedade e o meio ambiente. Brigadistas florestais, bombeiros, profissionais e voluntários enfrentam calor extremo, esforço físico intenso, inalação de fumaça, alto risco de queimaduras, quedas de

árvores e contato com animais peçonhentos, entre outras ameaças, muitas vezes em regiões com infraestrutura de saúde precária ou inexistente. A gravidade dessa exposição foi recentemente reconhecida pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), que classificou a exposição ocupacional desses profissionais como carcinogênica²².

Essa vulnerabilidade é agravada por condições de trabalho precárias: esses profissionais não raro atuam sem equipamentos de proteção adequados, acompanhamento médico ou mesmo vínculo formal de trabalho, numa clara violação do trabalho decente, incorporado como um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS 8). Estudos já identificaram exposição a compostos tóxicos com potencial de causar danos ao organismo e ao DNA²³, além de severos impactos na saúde mental, decorrentes da exposição repetida ao risco e pela falta de apoio institucional²⁴. Cuidar da saúde de quem cuida da floresta não é apenas uma urgência, é um gesto de reciprocidade inadiável e necessário.

Embora os impactos dos incêndios florestais e da crise climática na saúde sejam cada vez mais evidentes, persistem lacunas importantes no seu monitoramento. É fundamental ampliar estudos que investiguem a exposição da saúde humana, incluindo o uso de biomarcadores capazes de detectar precocemente efeitos causados à saúde, como alterações fisiológicas e de níveis de suscetibilidade individual²⁵, protegendo as populações dessa exposição.

Esses instrumentos podem ser usados para monitorar grupos e comunidades afetadas, fortalecendo estratégias de cuidado e resposta. A caracterização mais precisa desses riscos é essencial para orientar políticas públicas mais eficazes, integradas e equitativas. Como destaca a Organização Mundial da Saúde¹, a saúde é um argumento para a ação climática, e pode ser a chave para transformar conhecimento em ação.



MANEJO INTEGRADO DO FOGO

capítulo 7

**Fernando Rodovalho¹, Rachel Carmenta²,
Rodrigo Falleiro³, Christian Berlinck⁴**

¹ Projeto CoRAmazonia, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

² Tyndall Centre for Climate Change Research and the School of Global Development, Norwich Research Park, University of East Anglia – Inglaterra

³ Secretaria Nacional de Gestão Ambiental e Territorial do Ministério dos Povos Indígenas – Brasil

⁴ Coordenação Geral de Políticas para o Manejo Integrado do Fogo, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – Brasil

Nos capítulos anteriores, vimos como a relação com o fogo se transformou ao longo do tempo, expandindo-se de seus usos originais por grupos tradicionais para ser adotada por novos atores, que o empregaram com objetivos distintos, afastando-se de práticas cuidadosas, respeitosas e sustentáveis. O fogo passou de uma ferramenta de manejo ambiental e cultural integrado empregado por povos indígenas e comunidades tradicionais para um instrumento amplamente utilizado por fazendeiros e pecuaristas de todos os tamanhos na Amazônia, entre outros atores, como madeireiros e grileiros¹.

O uso abrangente do fogo na paisagem Amazônica acaba aumentando a ocorrência de incêndios florestais que causam a degradação florestal, perda de biodiversidade, ameaças à saúde humana, prejuízos econômicos e riscos aos modos de vida tradicionais. Esses processos interconectados minam a resiliência ecológica e comunitária da região e aceleram sua aproximação do ponto de não retorno, conforme alertado pela ciência^{2,3}.

Diante desse cenário, enfrentar o desafio exige consolidar o manejo do fogo como parte da governança territorial, fortalecendo capacidades locais, inclusive por meio da articulação em diferentes escalas⁴, integrando conhecimentos científicos e tradicionais, e promovendo estratégias preventivas alinhadas às dinâmicas territoriais⁵. O Manejo Integrado do Fogo (MIF) surge, assim, como uma abordagem para reequilibrar as relações entre o fogo e os ambientes, centrada no planejamento, na responsabilidade compartilhada e na valorização das múltiplas dimensões e saberes sobre o fogo, estruturada em três pilares interdependentes, representados por um triângulo equilátero incluindo aspectos culturais, ecológicos e uso do fogo⁶ (Figura 1).

ECOLOGIA DO FOGO

Investiga os impactos positivos e negativos do fogo sobre os ecossistemas, seu regime (sazonalidade, frequência, intensidade, local de ocorrência, objetivos etc.) e os efeitos sobre a sociobiodiversidade. Em florestas tropicais como a Amazônia, onde a maioria dos tipos de vegetação é sensível ao fogo, os incêndios podem levar a processos irreversíveis de degradação, ou seja, ao colapso do ecossistema florestal. O conhecimento ecológico é essencial para identificar limites, zonas de risco, estratégias preventivas e definir quando o uso do fogo é viável ou deve ser evitado^{7,6,9,10}.

MANEJO INTEGRADO DO FOGO

USO DO FOGO

Reconhecido como uma ferramenta necessária em muitos contextos, especialmente na agricultura de subsistência, como a roça de corte e queima, e em ações de conservação ambiental.

Em vez da proibição generalizada, propõe-se o uso planejado e seguro do fogo, com medidas de segurança definidas, janelas de queima apropriadas, objetivos claros, condições meteorológicas favoráveis, capacitação técnica e responsabilidades estabelecidas. Também se incentiva o uso de alternativas ao fogo, como os sistemas agroflorestais, sempre que essas transições forem construídas com participação e respeito aos saberes locais^{6,7,11}.

CULTURA DO FOGO

Reconhece que o uso do fogo está profundamente entrelaçado à vida social, econômica e cultural de povos, comunidades e territórios. Esses grupos desenvolveram e transmitiram práticas ao longo de gerações, guiadas por calendários ecológicos e pela atenta observação dos sinais da natureza.

Contudo, hoje enfrentam o desafio climático de períodos secos mais longos, menor índice de chuvas e redução da umidade, o que torna o fogo mais propenso a escapar dos controles tradicionais. Essa dimensão inclui o papel do fogo na expressão cultural, nas cosmovisões, no pertencimento territorial, na segurança alimentar, na medicina, na proteção e na geração de renda^{6,7,8}.



©Rodrigo Falleiro

A partir da articulação dos três pilares do MIF — cultura, ecologia e uso do fogo — emergem formas práticas de ação territorial. Essa abordagem dá origem a um ciclo contínuo de diagnóstico, prevenção, preparação, resposta e recuperação, com o objetivo de promover comunidades e paisagens resilientes, reduzir o risco de incêndios florestais e proteger ambientes sensíveis. Busca também

restaurar ecossistemas, fortalecer capacidades locais, apoiar metas de redução de emissões e de proteção da biodiversidade, permitir a reintrodução e o acesso ao fogo de importância biocultural¹², e consolidar uma governança pública eficaz e participativa. Na Figura 1 descrevemos esse ciclo de ações práticas que, de forma interconectada e contínua, materializa o conceito de MIF nos territórios^{6,8,9,10,13}.

FIGURA 1.
Fonte:Referências 6,8,9,10,13



As ações que estruturam o MIF, em geral, tendem a buscar uma gestão do fogo que seja participativa e corresponsável, enraizada nos territórios e nos modos de vida locais, com ênfase no fortalecimento do manejo comunitário do fogo. Essa ênfase abre espaço para a autonomia e a organização local, gerando co-benefícios que fortalecem a governança territorial do fogo. Ao proteger recursos essenciais para a soberania alimentar, a geração de renda e a bioeconomia, o MIF busca fortalecer a resiliência das comunidades diante da instabilidade climática e econômica, reforçando direitos coletivos à terra, à cultura e à segurança alimentar^{14,15}. Nesse contexto, o MIF contribui para a justiça climática ao reconhecer a diversidade de saberes, redistribuir responsabilidades e enfrentar — além de reparar — assimetrias históricas no manejo do fogo. Por exemplo, ao reconectar povos às suas práticas ancestrais de manejo do fogo em locais onde tradições foram interrompidas pelos regimes de supressão do fogo. O MIF representa um projeto ético e político de convivência com o fogo, que coloca os povos e seus territórios no centro das soluções climáticas^{16,17}, conduzindo-nos a novas culturas do fogo¹⁸.

Guiado por soluções locais, coordenadas em nível regional e nacional, e conectado a uma agenda humanitária compartilhada, o MIF também se apresenta como um caminho para enfrentar os desafios globais do clima. Ao articular ações multissetoriais e territorializadas, contribui para o

cumprimento de compromissos multilaterais por meio de práticas concretas e acessíveis. Ao reduzir emissões, promover a adaptação territorial, valorizar os saberes locais e integrar a gestão de riscos às estratégias de desenvolvimento, o MIF se alinha aos princípios centrais de acordos internacionais, como o Acordo de Paris¹⁹, o Marco Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal²⁰ e o Marco de Sendai²¹.

Como solução enraizada nos territórios, o MIF traduz compromissos globais em práticas viáveis para povos e comunidades, integrando a conservação ambiental à sustentabilidade econômica e cultural. Acima de tudo, trata-se de uma estratégia que mobiliza um propósito coletivo: proteger a vida, sustentar os territórios e cultivar um futuro sustentável, justo e solidário.

©Dirección Nacional de Bomberos de Colombia



©Mayangdi Inzaulgarat - Prevfogo/lbama



RECOMENDAÇÕES & INSPIRAÇÕES

**Fernando Rodovalho¹, Gabriel Franco Chaskelmann²,
Liana Oighenstein Anderson³, Jarlene Gomes⁴, Christian Niel Berlinck⁵,
David Sergio Torres Paredes⁶, Daniel Segura Ramos⁷, Carlos Pinto⁸**

¹ Projeto CoRAMazonia, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

² Brigada de Incêndio Florestal de Alter do Chão - Brasil

³ Divisão de Observação da Terra e Geoinformática (DIOTG), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - Brasil

⁴ Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), Universidade de Brasília (UnB) - Brasil

⁵ Coordenação Geral de Políticas para o Manejo Integrado do Fogo, Departamento de Políticas de Controle do Desmatamento e Incêndios, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima - Brasil

⁶ Central Asháninka del Río Ene (CARE) - Perú

⁷ Programa Amazonía Sin Fuego (PASF), Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador (MAATE)

⁸ Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) - Bolívia

Construir territórios adaptados ao fogo e ao clima na Amazônia requer reconhecer que o fogo foi e continua sendo parte da realidade, mas que os ecossistemas florestais não estão adaptados a ele. Portanto, seu manejo deve ser estratégico e, a longo prazo, deve inclusive avaliar a transição para técnicas de gestão territorial sem fogo em ambientes sensíveis e onde mais for adequado. A crescente inflamabilidade da Amazônia, impulsionada por extremos climáticos e por mudanças na configuração da paisagem e no uso da terra, exige a participação ativa de todos os setores da sociedade, governos, comunidades, organizações, academia e empresas privadas, na construção de soluções integradas.

Este último capítulo objetiva apresentar recomendações práticas para potencializar a implementação do Manejo Integrado do Fogo (MIF) nos países amazônicos, mas não só; é também um chamado à ação, sustentado em exemplos reais. Ao longo deste capítulo destacamos inspirações que mostram que é possível transformar recomendações em realidade, desde que sejam acompanhadas de investimentos adequados, assistência técnica, governança e políticas públicas inclusivas que alinhem conservação e sustentabilidade.

O MIF oferece caminhos concretos para a prevenção, adaptação e resposta aos incêndios florestais, considerando as condições desafiadoras para o





combate aos incêndios em vegetação na Amazônia e respeitando a diversidade sociocultural e ecológica da região, desde as florestas tropicais úmidas, onde o fogo é amplamente prejudicial, até áreas abertas, nas quais desempenha um papel ecológico distinto. Tendo em vista a acelerada transformação do mundo e do clima, as paisagens demandam estratégias adaptativas, incluindo a possibilidade de abordagens sem fogo em contextos críticos.

A implementação do MIF considera a integridade dos processos ecológicos e de paisagem, assegurando sua integração e gestão contínua por comunidades rurais, povos indígenas e comunidades locais, articulada com áreas especialmente protegidas, dentro de um marco de paisagens bioculturais adaptadas e práticas adaptativas.

A seguir, apresentamos alguns exemplos de sucesso e recomendações específicas para os diferentes atores sociais envolvidos na governança do fogo nos países amazônicos.



Fotos ©Mayangdi Inzaulgarat - Prevfogo/Ibama



©Mayangdi Inzaulgarat - Prevfogo/Ibama

PARA OS GOVERNOS

Reconhecer e fortalecer os brigadistas e bombeiros florestais, incluindo as brigadas voluntárias e comunitárias, como atores-chave do MIF, garantindo condições de trabalho dignas, proteção social, capacitação continuada e planos de carreira estabelecidos. Além disso, é preciso garantir a integração desses profissionais com instituições públicas e estruturas de tomada de decisão, valorizando sua expertise técnica e conhecimento territorial.

Integrar o MIF às NDC, aos planos nacionais e subnacionais de clima, uso da terra e gestão de riscos, assegurando estruturas e orçamentos específicos, bem como o desenvolvimento de planos territoriais que articulem os atores de forma horizontal (comunidades, produtores, ONG) e vertical (federal, subnacional, local), promovendo a devida corresponsabilidade por sua implementação.

Fortalecer os mecanismos de governança multinível e intercultural para o MIF, garantindo a participação efetiva de povos indígenas e tradicionais, mulheres e jovens nos espaços de tomada de decisão, e oferecendo capacitação contínua sobre gestão e manejo do fogo, legislação e instrumentos participativos.

Assegurar que todas as ações relacionadas ao MIF sejam sustentadas ao longo do tempo, com estratégias de longo prazo para continuidade e sustentabilidade, além das temporadas críticas de fogo, reconhecendo que a melhor forma de combater um incêndio florestal é prevenir que ele ocorra.

Apoiar a prevenção e o manejo comunitário do fogo por meio de programas educacionais permanentes e inclusivos, cocriação de diagnósticos participativos e mapas comunitários com clara atribuição de responsabilidades, e definição de indicadores locais de risco.

Promover, por meio de políticas públicas e incentivos fiscais, a substituição gradual e dialogada do uso do fogo em áreas rurais, onde cabível, por alternativas produtivas sustentáveis, respeitando as práticas culturais e as realidades locais.

Fortalecer o monitoramento do fogo, as previsões e os sistemas de alerta precoce, assim como monitoramento coletivo baseado no engajamento cidadão, combinando dados geoespaciais e meteorológicos com práticas locais de uso do fogo e de manejo da terra, conhecimento e participação comunitária, garantindo plataformas abertas para a tomada de decisão e resposta interinstitucional, na perspectiva da responsabilidade compartilhada.

Integrar abordagens baseadas em cenários ao monitoramento e às previsões, considerando a incerteza, a tolerância social ao risco e o aumento dos extremos climáticos, aplicando-as ao desenvolvimento de políticas públicas, programas de capacitação e planejamento de resposta a emergências.

Criar mecanismos financeiros sustentáveis e incentivos fiscais para apoiar a implementação do MIF em todos os níveis, reconhecendo as evidentes perdas sociais, econômicas e ambientais causadas pelos incêndios florestais.

Promover e incentivar estudos que fortaleçam a integração de conhecimentos científicos e tradicionais, garantindo a ampla disseminação dos resultados para potencializar a implementação do MIF.

Estabelecer acordos de cooperação transfronteiriça, com protocolos comuns para prevenção de incêndios florestais, alerta precoce e resposta coordenada.

Implementar os acordos internacionais para conservação de sociobiodiversidade e clima, em especial no cenário atual, onde a alteração climática tem agravado a ocorrência, o comportamento e a severidade dos incêndios florestais. A redução das chuvas, o aumento de dias secos consecutivos e as temperaturas elevadas refletem essa crise global, que exige ação conjunta de todos os países.



©Ricardo Stuckert

POLÍTICA NACIONAL DE MANEJO INTEGRADO DO FOGO

BRASIL

Em 2024, o Brasil instituiu a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo (Lei n. 19.944/2024), estabelecendo uma abordagem ordenada, responsável, colaborativa e adaptativa para o manejo do fogo em todo o país. A lei promove a responsabilidade compartilhada entre os governos federal, estaduais e municipais e a sociedade civil, alinhando a proteção da biodiversidade e a sustentabilidade dos recursos naturais ao uso sustentável do fogo. Ao valorizar os conhecimentos tradicionais, incentivar práticas sustentáveis e fortalecer a autonomia dos povos indígenas e das comunidades locais, a política consolida o manejo integrado do fogo como uma ferramenta de cuidado com os territórios e suas populações.

Sua implementação ocorre por meio de um colegiado com representantes de todas as esferas de governo e da sociedade civil, o Comitê Nacional de Manejo Integrado do Fogo, que dialoga em busca de um entendimento comum para a implementação de políticas públicas para uma gestão adequada do fogo. Entre as normativas estabelecidas nacionalmente que merecem destaque estão a necessidade de Planos de Manejo Integrado do Fogo para gestores de territórios, públicos e privados, e a implementação de medidas preventivas em imóveis rurais.

A implementação do manejo integrado do fogo no Brasil transformou a gestão do fogo em áreas protegidas federais, integrando as dimensões ecológica e sociocultural. Os resultados obtidos nos primeiros anos de implementação são promissores para restabelecer regimes de fogo adequados, com redução de eventos e da área atingida por incêndios, dos custos e do tempo dedicado para ações de combate e de conflitos com comunidades, potencializando a conservação da sociobiodiversidade.

**ESCOLAS DE CAMPO AGROECOLÓGICAS –
PROGRAMA AMAZÔNIA SEM FOGO**

EQUADOR

O uso do fogo para preparar áreas agrícolas é uma prática tradicional e cultural entre pequenos agricultores, mas se torna uma fonte significativa de incêndios florestais quando não utilizado de forma responsável. Para enfrentar esse desafio no Equador, o Programa Amazônia Sem Fogo, liderado pela Autoridade Ambiental Nacional, vem promovendo alternativas sustentáveis ao uso do fogo na agricultura desde 2017, especialmente em oito províncias com alta incidência de incêndios florestais.

Por meio das Escolas de Campo de Agricultores em Manejo Integrado do Fogo (ECA-MIF), o programa promove práticas de agricultura conservacionista, como o plantio direto, a rotação de culturas e a cobertura permanente do solo. Essas práticas têm contribuído para melhorar a produtividade, preservar o solo e reduzir a ocorrência de incêndios. Além disso, as ECA-MIF deram origem a brigadas comunitárias, formadas por agricultores capacitados que fortalecem os esforços locais de prevenção e manejo do fogo, contribuindo para as metas ambientais do país.



©Programa Amazônia sem Fogo

**MOCHILA DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS
FLORESTAIS – SERVIÇO NACIONAL DE ÁREAS
NATURAIS PROTEGIDAS**

Desenvolvida pelo Serviço Nacional de Áreas Naturais Protegidas do Peru (SERNANP), a Mochila de Prevenção de Incêndios Florestais tornou-se uma ferramenta estratégica para reduzir a ocorrência de incêndios florestais em áreas naturais protegidas e em suas paisagens associadas. Seu objetivo é sensibilizar comunidades rurais (indígenas ou camponesas) que, por meio da facilitação de guarda-parques, constroem de forma participativa conceitos e mensagens para a prevenção de incêndios e o manejo integrado do fogo.

Utilizando um quadro de feltro e figuras adesivas com imagens do território, o tema é apresentado às comunidades rurais localizadas em áreas remotas, onde os incêndios florestais geralmente têm origem, fortalecendo sua capacidade de prevenir e responder a incêndios de forma segura e adaptativa. Atualmente, essa experiência está sendo replicada para outros países.



©SERNANP



©Adobe Stock

PARA ORGANIZAÇÕES DA SOCIEDADE CIVIL

Integrar ações relacionadas ao MIF nas agendas de planejamento da sociedade civil para ampliar o acesso a financiamento internacional, assistência técnica e inovações escaláveis para territórios prioritários.

Fortalecer o papel de associações locais, cooperativas, ONG, fóruns comunitários e outros atores representativos na conexão entre comunidades, governos, setor privado e academia. Apoiar a articulação de boas práticas, o monitoramento participativo e a capacitação contínua que coloque a liderança comunitária e a autonomia local no centro.

Reforçar as capacidades organizacionais e financeiras das organizações de base, garantindo autonomia, continuidade e acesso a fundos para atividades do MIF.

Produzir e disseminar materiais educativos multilíngues e acessíveis que promovam a prevenção e o manejo sustentável do fogo, incorporando narrativas locais, formatos visuais e adaptações culturais para povos indígenas e comunidades locais.

Documentar e compartilhar boas práticas e tecnologias sociais, promovendo intercâmbios horizontais entre territórios e fomentando processos de aprendizado intercultural.

Promover a capacitação e o fortalecimento das brigadas florestais, indígenas, comunitárias e voluntárias, junto de ações mais amplas para fortalecer a governança territorial do fogo, incluindo planejamento local, capacidade de coordenação e resposta.

Reforçar a capacidade comunitária de monitoramento e resposta por meio de redes de alerta, sistemas de validação e uso de tecnologias de baixo custo e acesso aberto, como aplicativos móveis, imagens de satélite e ferramentas de mapeamento participativo.

Apoiar projetos comunitários de restauração ecológica e cultural que valorizem o conhecimento tradicional e promovam empregos verdes, geração de renda e resiliência climática.



FUNDO CASA SOCIOAMBIENTAL

BRASIL

Em resposta aos grandes incêndios florestais de 2019 e 2020, que devastaram territórios em todos os biomas brasileiros, o Fundo Casa Socioambiental identificou a necessidade urgente de apoiar as comunidades da linha de frente. Em 2020, lançou uma estratégia concentrada em brigadas comunitárias, voluntárias e indígenas.

Por meio de seis editais nacionais, apoiou 227 projetos que beneficiaram mais de 100 mil pessoas, com ênfase na estruturação de brigadas, manejo integrado do fogo, capacitação e apoio logístico e emergencial. Com forte presença na Amazônia e no Cerrado, o Fundo tornou-se um dos principais mecanismos do Brasil para financiamento rápido, acessível e adaptado às realidades locais. Em julho de 2025, organizou o Encontro Brigadas em Rede, reunindo mais de 120 brigadas para compartilhar experiências e fortalecer seu papel nas políticas públicas.



©Fundo Casa Socioambiental

MECANISMOS COLABORATIVOS PARA A PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NAS TERRAS BAIXAS DA BOLÍVIA – IBIF

BOLÍVIA

Desenvolvida pelo Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), em parceria com a Tropenbos International e no âmbito do componente Governança de Paisagens Resilientes ao Fogo, esta iniciativa construiu uma rede dinâmica e multissetorial para prevenir e responder a incêndios florestais nas terras baixas da Bolívia. Por meio de sistemas municipais de monitoramento, alerta precoce e resposta rápida, assim como de plataformas locais vinculadas a múltiplos atores, fomentou a colaboração entre comunidades indígenas, setor agrícola, governos locais e autoridades estaduais. Essa abordagem coletiva não apenas melhora a coordenação e agiliza a resposta, mas também fortalece as comunidades como guardiãs de seus territórios, transformando a prevenção de incêndios florestais em um esforço compartilhado que protege vidas, ecossistemas e meios de subsistência.



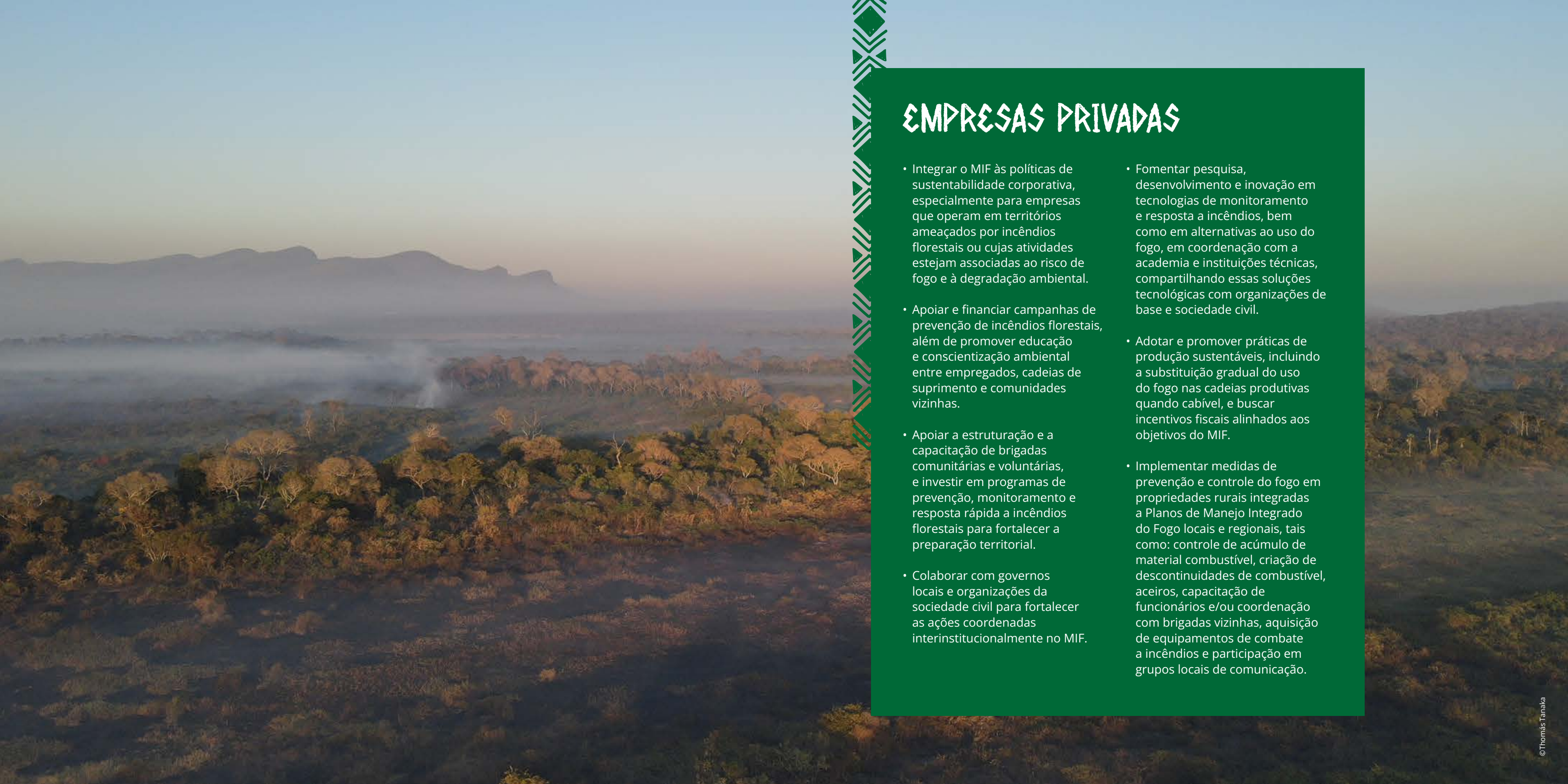
©Instituto Boliviano de Investigación Forestal

PLATAFORMA AMA – RAISG – REGIONAL

Desenvolvida pela Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG), a Plataforma AMA — nome que vem da palavra guarani para chuva — oferece um sistema integrado para explorar e compreender a Amazônia por meio de mapas, visualizações e dados sob uma visão regional unificada. Construída pela colaboração de oito organizações da sociedade civil, com protocolos comuns e linguagem acessível, a plataforma fortalece comunidades, gestores públicos e a sociedade civil para ampliar a governança territorial, promover o manejo adaptativo e integrado do fogo e mobilizar ações coordenadas e baseadas em evidências em toda a região.



©RAISG



EMPRESAS PRIVADAS

- Integrar o MIF às políticas de sustentabilidade corporativa, especialmente para empresas que operam em territórios ameaçados por incêndios florestais ou cujas atividades estejam associadas ao risco de fogo e à degradação ambiental.
- Apoiar e financiar campanhas de prevenção de incêndios florestais, além de promover educação e conscientização ambiental entre empregados, cadeias de suprimento e comunidades vizinhas.
- Apoiar a estruturação e a capacitação de brigadas comunitárias e voluntárias, e investir em programas de prevenção, monitoramento e resposta rápida a incêndios florestais para fortalecer a preparação territorial.
- Colaborar com governos locais e organizações da sociedade civil para fortalecer as ações coordenadas interinstitucionalmente no MIF.
- Fomentar pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologias de monitoramento e resposta a incêndios, bem como em alternativas ao uso do fogo, em coordenação com a academia e instituições técnicas, compartilhando essas soluções tecnológicas com organizações de base e sociedade civil.
- Adotar e promover práticas de produção sustentáveis, incluindo a substituição gradual do uso do fogo nas cadeias produtivas quando cabível, e buscar incentivos fiscais alinhados aos objetivos do MIF.
- Implementar medidas de prevenção e controle do fogo em propriedades rurais integradas a Planos de Manejo Integrado do Fogo locais e regionais, tais como: controle de acúmulo de material combustível, criação de descontinuidades de combustível, aceiros, capacitação de funcionários e/ou coordenação com brigadas vizinhas, aquisição de equipamentos de combate a incêndios e participação em grupos locais de comunicação.

PARA ORGANIZAÇÕES DE BASE COMUNITÁRIA

- Mapear, documentar e compartilhar conhecimentos e experiências territoriais relacionadas ao uso e ao manejo do fogo, reforçando a identidade cultural, a autonomia local e inspirando outras comunidades.
- Desenvolver e implementar protocolos comunitários de gestão do fogo, combinando conhecimentos tradicionais e diálogo institucional, e estabelecer estratégias de resposta rápida, responsabilidade, evacuação segura e coordenação interinstitucional durante emergências de incêndios florestais.
- Valorizar e fortalecer práticas ancestrais e culturais relacionadas ao fogo, complementando-as com procedimentos técnicos e inovação baseada no diálogo, considerando o aumento dos riscos climáticos e a necessidade de estratégias de adaptação.
- Explorar alternativas sustentáveis ao uso do fogo, como sistemas agroflorestais, por meio de políticas públicas e incentivos fiscais, promovendo a substituição gradual quando possível e desejada, com base no diálogo com o conhecimento local e na cocriação de soluções adaptadas aos modos de vida.
- Promover a capacitação contínua das brigadas florestais comunitárias e a formação de jovens e lideranças locais, garantindo a continuidade intergeracional do manejo territorial do fogo e fortalecendo as instituições comunitárias.
- Utilizar tecnologias acessíveis para o monitoramento e a navegação territorial, e estabelecer sistemas visuais de alerta culturalmente adaptados para comunicar os níveis diários de risco de fogo e estimular a preparação coletiva e a resposta local.

- Participar ativamente de espaços de diálogo e tomada de decisão, incluindo conselhos, redes e fóruns com autoridades públicas, organizações da sociedade civil, pesquisadores e outras comunidades, para influenciar a governança territorial e as ações de manejo integrado do fogo.
- Implementar programas e projetos comunitários com recursos para subsidiar a prevenção, o monitoramento e a resposta rápida a incêndios florestais, por meio de parcerias interinstitucionais.
- Promover a participação equitativa de homens, mulheres e todas as gerações na implementação de ações de manejo integrado do fogo, fortalecendo a coesão social e a governança inclusiva.



CENTRAL ASHÁNINKA DEL RÍO ENE (CARE)

PERU

A Central Asháninka del Río Ene (CARE) implementou a estratégia PAAMARI em 2024 — paamari significa fogo na língua Asháninka — para fortalecer o manejo integrado do fogo em 45 comunidades indígenas. A iniciativa criou Comitês Comunitários de Monitoramento Florestal e fundou a Escola CARE, que ofereceu sete módulos de capacitação sobre prevenção, monitoramento, uso responsável do fogo, operação de drones e governança territorial. Ao integrar conhecimentos tradicionais com ferramentas técnicas — como imagens de satélite, o Índice Meteorológico de Incêndios (FWI), calendários de queima e alertas diários — a estratégia reduziu o número de incêndios de 25 para 9 e diminuiu a área queimada em 81,4% em comparação com 2023. Em 2025, novas brigadas comunitárias foram formadas, compostas por membros da comunidade treinados para a primeira resposta a incêndios florestais e para a defesa do território.



©Central Asháninka del Río Ene

MONITORAMENTO FLORESTAL E INCÊNDIOS FLORESTAIS: UMA INICIATIVA DE EMPODERAMENTO DO POVO INDÍGENA E JOVENS GWARAYÚ

BOLÍVIA

O povo Gwarayú, em Santa Cruz (Bolívia), representado pela Central de Organizações do Povo Nativo de Guarayos, detém o direito coletivo sobre a Terra Comunitária de Origem Guarayos, com 1,35 milhão de hectares titulados. Nela convivem comunidades, organizações de mulheres e florestais comunitários, que desenvolvem cerca de 50 planos de manejo florestal, fundamentais para os meios de vida, a defesa do território e a conservação da floresta, hoje ameaçada por assentamentos ilegais, desmatamento e incêndios. Com o acompanhamento do Instituto Boliviano de Pesquisa Florestal (IBIF), da Associação Florestal Indígena Guarayos e de jovens indígenas organizados como Equipe Técnica Juvenil, impulsionam-se ações de controle territorial, monitoramento e assistência técnica. Por meio da Unidade Técnica Florestal e do Centro de Monitoramento Territorial, realizam verificação, relatórios e atendimento de riscos, seguindo protocolos comunitários definidos e articulando respostas oportunas com instituições públicas.



©Instituto Boliviano de Investigación Forestal

FILHAS DA MÃE DO FOGO

BRASIL

Em 2024, a iniciativa Filhas da Mãe do Fogo apoiou a criação de três brigadas pioneiras formadas exclusivamente por mulheres na região do Marajó, fortalecendo o papel de mulheres quilombolas e ribeirinhas na prevenção, manejo e resposta ao fogo. Enraizada na Cooperativa Agroextrativista AWA e em capacitações comunitárias, a iniciativa ampliou a liderança feminina na proteção dos territórios tradicionais, na redução dos riscos de incêndios florestais, na melhoria da segurança doméstica e na valorização do conhecimento ancestral. Em Jocojó, mulheres se mobilizaram para criar sua própria brigada em resposta ao aumento das ocorrências de fogo, integrando-se a um movimento mais amplo que alcançou 17 municípios. As brigadas atuaram de forma decisiva em 2024, contendo incêndios próximos a comunidades e áreas produtivas, além de liderar oficinas educativas sobre uso responsável do fogo com famílias locais.



©Observatório do Marajó

PARA A ACADEMIA

Co-desenvolver pesquisas com comunidades, reconhecendo o conhecimento tradicional como um sistema legítimo e complementar de saberes, e estabelecer parcerias duradouras com os territórios como aliados no fortalecimento de soluções locais de manejo integrado do fogo.

Desenvolver pesquisas interculturais e intercientíficas que integrem os conhecimentos e tecnologias tradicionais com os científicos para melhor compreender os efeitos da mudança do clima sobre o regime de chuvas, ventos e temperaturas.

Promover a inclusão de profissionais e linhas de pesquisa de disciplinas como agricultura, sociologia, antropologia, telecomunicações, meteorologia e climatologia entre outras, ampliando a abordagem para além das ciências florestais, biológicas, antropológicas e geográficas.

Fomentar pesquisas científicas articuladas nos eixos centrais do MIF: cultura, ecologia e uso do fogo, sem negligenciar estudos voltados para a análise e o desenvolvimento de políticas públicas e marcos de governança em níveis nacional, subnacional e local.

Produzir dados úteis e acessíveis para o manejo do fogo em escalas local e regional, apoiando o planejamento participativo e a tomada de decisão.

Avaliar os impactos socioambientais do fogo e a efetividade das políticas públicas relacionadas, gerando evidências para informar melhores ações e decisões.

Investigar os impactos da exposição ao fogo e à fumaça na saúde humana, especialmente entre populações vulneráveis, e avançar em pesquisas sobre efeitos socioambientais mais amplos, incluindo biodiversidade, água, segurança alimentar e gênero, alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Implementar um programa contínuo de monitoramento voltado para a ecologia da paisagem, metapopulações e metacomunidades dentro de uma paisagem heterogênea, de modo a melhorar a gestão territorial e orientar decisões e ações eficazes.

Garantir o retorno dos resultados das pesquisas às comunidades por meio de métodos de tradução do conhecimento adaptados cultural, visual e comunitariamente, e criar caminhos acadêmicos inclusivos para jovens indígenas e camponeses. As agências de fomento à pesquisa também devem adaptar seus marcos para apoiar esses esforços e fomentar o uso estratégico local do conhecimento e a formação de lideranças.



AVALIANDO A EXPOSIÇÃO À FUMAÇA NA AMAZÔNIA – USP

BRASIL

Lançada em 2022, esta iniciativa, desenvolvida pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e pelo Grupo de Pesquisa eXsat (The Human Exposome Research Group), investiga os impactos da exposição à fumaça de incêndios florestais sobre brigadistas florestais e comunidades amazônicas. Por meio da coleta de amostras biológicas (sangue, urina, saliva) e ambientais na região conhecida como Arco do Fogo, o projeto avalia biomarcadores de exposição e efeitos na saúde, identificando metabólitos e proteínas que podem indicar riscos biológicos. Ao abordar uma lacuna histórica nos dados de biomonitoramento dessas populações no Brasil, a iniciativa avança no conhecimento em saúde pública. Financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP — Processos: 2023/04212-4; 2023/04803-2; 2023/04877-6; e 2024/17990-8), o estudo fornece evidências científicas para apoiar políticas de saúde e segurança, ajudando a proteger tanto aqueles que combatem incêndios florestais quanto os que vivem nas áreas mais afetadas.



©Grupo de Pesquisa eXsat



© Liana Anderson

É FOGO! – GUIAS EDUCATIVOS PARA A SENSIBILIZAÇÃO SOBRE O FOGO NA AMAZÔNIA E NO PANTANAL

Os guias de atividades É Fogo! foram criados para sensibilizar as comunidades sobre as causas e os impactos dos incêndios florestais na Amazônia e no Pantanal por meio de ferramentas educativas acessíveis e práticas. Com cinco metodologias adaptáveis — história oral, teatro, monitoramento, cinema e mapeamento social — os guias conectam o conhecimento científico e o tradicional, incentivando as comunidades a se engajarem na prevenção de incêndios e na redução de riscos. Utilizados por mais de 10 mil pessoas e 70 instituições, os materiais fortaleceram a sensibilização e educação ambiental, aumentaram a percepção de risco e empoderaram grupos locais a agir coletivamente diante da crise climática.

EIXO TRANSVERSAL

REDE COM TODOS OS ATORES

Além das responsabilidades específicas de cada ator, a implementação efetiva do MIF na Amazônia depende da consolidação de redes, plataformas colaborativas e espaços permanentes de diálogo intercultural. Juntos, esses elementos fortalecem a governança multissetorial e permitem a troca contínua de experiências e conhecimentos entre territórios.



Fomentar redes amazônicas multissetoriais, locais, nacionais e regionais, que integrem governos, comunidades, pesquisadores e organizações da sociedade civil para ações coordenadas baseadas na confiança mútua.

Formalizar arranjos de governança compartilhada com responsabilidades definidas, ciclos contínuos de aprendizado e mecanismos perenes de financiamento (fundos territoriais ou mecanismos REDD+ adaptados ao MIF).

Estabelecer plataformas abertas de monitoramento e aprendizado, com ferramentas simples e acessíveis para gerar, compartilhar e utilizar dados territoriais.

Reconhecer e apoiar iniciativas comunitárias de comunicação e intercâmbio entre territórios, como feiras, encontros, visitas técnicas, rádios locais e vídeos.

Criar espaços permanentes de formação intercultural, que integrem práticas tradicionais e científicas no desenho de políticas e projetos.

Garantir visibilidade, continuidade e financiamento para as boas práticas existentes, valorizando quem as realiza na base e estimulando sua replicabilidade adaptada a diferentes contextos.

Projetar e implementar programas e projetos internacionais, nacionais e regionais de MIF que orientem ações locais e promovam complementaridade em diferentes escalas.



©Dirección Nacional de Bomberos de Colombia

PROGRAMA DE BOMBEIROS INDÍGENAS DE RIOSUCIO

COLÔMBIA

O Programa de Bombeiros Indígenas de Riosucio, Caldas, é uma estratégia inovadora da Dirección Nacional de Bomberos da Colômbia para prevenir e combater incêndios florestais em territórios indígenas e rurais. Ao combinar o conhecimento ancestral das comunidades com técnicas modernas de combate ao fogo, o programa capacitou bombeiros indígenas e instalou subestações locais com apoio do governo e de parceiros. A iniciativa fortaleceu a resposta comunitária, reduziu significativamente os incêndios e promoveu a proteção dos territórios, da biodiversidade e das economias baseadas na agricultura, pesca e pecuária.

REDE DE BRIGADAS DO BAIXO TAPAJÓS

BRASIL

Em coordenação com órgãos ambientais locais e federais, a Rede de Brigadas do Baixo Tapajós reúne brigadas voluntárias e comunitárias em uma estratégia integrada de atividades de MIF. Atuando em mais de 1 milhão de hectares, a iniciativa combina mapeamento de roças, monitoramento do fogo por satélite, educação climática e um Fundo de Resposta a Emergências. Ao unir conhecimento tradicional com tecnologia de ponta e ações coordenadas, a rede fortaleceu a autonomia local, reduziu o tempo de resposta e protegeu vidas, florestas e modos de vida tradicionais em uma região complexa e vulnerável.



©Brigada de Alter

DESAFIOS

Posicionar o MIF como uma ferramenta central para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, para tornar os ambientes e territórios mais adaptados ao fogo e alinhados aos princípios das soluções baseadas na natureza.

Promover uma governança inclusiva e coordenada que envolva governos, setor privado, comunidades e academia, garantindo o reconhecimento dos conhecimentos tradicionais e a participação ativa de mulheres, jovens e pessoas idosas.

Avançar no desenvolvimento e implementação de Planos de Manejo Integrado do Fogo como ferramentas participativas de gestão territorial, integrados às normas locais de uso da terra e alinhados com autorizações de uso do fogo, práticas culturais e medidas de prevenção em propriedades rurais.

Assegurar apoio financeiro contínuo e de longo prazo para ações de MIF em todos os níveis, ao mesmo tempo em que se engajam parceiros internacionais para promover estratégias de financiamento colaborativas e sustentáveis.

Fortalecer capacidades técnicas, institucionais e comunitárias, passando de estratégias reativas para estratégias integradas e alinhando políticas às diversas realidades e cenários futuros de cada território.

Padronizar qualificações e promover programas unificados de capacitação em MIF para garantir qualidade, coerência e capacidade em toda a região amazônica.

Investir na produção de conhecimento e na integração de ferramentas tecnológicas de monitoramento, previsão e planejamento para apoiar a tomada de decisão territorial.

Investir em ações locais, municipais e brigadas voluntárias e comunitárias, reduzindo ignições indesejadas e a redução do tempo de resposta.

Implementar estrutura de governança em nível nacional, articulada com as estruturas de governanças subnacionais, regionais e locais, pautadas no princípio da responsabilidade compartilhada e em escala de paisagem.



COOPERAÇÃO AMAZÔNICA PARA O MANEJO INTEGRADO DO FOGO

Carlos Salinas¹, Fernando Rodovalho², Cristian Guerrero², Arnaldo Carneiro³

¹ Organização do Tratado de Cooperação Amazônica

² Projeto CoRAMazonia, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

³ Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) / Observatório Regional Amazônico (ORA)

Incêndios florestais não conhecem fronteiras político-administrativas. Seus impactos atravessam limites nacionais, afetando ecossistemas, comunidades e o clima em escala regional. Por isso, a resposta a esse desafio exige mais do que esforços isolados: requer cooperação, articulação e compromisso conjunto. Foi com essa compreensão que, em 2023, os Países Membros da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) estabeleceram o Memorando de Entendimento sobre Cooperação e Assistência Mútua para o Manejo Integrado do Fogo¹ para o desenvolvimento de um sistema de cooperação para o manejo integrado do fogo na região amazônica, reconhecendo o caráter transfronteiriço dos incêndios florestais e estabelecendo bases para cooperação técnica, troca de experiências, ações coordenadas e apoio mútuo.

Essa visão se fortaleceu na Declaração de Belém², realizada pelos presidentes dos países amazônicos durante a Cúpula da Amazônia em agosto de 2023, onde reafirmaram o compromisso para o desenvolvimento de políticas e ações conjuntas voltadas para a prevenção e ao manejo do fogo, com uso de tecnologias, promoção de alternativas ao uso do fogo no meio rural e fortalecimento de capacidades técnicas, institucionais e comunitárias.



I

REDE AMAZÔNICA DE MANEJO INTEGRADO DO FOGO

Foi nesse contexto que, ao final de 2023, instituiu-se a Rede Amazônica de Manejo Integrado do Fogo (RAMIF). A RAMIF consolida-se como um espaço técnico e político de cooperação centrado na igualdade, solidariedade e benefício mútuo. As ações da rede vão desde o desenvolvimento de um mecanismo de apoio e assistência mútua entre países para combater incêndios florestais até o fortalecimento de capacidades técnicas e institucionais, o intercâmbio e promoção de boas práticas no MIF. Além disso, a rede tem avançado

em estratégias de comunicação integradas para dar visibilidade a iniciativas locais e fortalecer o reconhecimento de quem atua nos territórios. Mais do que um arranjo institucional, a RAMIF representa um compromisso coletivo com a floresta em pé e com os povos que a mantêm viva.

Para orientar sua atuação, a RAMIF aprovou em junho de 2024, em Lima (Peru), um Plano de Trabalho Bianual estruturado em campos de ação e ações estratégicas, conforme a seguir:

	Campos de ação	Ações estratégicas
1	Cooperação e assistência mútua 	1.1 Resposta oportuna e assistência mútua 1.2 Manejo do fogo (técnicas e práticas culturais) 1.3 Monitoramento e alerta precoce
2	Fortalecimento de capacidades 	2.1 Capacitação e sensibilização 2.2 Pesquisa e inovação 2.3 Intercâmbio de experiências e gestão do conhecimento
3	Comunicação para mudança social 	3.1 Comunicação para a mudança social e de comportamento 3.2 Incidência político-normativa e nos agentes de mudança
4	Planejamento estratégico e fortalecimento institucional 	4.1 Planejamento estratégico e fortalecimento institucional 4.2 Gestão da RAMIF

2

OBSERVATÓRIO REGIONAL AMAZÔNICO

Lançado em 2021, o Observatório Regional Amazônico (ORA) é uma iniciativa da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) e foi concebido para servir como um centro de referência para informações essenciais para a gestão integrada e sustentável da Amazônia. O ORA pode desempenhar um papel fundamental nos esforços de integração da OTCA. Ao reunir dados nacionais, o observatório pode oferecer aos Países Membros uma visão conjunta das realidades amazônicas que transcendem as fronteiras nacionais.

Como observatório, o ORA é responsável por sistematizar informações relacionadas a eventos críticos que ocorrem na região amazônica que, ao atingirem o ponto de não retorno, desencadeariam uma nova dinâmica ecossistêmica na região. Sua relevância deve ser medida por sua capacidade de compilar, integrar, processar e disseminar informações científicas entre instituições, autoridades governamentais, universidades, academia e sociedade civil nos países amazônicos.

3

OUTRAS INICIATIVAS DE COOPERAÇÃO GLOBAL E REGIONAL

A cooperação internacional em torno do MIF em benefício dos países da região amazônica tem se fortalecido por meio de iniciativas globais, regionais e bilaterais que promovem a troca de conhecimentos e experiências, assim como o desenvolvimento de capacidades para enfrentar os desafios crescentes dos incêndios florestais. O Global Fire Management Hub, da FAO, funciona como uma plataforma global de coordenação técnica, promovendo capacitação, troca de conhecimento e suporte a políticas de manejo integrado do fogo em diferentes níveis. O Grupo de Peritos em Incêndios Florestais da América Latina e do Caribe (GEFF-LAC), impulsionado pela União Europeia, promove a troca de experiências e o desenvolvimento de capacidades regionais, consolidando uma rede de especialistas voltada para soluções adaptadas às realidades locais.

No âmbito da Amazônia, projetos de cooperação como o CoRAmazonia da cooperação alemã em parceria com a OTCA e o Projeto FiRe (FAO, Alemanha e Suíça) somam esforços ao promover inovação, capacitação técnica, intercâmbio de experiências e o fortalecimento de capacidades institucionais e comunitárias no MIF. A esses esforços se somam iniciativas como o Programa Amazônia+ da União Europeia, projetos regionais do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), entre outros. Essas ações convergem para uma agenda comum que busca reduzir os riscos de incêndios florestais, proteger a biodiversidade e contribuir para os compromissos climáticos globais, evidenciando o papel estratégico da cooperação internacional para a resiliência socioambiental da região.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 1

1. Aliaga-Rossel, E., Martins, M. B., Barrera, S., Benítez, Á., Cano, C. A., dos Santos, T. C. M., et al. Situación, tendencias y dinámica de la diversidad biológica y las contribuciones de la naturaleza para las personas. In: Corvalán, M. E. (ed.) *Evaluación Rápida de la Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos en la Región Amazónica*. OTCA, Proyecto OTCA/BIOMAZ, GIZ-Brasil, BMZ, Instituto Humboldt. Brasília (2023).
2. Levis, C., Costa, F. R., Bongers, F., Peña-Claros, M., Clement, C. R., Junqueira, A. B., et al. Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. *Science* 355, 925–931 (2017). <https://doi.org/10.1126/science.aal0157>
3. Science Panel for the Amazon (SPA). *Amazon Assessment Report 2021*. Nobre, C., Encalada, A., Anderson, E., Roca Alcázar, F. H., Bustamante, M., Mena, C., et al. (eds.) United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York (2021). <https://doi.org/10.55161/RWSX6527>
4. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for policymakers. In: Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegría, A., et al. (eds.) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3–33 (2022). <https://doi.org/10.1017/9781009325844.001>
5. Lovejoy, T. E. & Nobre, C. Amazon tipping point. *Sci. Adv.* 4, eaat2340 (2018). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>
6. Nobre, C. A., Sampaio, G., Borma, L. S., Castilla-Rubio, J. C., Silva, J. S. & Cardoso, M. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113, 10759–10768 (2016). <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>
7. Flores, B. M., Montoya, E., Sakschewski, B., et al. Critical transitions in the Amazon forest system. *Nature* 626, 555–564 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06970-0>
8. Marengo, J. A., Cunha, A. P., Espinoza, J.-C., Fu, R., Schöngart, J., Jiménez, J. C., et al. The drought of Amazonia in 2023–2024. *Am. J. Clim. Change* 13, 567–597 (2024). <https://doi.org/10.4236/ajcc.2024.133026>
9. Phillips, O. L., Aragão, L. E., Lewis, S. L., Fisher, J. B., Lloyd, J., López-González, G., et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323, 1344–1347 (2009). <https://doi.org/10.1126/science.1164033>
10. Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W. & Nobre, C. A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science* 319, 169–172 (2008). <https://doi.org/10.1126/science.1146961>
11. Carmenta, R., Cammelli, F., Dressler, W., Verbicaro, C. & Zaehringer, J. G. Between a rock and a hard place: The burdens of uncontrolled fire for smallholders across the tropics. *World Dev.* 145, 105521 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105521>

CAPÍTULO 2

1. Pausas, J. G. & Keeley, J. E. A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience* 59, 593–601 (2009). <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10>
2. Maezumi, S. Y., Fletcher, M. S., Safford, H. & Roberts, P. Fighting with fire: historical ecology and community-based approaches to fire management, stewardship, and ecosystem resilience. *One Earth* 7, 936–941 (2024).

3. Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G. & Zech, W. The “Terra Preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 88, 37–41 (2001).
4. McMichael, C. H. et al. Predicting pre-Columbian anthropogenic soils in Amazonia. *Proc. R. Soc. B* 281, 20132475 (2014).
5. Levis, C. et al. How people domesticated Amazonian forests. *Front. Ecol. Evol.* 5, 171 (2018). <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00171>
6. Meggers, B. J. Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia. *Clim. Change* 28, 321–338 (1994). <https://doi.org/10.1007/BF01104077>
7. Cochrane, M. Fire science for rainforests. *Nature* 421, 913–919 (2003). <https://doi.org/10.1038/nature01437>
8. Santos, F. L. M. et al. Prescribed burning reduces large, high-intensity wildfires and emissions in the Brazilian savanna. *Fire* 4, 56 (2021). <https://doi.org/10.3390/fire4030056>
9. Flores, B. M. & Levis, C. Human-food feedback in tropical forests. *Science* 372, 1146–1147 (2021).
10. Mistry, J., Bilbao, B. A. & Berardi, A. Community owned solutions for fire management in tropical ecosystems: case studies from Indigenous communities of South America. *Philos. Trans. R. Soc. B* 371, 20150174 (2016).
11. Pivello, V. R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. *Fire Ecol.* 7, 24–39 (2011).
12. Bilbao, B., Mistry, J., Millán, A. & Berardi, A. Sharing multiple perspectives on burning: towards a participatory and intercultural fire management policy in Venezuela, Brazil, and Guyana. *Fire* 2, 39 (2019). <https://doi.org/10.3390/fire2030039>
13. Moura, L. C. et al. The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: impacts, consequences, new directions. *J. Environ. Manage.* 232, 600–606 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.057>
14. UNESCO. Indigenous peoples’ traditional knowledge of fire: observing, understanding, and coping with climate change and the vulnerabilities of socio-environmental systems – case studies from the Guiana Shield (Guyana, Suriname, Venezuela). UNESCO, Paris (2024).
15. Bilbao, B. A., Ferrero, B. G., Falleiro, R. M., Moura, L. C. & Fagundes, G. M. Traditional fire uses by Indigenous Peoples and local communities in South America. In: Fidelis, A. & Pivello, V. R. (eds) *Fire in the South American Ecosystems*. Ecological Studies 250. Springer, Cham (2025). https://doi.org/10.1007/978-3-031-89372-8_3
16. Bilbao, B. A., Leal, A. V. & Méndez, C. L. Indigenous use of fire and forest loss in Canaima National Park, Venezuela: assessment of and tools for alternative strategies of fire management in Pemón indigenous lands. *Hum. Ecol.* 38, 663–673 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10745-010-9344-0>
17. FAO. Community-based fire management: a review. Forestry Paper 166. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (2011).
18. Myers, R. Living with fire: sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management. The Nature Conservancy, Global Fire Partnership (2006).
19. Pasiecznik, N. & Goldammer, J. G. (eds) Towards fire-smart landscapes. *Tropical Forest Issues* 61. Tropenbos International, Ede (2022).

20. Simmons, C. S., Walker, R. T., Wood, C. H., Arima, E. & Cochrane, M. A. Wildfires in Amazonia: a pilot study examining the role of farming systems, social capital, and fire contagion. *J. Lat. Am. Geogr.* 3, 81–95 (2004). <https://doi.org/10.1353/lag.200>
21. Bowman, M. S., Amacher, G. S. & Merry, F. D. Fire use and prevention by traditional households in the Brazilian Amazon. *Ecol. Econ.* 7 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.003>
22. Silva, R. D. O., Barioni, L. G. & Moran, D. Fire, deforestation, and livestock: when the smoke clears. *Land Use Policy* 100, 104949 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104949>
23. Becker, B. K. Geopolítica da Amazônia. *Estud. Avançados* 19, 71–86 (2005).
24. Feanside, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. *Conserv. Biol.* 19, 680–688 (2005). <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x>
25. Prates, R. C. & Bacha, C. J. C. Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. *Econ. Soc.* 43 (2011). <https://doi.org/10.1590/S0104-06182011000300006>
26. Carmenta, R. Between a rock and a hard place: the burden of environmental regulations for smallholders in the Brazilian Amazon. *For. Policy Econ.* 128, 102452 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102452>
27. Moutinho, P. & Azevedo-Ramos, C. Untitled public forestlands threaten Amazon conservation. *Nat. Commun.* 14, 1152 (2023).
28. Lapola, D. M. et al. The drivers and impacts of Amazon forest degradation. *Science* 379, eabp8622 (2023). <https://doi.org/10.1126/science.abp8622>
29. Berenguer, E. et al. Drivers and ecological impacts of deforestation and forest degradation in the Amazon. In: Nobre, C. et al. (eds) *Amazon Assessment Report 2021*. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York (2021). <https://doi.org/10.55161/AIJ1133>
30. Alencar, A., Brando, P. M., Asner, G. P. & Putz, F. E. Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. *Ecol. Appl.* 25, 1493–1505 (2015). <https://doi.org/10.1890/14-1528.1>
31. Fonseca, M. G. et al. Effects of climate and land-use change on fire regimes in the Amazon. *Nat. Commun.* 14, 345 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35647-z>
32. Nepstad, D. et al. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Glob. Change Biol.* 10, 704–717 (2004). <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00772.x>
33. de Faria, B. L. et al. Climate change and deforestation increase the vulnerability of Amazonian forests to post-fire grass invasion. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 30, 2368–2381 (2021).

CAPÍTULO 3

1. MapBiomas Amazônia. Coleção 6 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra. (2025). Disponível em: <https://amazonia.mapbiomas.org/pt/>
2. MapBiomas Bolívia. Coleção 2 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra da Bolívia. (2025). Disponível em: <https://bolivia.mapbiomas.org/en/>
3. MapBiomas Brasil. Coleção 9 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. (2025). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>
4. MapBiomas Colômbia. Coleção 2 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra da Colômbia. (2025). Disponível em: <https://colombia.mapbiomas.org/>

5. MapBiomas Equador. Coleção 2 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Equador. (2025). Disponível em: <https://ecuador.mapbiomas.org/>
6. MapBiomas Peru. Coleção 3 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Peru. (2025). Disponível em: <https://peru.mapbiomas.org/>
7. MapBiomas Venezuela. Coleção 2 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra da Venezuela. (2025). Disponível em: <https://venezuela.mapbiomas.org/en/>
8. Shlisky, A., Alencar, A., Manta, M. & Curran, L. M. Overview: Global fire regime conditions, threats, and opportunities for fire management in the tropics. In: Cochrane, M. A. (ed.) *Tropical Fire Ecology* 65–83 (Springer, 2009).
9. Pivello, V. R. et al. Understanding Brazil's catastrophic fires: causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspect. Ecol. Conserv.* 19, 233–255 (2021).
10. Meggers, B. J. Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia. *Clim. Change* 28, 321–338 (1994).
11. Bilbao, B., Mistry, J., Millán, A. & Berardi, A. Sharing multiple perspectives on burning. *Fire* 2, 39 (2019).
12. Giglio, L., Csizsar, I. & Justice, C. O. Global distribution and seasonality of active fires with MODIS. *J. Geophys. Res. Biogeosci.* 111, G02016 (2006).
13. Lima, A., Silva, T. S. F. & Aragão, L. E. O. C. Land use/cover changes determine the spatial relationship between fire and deforestation in the Brazilian Amazon. *Appl. Geogr.* 34, 239–246 (2012).
14. Alencar, A. A., Brando, P. M., Asner, G. P. & Putz, F. E. Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. *Ecol. Appl.* 25, 1493–1505 (2015).
15. Alencar, A. A. C. et al. Long-term Landsat-based monthly burned area dataset. *Remote Sens.* 14, 2510 (2022).
16. Cochrane, M. A. Fire science for rainforests. *Nature* 421, 913–919 (2003).
17. Barlow, J., Berenguer, E., Carmenta, R. & França, F. Clarifying Amazonia's burning crisis. *Glob. Change Biol.* 26, 319–321 (2020).
18. Projeto MapBiomas. Coleção 10 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. (2025). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>
19. Brando, P. M. et al. Droughts, wildfires, and forest carbon cycling: a pantropical synthesis. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 47, 555–581 (2019).
20. Silvério, D. V. et al. Intensification of fire regimes and forest loss in the Território Indígena do Xingu. *Environ. Res. Lett.* 17, 045012 (2022).
21. Lapola, D. M. et al. The drivers and impacts of Amazon forest degradation. *Science* 379, eabp8622 (2023).
22. Alencar, A., Nepstad, D. & Diaz, M. C. V. Forest understory fire in the Brazilian Amazon. *Earth Interact.* 10, 1–17 (2006).
23. Aragão, L. E. O. C. et al. Drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nat. Commun.* 9, 536 (2018).
24. Vara-Vela, A. L. et al. A predictive framework for Amazon forest fire smoke dispersion. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 102, E1700–E1713 (2021).
25. Nepstad, D. et al. Amazon drought and implications for forest flammability and tree growth. *Glob. Change Biol.* 10, 704–717 (2004).
26. Marengo, J. A. et al. Long-term variability, extremes and changes in temperature and hydrometeorology in the Amazon. *Acta Amaz.* 54, e54es22098 (2024).
27. Cochrane, M. A. et al. Positive feedbacks in the fire dynamic of

closed-canopy tropical forests. *Science* 284, 1832–1835 (1999).

28. Brando, P. M. et al. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought–fire interactions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111, 6347–6352 (2014).

29. Berenguer, E. et al. Tracking the impacts of El Niño drought and fire in human-modified Amazonian forests. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 118, e2019377118 (2021).

30. Giglio, L. Global estimation of burned area using MODIS active fire observations. *Atmos. Chem. Phys.* 6, 957–974 (2006).

31. Pessôa, A. C. M. et al. Intercomparison of burned area products and implications for carbon emission estimates in the Amazon. *Remote Sens.* 12, 3864 (2020).

32. Science Panel for the Amazon (SPA). Amazon Assessment Report 2021 – Annex I: The multiple viewpoints for the Amazon. (UN SDSN, 2021).

33. RAISG. Amazon Geo-Referenced Socio-Environmental Information Network. RAISG limits 2024 [cartographic data]. (2024).

34. Carvalho, N. S. et al. Spatio-temporal variation in dry season determines the Amazonian fire calendar. *Environ. Res. Lett.* 16, 125009 (2021).

35. Fundación Tierra. *Incendios forestales 2024: Tras las huellas del fuego.* (2024).

36. Pacheco, P. El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia: causas, agentes e instituciones. (CIFOR, 2012).

37. WWF. *Uncovering sub-regional drivers of deforestation in the Amazon.* (2024).

38. Maillard, O. et al. Forest cover fragmentation, drought and forest fires in Santa Cruz, Bolivia. *Forests* 11, 910 (2020).

39. He, Y. et al. Enact reforms to protect Bolivia’s forests from fire. *Science* 387, 255 (2025).

40. Pismel, G. O. et al. Wildfire governance in a tri-national frontier of southwestern Amazonia. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 86, 103529 (2023).

41. Singh, M. et al. Fire dynamics of the Bolivian Amazon. *Land* 11, 1436 (2022).

42. BRASIL. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. (2004).

43. Haddad, E. A. et al. Economic drivers of deforestation in the Brazilian Legal Amazon. *Nat. Sustain.* 7, 1141–1148 (2024).

44. Morton, D. C. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103, 14637–14641 (2006).

45. Morton, D. C. et al. Agricultural intensification increases deforestation fire activity in Amazonia. *Glob. Change Biol.* 14, 2262–2275 (2008).

46. Brito, B. et al. Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon. *Environ. Res. Lett.* 14, 064018 (2019).

47. Armenteras, D., Schneider, L. & Dávalos, L. M. Fires in protected areas reveal unforeseen costs of Colombian peace. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 20–23 (2019).

48. Armenteras, D. et al. Curb land grabbing to save the Amazon. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 1497 (2019).

49. Peek, P. Urban poverty, migration and land reform in Ecuador. *ILO Working Paper* (1979).

50. Messina, J. P. & Cochrane, M. A. The forests are bleeding: land-use change and a new fire regime in the Ecuadorian Amazon. *J. Lat. Am. Geogr.* 6, 85–100 (2007).

51. Wasserstrom, R. & Southgate, D. D. Deforestation, agrarian reform and oil development in Ecuador, 1964–1994. *Natural Resources* 4, 31 (2013).

52. Dezécache, C. et al. Gold-rush in a forested El Dorado: deforestation leakages and need for regional cooperation. *Environ. Res. Lett.* 12, 034013 (2017).

53. Torres-Padilla, J. *Informe: Incendios forestales y deforestación en la Amazonia peruana.* (2025).

54. Finer, M. et al. Future of oil and gas development in the western Amazon. *Environ. Res. Lett.* 10, 024003 (2015).

55. Finer, M. & Mamani, N. Deforestación 2020 en la Amazonía Peruana (MAAP n.º 124). (2020).

56. Uriarte, M. et al. Depopulation of rural landscapes exacerbates fire activity in the western Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109, 21546–21550 (2012).

57. Valdivia Blume, C. Expansión de la frontera agropecuaria y deforestación en la Amazonía peruana. (2024)

58. Giljum, S. et al. Uncovering global drivers of forest loss due to mining. *Nat. Commun.* 13, 116 (2022).

59. Pacheco, P., Aguado, I. & Mollicone, D. Drivers of forest fires in the Venezuelan Amazon. *Reg. Environ. Change* 14, 1041–1053 (2014).

CAPÍTULO 4

1. Jolly, W. M. et al. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nat Commun* 6, 7537 (2015). <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>

2. Jones, M. W. et al. Global and Regional Trends and Drivers of Fire Under Climate Change. *Reviews of Geophysics* 60, e2020RG000726 (2022). <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>

3. Libonati, R. et al. Drought–heatwave nexus in Brazil and related impacts on health and fires: A comprehensive review. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1517, 44–62 (2022b). <https://doi.org/10.1111/nyas.14764>

4. Libonati, R. et al. Twenty-first century droughts have not increasingly exacerbated fire season severity in the Brazilian Amazon. *Sci Rep* 11, 4400 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83724-7>

5. Berenguer, E. et al. Drivers and ecological impacts of deforestation and forest degradation in the Amazon. *Acta Amaz.* 54, e54es22342 (2024). <https://doi.org/10.1590/1809-4392202301113>

6. Oliveras Menor, I. et al. Integrated fire management as an adaptation and mitigation strategy to altered fire regimes. *Commun Earth Environ* 6, 202 (2025). <https://doi.org/10.1038/s43247-025-01553-3>

7. Flores, B. M. et al. Critical transitions in the Amazon forest system. *Nature* 626, 555–564 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07288-0>

8. Lovejoy, T. E. & Nobre, C. Amazon Tipping Point. *Sci. Adv.* 4, eaat2340 (2018). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>

9. NASA Goddard Institute for Space Studies. GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP). <https://data.giss.nasa.gov/> (2024).

10. Sherwood, S. C. & Huber, M. An adaptability limit to climate change due to heat stress. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107, 9552–9555 (2010). <https://doi.org/10.1073/pnas.0913352107>

11. Geirinhas, J. L., Trigo, R. M., Libonati, R., Coelho, C. A. S. & Palmeira, A. C. Climatic and synoptic characterization of heat waves in Brazil. *Intl J Climatol* 38, 1760–1776 (2018). <https://doi.org/10.1002/joc.5294>

12. Miranda, V. F. V. V. et al. Heat stress in South America over the last four decades: a bioclimatic analysis. *Theor Appl Climatol* 155, 911–928 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04847-3>

13. Monteiro Dos Santos, D. et al. Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas. *PLoS ONE* 19, e0295766 (2024). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295766>

14. Marengo, J. A. et al. Climatological patterns of heatwaves during winter and spring 2023 and trends for the period 1979–2023 in central South America. *Front. Clim.* 7, 1529082 (2025). <https://doi.org/10.3389/fclim.2025.1529082>

15. Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Mattar, C. & Malhi, Y. Spatial and temporal patterns of the recent warming of the Amazon forest. *JGR Atmospheres* 118, 5204–5215 (2013). <https://doi.org/10.1002/jgrd.50456>

16. Jiménez, J. C. et al. Vegetation Warming and Greenness Decline across Amazonia during the Extreme Drought of 2023. *Remote Sensing* 16, 2519 (2024). <https://doi.org/10.3390/rs16102519>

17. Marengo, J. A. et al. The Drought of Amazonia in 2023–2024. *AJCC* 13, 567–597 (2024). <https://doi.org/10.4236/ajcc.2024.134028>

18. de Lima, L. S. et al. Severe droughts reduce river navigability and isolate communities in the Brazilian Amazon. *Commun Earth Environ* 5, 370 (2024). <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01585-w>

19. Maciel, D. A. et al. Sentinel-1 data reveals unprecedented reduction of open water extent due to 2023–2024 drought in the central Amazon basin. *Environ. Res. Lett.* 19, 124034 (2024). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad813b>

20. Libonati, R. et al. Assessing the role of compound drought and heatwave events on unprecedented 2020 wildfires in the Pantanal. *Environ. Res. Lett.* 17, 015005 (2022a). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac449c>

21. Libonati, R. et al. Drought–heatwave nexus in Brazil and related impacts on health and fires: A comprehensive review. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1517, 44–62 (2022b). <https://doi.org/10.1111/nyas.14764>

22. Geirinhas, J. L. et al. Recent increasing frequency of compound summer drought and heatwaves in Southeast Brazil. *Environ. Res. Lett.* 16, 034036 (2021). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abde36>

23. Zscheischler, J. et al. Compound weather and climate events: a review. *Nat Rev Earth Environ* 1, 333–347 (2020). <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060-z>

24. Geirinhas, J. L., Russo, A. C., Libonati, R. et al. Combined large-scale tropical and subtropical forcing on the severe 2019–2022 drought in South America. *npj Clim Atmos Sci* 6, 185 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00510-3>

25. Mukherjee, S., Mishra, A. K., Ashfaq, M. & Kao, S.-C. Relative effect of anthropogenic warming and natural climate variability to changes in Compound drought and heatwaves. *Journal of Hydrology* 605, 127396 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127396>

26. Costa, D. F., Gomes, H. B., Silva, M. C. L. & Zhou, L. The most extreme heat waves in Amazonia happened under extreme dryness. *Clim Dyn* 59, 281–295 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06182-9>

27. Drumond, A. et al. The role of the Amazon Basin moisture in the atmospheric branch of the hydrological cycle: a Lagrangian analysis. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18, 2577–2598 (2014). <https://doi.org/10.5194/hess-18-2577-2014>

28. Espinoza, J.-C. et al. The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. *Sci Rep* 14, 8107 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54140-y>

29. Cochrane, M. A. & Barber, C. P. Climate change, human land use and future fires in the Amazon. *Global Change Biology* 15, 601–612 (2009). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01786.x>

30. Libonati, R. et al. Drought–heatwave nexus in Brazil and related impacts on health and fires: A comprehensive review. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1517, 44–62 (2022b). <https://doi.org/10.1111/nyas.14764>

31. Zscheischler, J. et al. Compound weather and climate events in 2024. *Nat Rev Earth Environ* 6, 240–242 (2025). <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00777-9>

32. Clarke, B. et al. Climate change, not El Niño, main driver of extreme drought in highly vulnerable Amazon River Basin. (2024). <https://doi.org/10.25561/108761>

33. Panisset, J. S. et al. Contrasting patterns of the extreme drought episodes of 2005, 2010 and 2015 in the Amazon Basin. *Intl J Climatol* 38, 1096–1104 (2018). <https://doi.org/10.1002/joc.5224>

34. Nepstad, D. et al. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin wide analysis. *Global Change Biology* 10, 704–717 (2004). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2003.00786.x>

35. Bowman, D. M. J. S. et al. Fire in the Earth System. *Science* 324, 481–484 (2009). <https://doi.org/10.1126/science.1163886>

36. Vitolo, C. et al. ERA5-based global meteorological wildfire danger maps. *Sci Data* 7, 216 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0544-y>

37. O'Neill, B. C. et al. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geosci. Model Dev.* 9, 3461–3482 (2016). <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016>

38. IPCC. *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability.* Cambridge University Press (2022). <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

39. Coppola, E. et al. Climate hazard indices projections based on CORDEX-CORE, CMIP5 and CMIP6 ensemble. *Clim Dyn* 57, 1293–1383 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05640-z>

40. Schwingshackl, C., Sillmann, J., Vicedo Cabrera, A. M., Sandstad, M. & Aunan, K. Heat Stress Indicators in CMIP6: Estimating Future Trends and Exceedances of Impact Relevant Thresholds. *Earth's Future* 9, e2020EF001885 (2021). <https://doi.org/10.1029/2020EF001885>

41. Almazroui, M. et al. Assessment of CMIP6 Performance and Projected Temperature and Precipitation Changes Over South America. *Earth Syst Environ* 5, 155–183 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00237-9>

42. Quilcaille, Y. & Batibeniz, F. Fire weather index data under historical and SSP projections in CMIP6 from 1850 to 2100. Preprint at <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000583391> (2022).

43. Quilcaille, Y., Batibeniz, F., Ribeiro, A. F. S., Padrón, R. S. & Seneviratne, S. I. Fire weather index data under historical and shared socioeconomic pathway projections in the 6th phase of the Coupled Model Intercomparison Project from 1850 to 2100. *Earth Syst. Sci. Data* 15, 2153–2177 (2023). <https://doi.org/10.5194/essd-15-2153-2023>

CAPÍTULO 5

1. Fidelis, A. *Is fire always the “bad guy”?* Flora 268, 151611 (2020).

2. Bilbao, B. A., Ferrero, B. G., Falleiro, R. M., Moura, L. C. & Fagundes, G. M. Traditional Fire Uses by Indigenous Peoples and Local Communities in South America. In *Fire in the South American Ecosystems* 39–81 (Springer, Cham, 2025).

3. de Mendonça, M. J. C. et al. The economic cost of the use of fire in the Amazon. *Ecol. Econ.* 49, 89–105 (2004).

4. Johnston, F. H., Williamson, G., Borchers-Arriagada, N., Henderson, S. B. & Bowman, D. M. Climate change, landscape fires, and human health: a global perspective. *Annu. Rev. Public Health* 45, 295–314 (2024).

5. To, P., Eboreime, E. & Agyapong, V. I. O. The Impact of Wildfires on Mental Health: A Scoping Review. *Behav. Sci.* 11, 126 (2021).

6. Brando, P. M. et al. Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: the roles of bark traits, tree size, wood density and fire behavior. *Glob. Change Biol.* 18, 630–641 (2012).

7. Cochrane, M. A. et al. Positive feedbacks in the fire dynamic of

closed canopy tropical forests. *Science* 284, 1832–1835 (1999).

- Silvério, D. V. et al. Testing the Amazon savannization hypothesis: fire effects on invasion of a neotropical forest by native cerrado and exotic pasture grasses. *Phil. Trans. R. Soc. B* 368, 20120427 (2013).
- Armenteras, D. et al. Fire-induced loss of the world's most biodiverse forests in Latin America. *Sci. Adv.* 7, eabd3357 (2021).
- Foley, J. A. et al. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Environ. Res. Lett.* 2, 045015 (2007).
- Pereira, A. R., Torres, F. T. P. & Berlinck, C. N. Ecological implications of the direct effects of fire on neotropical vertebrates. *Sci. Total Environ.* 979, 179437 (2025).
- Pfeifer, M. et al. Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. *Nature* 551, 187–191 (2017).
- Maillard, O., Herzog, S. K., Soria-Auza, R. W. & Vides-Almonacid, R. Impact of fires on Key Biodiversity Areas (KBAs) and priority bird species for conservation in Bolivia. *Fire* 5, 4 (2022).
- Ledezma-Vargas, R. & Nina, R. E. Impacto de los incendios en la estructura y composición de la vegetación del Bosque Seco Chiquitano. Informe Técnico. Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano, Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (2021).
- Silva, C. V. et al. Estimating the multi-decadal carbon deficit of burned Amazonian forests. *Environ. Res. Lett.* 15, 114023 (2020).
- Andreae, M. O. et al. Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region. *Geophys. Res. Lett.* 28, 951–954 (2001).
- Barros, B., Oliveira, M. & Morais, S. Continent-based systematic review of the short-term health impacts of wildfire emissions. *J. Toxicol. Environ. Health B* 26, 387–415 (2023).
- Nawaz, M. O. & Henze, D. K. Premature deaths in Brazil associated with long-term exposure to PM2.5 from Amazon fires between 2016 and 2019. *GeoHealth* 4, e2020GH000268 (2020).
- Butt, E. W. et al. Large air quality and public health impacts due to Amazonian deforestation fires in 2019. *GeoHealth* 5, e2021GH000429 (2021).
- Sant’Anna, A. A. & Rocha, R. Health impacts of deforestation-related fires in the Brazilian Amazon. Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (2020).
- Carneiro, J., Cole, M. A. & Strobl, E. Foetal Exposure to Air Pollution and Students’ Cognitive Performance: Evidence from Agricultural Fires in Brazil. *Oxf. Bull. Econ. Stat.* 86, 156–186 (2024).
- Butt, E. W. et al. Large air quality and human health impacts due to Amazon forest and vegetation fires. *Environ. Res. Commun.* 2, 095001 (2020).
- Oliveira, A. S. et al. Economic losses to sustainable timber production by fire in the Brazilian Amazon. *Geogr. J.* 185, 55–67 (2019).
- Canavire-Bacarreza, G., Puerta-Cuarta, A. & Ramos, A. On the effects of wildfires on poverty in Bolivia. *J. Dev. Econ.* 175, 103494 (2025).
- Hope, E. S., McKenney, D. W., Johnston, L. M. & Johnston, J. M. A cost-benefit analysis of WildFireSat, a wildfire monitoring satellite mission for Canada. *PLoS One* 19, e0302699 (2024).
- Wang, D. et al. Economic footprint of California wildfires in 2018. *Nat. Sustain.* 4, 252–260 (2020).
- Kiely, L. et al. Assessing costs of Indonesian fires and the benefits of restoring peatland. *Nat. Commun.* 12, 1–11 (2021).
- Campanharo, W. A., Lopes, A. P., Anderson, L. O., da Silva, T. F. M. R. & Aragão, L. E. O. C. Translating Fire Impacts in Southwestern Amazonia into Economic Costs. *Remote Sens.* 11, 764 (2019).

- Barrett, K. The full community costs of wildfire. Headwater Economics (2018). <https://headwaterseconomics.org/wp-content/uploads/full-wildfire-costs-report.pdf>
- Thomas, D. S., Butry, D. T., Gilbert, S. W., Webb, D. H. & Fung, J. F. The costs and losses of wildfires: a literature review. NIST Special Publication 1215 (2017).
- Buckley, M. et al. Mokelumne watershed avoided cost analysis: why Sierra fuel treatments make economic sense. Sierra Nevada Conservancy, The Nature Conservancy & USDA Forest Service (2014).
- Jones, K. W., Gannon, B., Timberlake, T., Chamberlain, J. L. & Wolk, B. Societal benefits from wildfire mitigation activities through payments for watershed services: Insights from Colorado. *For. Policy Econ.* 135, 102661 (2022).
- Hjerpe, E. E., Colavito, M. M., Waltz, A. E. & Meador, A. S. Return on investments in restoration and fuel treatments in frequent-fire forests of the American west: A meta-analysis. *Ecol. Econ.* 223, 108244 (2024).
- Prestemon, J. P., Butry, D. T., Abt, K. L. & Sutphen, R. Net benefits of wildfire prevention education efforts. *For. Sci.* 56, 181–192 (2010).
- Venn, T. J. & Quiggin, J. Early evacuation is the best bushfire risk mitigation strategy for south-eastern Australia. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 61, 481–497 (2017).
- Oliveira, A. S. et al. Costs and effectiveness of public and private fire management programs in the Brazilian Amazon and Cerrado. *For. Policy Econ.* 127, 102447 (2021).
- Machado, M. S. et al. Emergency policies are not enough to resolve Amazonia’s fire crises. *Commun. Earth Environ.* 5, 204 (2024).
- World Bank Group. *The cost of fire: an economic analysis of Indonesia’s 2015 fire crisis*. Indonesia sustainable landscapes knowledge note no. 1 (2016).

CAPÍTULO 6

- World Health Organization (WHO). *COP29 special report on climate change and health: Health is the argument for climate action*. Geneva: WHO (2024).
- Armenteras, D. et al. Human well-being and health impacts of the degradation of terrestrial and aquatic ecosystems. In: *Amazon Assessment Report 2021* (eds Nobre, C. et al.) United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York (2021).
- Butt, E. W., Conibear, L., Knot, C. & Spracklen, D. V. Large air quality and public health impacts due to Amazonian deforestation fires in 2019. *GeoHealth* 5, e2021GH000429 (2021).
- Bolaño-Díaz, S., Camargo-Cacedo, Y., Tovar Bernal, F. & Bolaño-Ortiz, T. R. The effect of forest fire events on air quality: A case study of Northern Colombia. *Fire* 5, 191 (2022).
- Ribeiro, M. R. et al. Amazon wildfires and respiratory health: Impacts during the forest fire season from 2009 to 2019. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 21, 675 (2024).
- Machado-Silva, F. et al. Drought and fires influence the respiratory diseases hospitalizations in the Amazon. *Ecol. Indic.* 109, 105817 (2020).
- Requia, W. J. et al. Health impacts of wildfire-related air pollution in Brazil: A nationwide study of more than 2 million hospital admissions between 2008 and 2018. *Nat. Commun.* 12, 6555 (2021).
- Ignotti, E. et al. Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. *Rev. Saúde Pública* 44, 121–130 (2010).
- Campanharo, W. A., Morello, T., Christofolletti, M. A. M. & Anderson, L. O. Hospitalization due to fire-induced pollution in the Brazilian

Legal Amazon from 2005 to 2018. *Remote Sens.* 14, 69 (2022).

- Blaskiewicz, P. H. et al. Atmospheric pollution exposure increases disease activity of systemic lupus erythematosus. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 1984 (2020).
- Cândido da Silva, A. M., Moi, G. P., Mattos, I. E. & Hacon, S. S. Low birth weight at term and the presence of fine particulate matter and carbon monoxide in the Brazilian Amazon. *BMC Pregnancy Childbirth* 14, 309 (2014).
- Sisenando, H. A. et al. Micronucleus frequency in children exposed to biomass burning in the Brazilian Legal Amazon region: A control case study. *BMC Oral Health* 12, 6 (2012).
- Gioda, A. et al. Assessing over decadal biomass burning influence on particulate matter composition in subequatorial Amazon. *Atmos. Pollut. Res.* 14, 101675 (2023).
- Andreae, M. O. et al. Smoking rain clouds over the Amazon. *Science* 303, 1337–1342 (2004).
- Holanda, B. A. et al. African biomass burning affects aerosol cycling over the Amazon. *Commun. Earth Environ.* 4, 154 (2023).
- Stein, A. F. et al. NOAA’s HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 96, 2059–2077 (2015).
- Rolph, G., Stein, A. & Stunder, B. Real-time Environmental Applications and Display System: READY. *Environ. Model. Softw.* 95, 210–228 (2017).
- Rocha, R. & Sant’Anna, A. A. Winds of fire and smoke: Air pollution and health in the Brazilian Amazon. *World Dev.* 151, 105722 (2022).
- Carvalho, L. V. B. et al. Exposição ocupacional a substâncias químicas, fatores socioeconômicos e Saúde do Trabalhador: uma visão integrada. *Saúde Debate* 41, 313–326 (2017).
- Palmeiro-Silva, Y. K. et al. Identifying gaps on health impacts, exposures, and vulnerabilities to climate change on human health and wellbeing in South America: A scoping review. *Lancet Reg. Health Am.* 26, 100580 (2023).
- Allen, T. et al. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nat. Commun.* 8, 1124 (2017).
- International Agency for Research on Cancer (IARC). *Occupational exposure as a firefighter*. IARC Monographs, Vol. 132. Lyon: WHO/ IARC (2023).
- Oliveira, M. et al. Firefighters exposure to fire emissions: Impact on biomarkers of exposure to PAHs and genotoxic/oxidative effects. *J. Hazard. Mater.* 383, 121179 (2020).
- Held, M. B. et al. Environmental health of wildland firefighters: A scoping review. *Fire Ecol.* 20, 16 (2024).
- Amorim, L. C. A. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. *Rev. Bras. Epidemiol.* 6, 158–166 (2003).

CAPÍTULO 7

- Carmenta, R., Cammelli, F., Dressler, W., Verbicaro, C. & Zaehringer, J. G. Between a rock and a hard place: The burdens of uncontrolled fire for smallholders across the tropics. *World Development* 145, 105521 (2021).
- Lovejoy, T. E. & Nobre, C. Amazon tipping point. *Sci. Adv.* 4, eaat2340 (2018).
- Flores, B. M., Montoya, E., Sakschewski, B. et al. Critical transitions in the Amazon forest system. *Nature* 626, 555–564 (2024).
- Londres, M., Salk, C., Andersson, K. P., Tengö, M., Brondizio, E. S., Lopes, G. R. et al. Place-based solutions for global social-ecological dilemmas: An analysis of locally grounded, diversified, and cross-scalar initiatives in the Amazon. *Glob. Environ. Change* 82, 102718

(2023).

- Nóbrega Spínola, J., Soares da Silva, M. J., Assis da Silva, J. R., Barlow, J., Ferreira, J. & Leverkus, A. B. A shared perspective on managing Amazonian sustainable-use reserves in an era of megafires. *J. Appl. Ecol.* 57, (2020).
- Myers, R. *Living with Fire: Sustaining ecosystems & livelihoods through Integrated Fire Management*. The Nature Conservancy, Global Fire Partnership (2006).
- FAO. *Community-based fire management: A review*. Forestry Paper 166. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (2011).
- Pasiecznik, N. & Goldammer, J. G. (eds). *Towards fire-smart landscapes*. Tropical Forest Issues 61. Tropenbos International, Ede, the Netherlands (2022).
- UNEP. *Spreading like wildfire: The rising threat of extraordinary landscape fires*. United Nations Environment Programme (2022).
- Oliveras Menor, I., Prat-Guitart, N., Spadoni, G. L. et al. Integrated fire management as an adaptation and mitigation strategy to altered fire regimes. *Commun. Earth Environ.* 6, 202 (2025).
- FAO. *Integrated Fire Management Voluntary Guidelines – Principles and strategic actions. Second edition*. Forestry Working Paper 41. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (2024).
- Maffi, L. What is biocultural diversity? In *Biocultural diversity conservation* 3–11 (Routledge, 2012).
- Brasil. Lei nº 14.944, de 31 de julho de 2024 – Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo. Diário Oficial da União, Brasília (2024).
- Eriksen, P. J. What is the vulnerability of a food system to global environmental change? *Ecol. Soc.* 13, 2 (2008).
- Rosenfeld, T., Pokorny, B., Marcovitch, J. & Poschen, P. BIOECONOMY based on non-timber forest products for development and forest conservation. *For. Policy Econ.* 163, 103228 (2024).
- Schlosberg, D. & Collins, L. B. From environmental to climate justice: climate change and the discourse of environmental justice. *WIREs Clim. Change* 5, 359–374 (2014).
- Sultana, F. Critical climate justice. *Geogr. J.* 188, 118–124 (2022).
- Ottolini, I., Salesa, D., del Romero Renau, L. & Salvador, N. Kindling Change: Shaping a New Fire Culture in Mediterranean socioenvironmental systems from the roots. *Hum. Geogr.* 18, 1 (2024).
- UNFCCC. *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change (2015).
- CBD. *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2022).
- UNDRR. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015).

EPÍLOGO

- OTCA – Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. Memorando de Entendimento entre os Países Membros da OTCA para a Cooperação em Manejo Integrado do Fogo na Região Amazônica. (OTCA, 2021); disponível em <https://otca.org/memorando-fogo/>
- OTCA – Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. Declaração de Belém: Cúpula dos Países Amazônicos. (OTCA, 2023); disponível em <https://otca.org/declaracao-de-belem/>



FRONTEIRAS DO FOGO

UM PANORAMA
DO FOGO NA REGIÃO
AMAZÔNICA



ISBN: 978-85-61873-48-6

CAL



9 788561 873486

EXECUÇÃO



Embassy of Switzerland in Peru
International Cooperation - SDC
Regional Hub Lima



PARCEIROS ESTRATÉGICOS



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

