



Foto: Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPPR). Reprodução

Ainda existem poucas iniciativas no Brasil focadas no biomonitoramento e na avaliação sistemática dos riscos que os profissionais que combatem incêndios florestais enfrentam.

Pantanal em chamas: Riscos à saúde de bombeiros no contexto da crise climática

por Sofia Caumo, Sandra Hacon, Jessica Iaci Cruz de Andrade, Renato Carreira, Carlos German Massone, Carla Simone Giroto de Almeida Pina e Eliane Ignotti

Resumo

O Pantanal brasileiro tem experimentado, nas últimas décadas, um aumento expressivo na frequência, duração e intensidade dos incêndios florestais, fenômeno diretamente associado às mudanças climáticas, às secas prolongadas e às alterações no uso do solo. Nesse contexto, bombeiros militares e brigadistas atuam na linha de frente do combate ao fogo, estando expostos a condições extremas e a uma complexa mistura de poluentes atmosféricos oriundos da queima de biomassa. Este estudo avaliou a exposição de base à fumaça de incêndios em 60 bombeiros e brigadistas atuantes no bioma Pantanal, durante o período de treinamento de 2022, nos municípios de Corumbá (MS) e Cáceres (MT). A metodologia integrou aplicação de questionários, biomonitoramento por meio da análise de metabólitos urinários de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e análise ambiental de amostras de solo. Os resultados evidenciaram a presença de biomarcadores de exposição à queima incompleta de matéria orgânica, mesmo fora do período de combate direto ao fogo, indicando exposição crônica relevante. Diferenças foram observadas entre bombeiros militares e brigadistas quanto à formação, vínculos trabalhistas e percepção das condições de trabalho, embora ambos os grupos apresentem elevada vulnerabilidade. As amostras de solo reforçaram a persistência ambiental de compostos de combustão. Os achados destacam a fumaça dos incêndios como um importante fator de risco ocupacional e ambiental, evidenciando a necessidade de políticas integradas de proteção à saúde dos trabalhadores no contexto da crise climática.

Palavras-chave: Incêndios florestais; Exposição ocupacional; Pantanal; Mudanças climáticas; Bombeiros; Brigadistas

Introdução

O Pantanal, a maior planície alagada do mundo, é amplamente reconhecido por ser fundamental na manutenção da biodiversidade e, também, pelo seu papel vital no ciclo global do carbono.^[1] Contudo, nos últimos anos, esse bioma se tornou um símbolo inegável da crise climática. A combinação entre estiagens severas, temperaturas elevadas e alterações profundas no regime hidrológico intensificou a ocorrência e a duração dos incêndios florestais na região.^[2] O relatório do Global Wetland Outlook Report evidencia um fato alarmante: entre 1970 e 2015, houve a perda de cerca de 35% dos ecossistemas úmidos globais; a velocidade de desaparecimento das áreas úmidas é aproximadamente três vezes superior à das florestas.^[3] (Figura 1)

Episódios como os de 2020, quando quase um terço do bioma transformou-se em

chamas, e novas temporadas críticas em 2023 e 2024, marcaram não apenas recordes históricos de áreas queimadas,^[4,5] mas também uma tendência crescente de frequência e severidade dos incêndios observada na última década,^[5] sinalizando potencial crise sistêmica em vez de episódios isolados. Trata-se de um cenário persistente, alimentado pelo aquecimento global, pressões antropogênicas e pelas mudanças no uso do solo. (Figura 2)

No centro desse cenário, estão bombeiros militares e brigadistas – trabalhadores que atuam na linha de frente de combate aos incêndios florestais, muitas vezes em condições extremas de vulnerabilidade e com recursos limitados de sobrevivência.

Os brigadistas possuem vínculo de trabalho temporário, contratados pelo IBAMA através do PREVFOGO. Os bombeiros militares são servidores públicos contratados pelo Estado, integrantes do

corpo militar estadual ou municipal. Ambos os profissionais enfrentam calor intenso, longas jornadas, desidratação, deslocamentos por caminhos de difícil acesso e, sobretudo, uma densa mistura de fumaça contendo partículas finas e centenas de compostos tóxicos derivados da queima de biomassa.^[6] Embora a fumaça seja um elemento evidente nos incêndios florestais, seus efeitos reais sobre a saúde decorrente da exposição desses profissionais ao fogo ainda são pouco conhecidos no Brasil.

Enquanto a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) reconheceu a exposição ocupacional ao combate a incêndios como uma atividade “carcinogênica para humanos” (grupo 1),^[7] no Brasil ainda há poucas iniciativas voltadas ao biomonitoramento e à avaliação sistemática dos riscos enfrentados por quem trabalha no combate aos incêndios florestais. No caso do Pantanal, essa lacuna é ainda mais preocupante: o período prolongado de seca, a ausência de barreiras físicas para o espalhamento do fogo, a escassez de vias de escape e a composição variada da vegetação resultam em incêndios de difícil combate e exposições prolongadas à fumaça.

Com as mudanças climáticas favorecendo períodos de secas severas e mais longas e a inflamabilidade crescente da vegetação, os bombeiros e brigadistas tendem a ser atingidos pelos impactos diretos desse novo cenário de fogo de forma aguda.^[8] Além do risco físico imediato de queimaduras e exaustão térmica, a exposição contínua à fumaça está



Foto: Adriano Gambarini/ WWF Brasil. Reprodução

Figura 1. O Pantanal é a maior área alagada do mundo e tem um papel essencial no ciclo do carbono no planeta.



Foto: Joédson Alves/ Agência Brasil. Reprodução

Figura 2. Aquecimento global, pressões antropogênicas e mudanças no uso do solo fazem dos incêndios no Pantanal um cenário persistente.

associada a inflamação das vias aéreas, piora da função pulmonar, alterações cardiovasculares, distúrbios do sono e aumento de marcadores celulares relacionados ao estresse oxidativo.^[6,8] A longo prazo, esses fatores podem contribuir para doenças crônicas e aumentar a probabilidade de morbidade cardiorrespiratória e certos tipos de câncer.^[8]

Compreender como esses trabalhadores são afetados é essencial para formular estratégias de proteção e mitigação, desde melhorias em equipamentos e protocolos até políticas públicas voltadas à saúde ocupacional em um contexto de emergência climática. Neste estudo, apresentamos uma avaliação inédita da exposição de bombeiros que atuam no Pantanal, utilizando biomarcadores capazes de indicar absorção de compostos orgânicos derivados da fumaça. As análises foram realizadas durante o período de treinamento, antes da fase mais ativa dos

incêndios, permitindo diferenciar a exposição de base (background exposure) – aquela que precede o combate direto ao fogo – de exposições extremas que ocorrem em campo.

Compostos produzidos pela fumaça como marcadores de exposição em brigadistas e em amostras de solo

O estudo foi conduzido com 60 bombeiros e brigadistas que atuaram no bioma Pantanal, nos municípios de Corumbá (MS) e Cárceres (MT), durante o período de treinamento anterior à temporada de incêndios em 2022. Nesse momento, embora não estivessem ainda envolvidos em grandes frentes de fogo, muitos realizavam queimadas controladas – uma oportunidade

importante para observar a exposição de base à fumaça.

Foram aplicados questionários presenciais em formato de entrevistas para coletar informações sobre perfil demográfico, estilo de vida, condições de trabalho, uso de equipamentos de proteção e histórico recente de atividades relacionadas ao fogo. Em seguida, cada participante forneceu uma amostra de urina, utilizada para medir biomarcadores que indicam absorção de substâncias presentes na queima de biomassa. Esses biomarcadores permitem estimar a exposição individual aos poluentes sem depender apenas de medidas ambientais.

Paralelamente, amostras de solo foram coletadas em diferentes áreas do Pantanal para identificar compostos associados à combustão presentes no ambiente. Essa etapa ajudou a compreender o contexto mais amplo em que bombeiros e brigadistas atuam, acessando a influência de incêndios passados.

A combinação destas três abordagens – questionário,

“O Pantanal, a maior planície alagada do mundo, é amplamente reconhecido por ser fundamental na manutenção da biodiversidade e, também, pelo seu papel vital no ciclo global do carbono.”

biomonitoramento e análise ambiental – possibilitou uma avaliação integrada da exposição dos brigadistas e bombeiros e dos fatores que moldam esse risco em um bioma que se torna cada vez mais vulnerável às mudanças climáticas.

Estilo de vida e impactos da exposição de fundo na vida de bombeiros e brigadistas

Mesmo antes do início da temporada mais intensa de incêndios, os bombeiros e brigadistas do Pantanal já apresentavam sinais de exposição crônica relevante a compostos da fumaça (Tabela 1). Tais compostos podem ser encontrados em diversas fontes a partir da queima incompleta de matéria orgânica, estando presentes no nosso dia a dia, inclusive em alimentos e bebidas. Os biomarcadores na urina indicaram a presença destes compostos associados à queima de matéria orgânica em praticamente todos os participantes, revelando que a exposição não é restrita aos períodos de combate direto ao fogo. A vida cotidiana, atividades de treinamento e queimadas controladas já constituem um cenário de risco à saúde humana. Fumantes apresentaram níveis duas vezes mais elevados desses marcadores (Tabela 1), comparado aos não fumantes, que também demonstraram exposição significativa, reforçando a importância do ambiente como fonte primária de contato com a fumaça.

Os questionários mostraram similaridades e diferenças entre os dois grupos de trabalhadores: bombeiros militares e brigadistas. Dois terços dos trabalhadores consideraram seu estado de saúde “bom” (Tabela 1), embora relatem jornadas longas, calor intenso, hidratação insuficiente e, em alguns casos, equipamentos de proteção inadequados ou desconfortáveis. Esses fatores, somados à exposição contínua à fumaça, compõem um quadro que favorece estresse térmico, fadiga extrema, irritação respiratória e maior vulnerabilidade a doenças cardiovasculares – problemas amplamente documentados em bombeiros no cenário internacional.^[9-11] Alguns profissionais relataram sintomas e complicações pós-exposição à fumaça dos incêndios, como tosse, irritação da garganta e olhos, além de coceiras na pele. Sabe-se que a exposição a valores elevados de poluentes pode causar efeitos adversos à saúde humana, podendo ocasionar alterações da frequência cardíaca, aumento da pressão arterial, além de redução da função pulmonar e exacerbação de casos de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC).^[12,13]

Adicionalmente, as entrevistas e questionários revelaram aspectos subconscientes da forma como estes dois grupos de profissionais percebem suas atividades laborais. Os bombeiros militares, organizados com base na hierarquia e disciplina militar, apresentaram maior nível educacional, com dois terços dos participantes alegando que acessaram o ensino superior; já os brigadistas, metade deles afirmam

“A combinação entre estiagens severas, temperaturas elevadas e alterações profundas no regime hidrológico intensificou a ocorrência e a duração dos incêndios florestais na região.”

ter alcançado o ensino médio. A análise comparativa entre bombeiros militares e brigadistas evidencia diferenças fundamentais quanto ao conhecimento sobre suas funções laborais, direitos trabalhistas e expectativas profissionais.

Os bombeiros militares demonstraram domínio mais amplo e aprofundado acerca de suas atribuições institucionais, bem como maior clareza quanto às garantias e obrigações previstas no regime estatutário ao qual estão submetidos. Esse nível de consciência institucional e jurídica tende a refletir a formação mais estruturada recebida por esses profissionais. Assim como em relação aos seus direitos trabalhistas.

Por outro lado, os brigadistas – contratados de forma temporária e vinculados a regimes laborais precários e sem direitos trabalhistas – apresentaram menor familiaridade com seus direitos e com os limites e possibilidades inerentes às suas atividades. Apesar

Tabela 1. Resultados dos questionários e biomarcadores na urina de brigadistas e bombeiros no presente estudo (n = 60)

Variável	n	%
Sexo		
Masculino	57	95
Feminino	3	5
Idade		
≤30	16	27
30–40	23	38
≥40	21	35
Tabagismo atual		
Sim	10	17
Não	50	83
Tempo de serviço como bombeiro		
1–5 anos	29	48
6–10 anos	17	28
> 10 anos	14	23
Informações sobre a dieta (últimas 48 horas)		
Carne defumada ou vermelha	34	57
Álcool	26	43
Café	50	83
Trabalhou com queimadas controladas durante a última semana?		
Sim	26	43
Não	34	57
Autoavaliação da saúde		
Boa	41	68
Regular	17	28
Ruim	2	3
Equipamento de Proteção Individual (EPI) adequado?		
Sim	48	80
Não	12	20
Biomarcadores de exposição à queima de matéria orgânica incompleta (OH-HPAs*)		
2-HidroxiNaftaleno (média ± D.P.)		
Geral	1,03 (1,52)	
Fumante	3,03 (1,81)	
Não-Fumante	1,70 (0,73)	
1-Hidroxipireno (média ± D.P.)		
Geral	1,01 (0,24)	
Fumante	1,42 (0,37)	
Não-Fumante	1,07 (0,27)	

*OH-HPAs: sigla para metabólitos mono-hidroxilados dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.

dessa condição mais vulnerável, observou-se entre eles um discurso marcado por uma insatisfação com as circunstâncias de trabalho e, paradoxalmente, níveis mais elevados de satisfação declarada. Esse aparente paradoxo pode estar atrelado à precariedade da função, na qual a oportunidade de ocupação desta atividade na sociedade em que eles vivem, ainda que limitada em termos de remuneração e proteção social, é percebida como uma colocação de forte status.

Assim, os achados sugerem que a percepção de satisfação entre brigadistas não necessariamente reflete condições objetivas de trabalho mais favoráveis, mas pode estar associada a expectativas reduzidas, à valorização da experiência prática e a vínculos comunitários e identitários construídos no exercício da atividade. Em contraste, o maior conhecimento institucional e jurídico entre bombeiros militares pode contribuir tanto para expectativas profissionais mais elevadas quanto para uma postura mais crítica em relação às suas condições de trabalho.

A análise ambiental complementou esse panorama. Amostras de solo coletadas em diferentes áreas do Pantanal mostraram a presença de compostos típicos de combustão de matéria orgânica, reflexo de possíveis incêndios e acúmulo histórico de queimadas. Alguns indicadores sugeriram potencial risco à saúde ao longo do tempo, especialmente quando somados às exposições repetidas às quais brigadistas e bombeiros estão submetidos.

“Os incêndios que acometem o Pantanal geram condições de exposição que configuram risco significativo tanto para a saúde dos trabalhadores envolvidos no combate ao fogo quanto para a integridade ecológica do bioma.”

Esses achados ganham maior relevância quando interpretados diante do contexto das mudanças climáticas. O Pantanal vive uma combinação de secas severas e prolongadas, calor extremo e aumento da inflamabilidade da vegetação, condições que favorecem a ampliação da quantidade, duração, frequência e intensidade dos incêndios. Em um ciclo que se retroalimenta, períodos de fogo mais longos significam mais dias de exposição à fumaça, menor tempo de recuperação fisiológica e descanso e maior risco acumulado para doenças cardiorrespiratórias nos profissionais que atuam no combate ao fogo. (Figura 2)

Nesse contexto, a saúde dos brigadistas e bombeiros emerge como um indicador sentinela dos avanços da crise climática. Eles são os primeiros a vivenciar os efeitos diretos

das mudanças no regime de fogo e, ao mesmo tempo, os mais expostos aos riscos insuportáveis da fumaça. A presença constante de biomarcadores relacionados à queima nas amostras de solo e urina dos bombeiros e brigadistas, mesmo fora de grandes incêndios, sugere que tanto o ambiente em que vivem quanto o organismo desses trabalhadores opera sob exposição contínua, condição que tende a se agravar à medida que eventos climáticos extremos se tornam mais frequentes e intensos.

Os resultados reforçam a urgência de estratégias que vão além da resposta emergencial. É necessário investir em prevenção, fortalecimento da saúde ocupacional, desenvolvimento de equipamentos adequados ao clima extremo e monitoramento contínuo do impacto físico e fisiológico do trabalho. Em um bioma transformado pelo clima, proteger quem combate o fogo é também proteger as comunidades e os ecossistemas que dependem do Pantanal para sobreviver.

Conclusão

De forma convergente, os incêndios que acometem o Pantanal geram condições de exposição que configuram risco significativo tanto para a saúde dos trabalhadores envolvidos no combate ao fogo quanto para a integridade ecológica do bioma. A análise comparativa entre bombeiros militares e brigadistas demonstrou que, embora apresentem perfis distintos de formação, inserção profissional e

compreensão de seus direitos trabalhistas, ambos os grupos permanecem altamente vulneráveis aos efeitos adversos da fumaça.

As amostras de solo analisadas reforçam a magnitude desse problema ao evidenciar a deposição de material particulado e resíduos de combustão, indicativos do transporte e acúmulo de compostos tóxicos no ambiente. Esses achados confirmam a degradação ambiental associada aos incêndios e apontam para a possibilidade de reexposição contínua dos trabalhadores e das populações locais, uma vez que o solo contaminado pode atuar como reservatório de substâncias tóxicas e carcinogênicas.

Dessa forma, o estudo revelou que a fumaça dos incêndios representa um potencial danoso expressivo, capaz de provocar impactos à saúde de bombeiros e brigadistas, ampliando suas vulnerabilidades em um contexto já marcado por desigualdades sociais, institucionais e trabalhistas. Simultaneamente, os danos ambientais associados, evidenciados pela alteração das características do solo, indicam efeitos persistentes que ultrapassam o período imediato das queimadas. Esses resultados reforçam a necessidade urgente de políticas integradas de prevenção, mitigação e proteção à saúde dos trabalhadores, bem como de ações de monitoramento e recuperação ambiental que considerem a complexidade dos períodos de incêndios no Pantanal em um cenário de mudanças climáticas crescentes.

Sofia Caumo é pesquisadora visitante na Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP/Fiocruz), desenvolvendo pesquisas nas áreas de Mudanças Climáticas, Saúde Pública e Ecologia Humana.

Sandra Hacon atua na Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, integrante dos programas de pós-graduação de mestrado e doutorado em Ciências Ambientais da Universidade estadual de Mato Grosso e da Escola Nacional de Saúde Pública da Fiocruz

Jessica Iaci Cruz de Andrade é associada à Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade (SBMFC) e atua no Distrito Sanitário Especial Indígena no Xingu (MT).

Renato Carreira é Professor Associado 2 e atual Diretor do Departamento de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Carlos German Massone atua como professor do Departamento de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Carla Simone Girotto de Almeida Pina é pesquisadora da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT).

Eliane Ignotti é professora do curso de Enfermagem da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT).

Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos aos Governos dos Estados de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul, ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, ao Centro Nacional de Prevenção

e Combate aos Incêndios Florestais (PREVFOGO/IBAMA), à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), pelo apoio institucional e logístico à realização deste estudo. Agradecem, ainda, ao Centro

de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), onde foram conduzidas as análises dos metabólitos mono-hidroxilados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (OH-HPAs).

Os resultados do presente artigo encontram-se publicados em:

Caumo S, Schramm A, Oliveira-Junior ES, Pina CSGA, Ignotti E, Gioda A, Massone CG, Araujo LP, Coelho CH, Carreira R, Hacon S. Avaliação da exposição de base a

poluentes atmosféricos associados à fumaça em bombeiros e brigadistas durante o treinamento no bioma Pantanal. Rev Bras Saude Ocup [Internet]. 2026;51: no prelo.

REFERÊNCIAS

- [1] Embrapa Pantanal. *O Pantanal*. 2021 [citado 31 de janeiro de 2024]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/pantanal/apresentacao/o-pantanal>
- [2] Leal Filho W, Azeiteiro UM, Salvia AL, Fritzen B, Libonati R. *Fire in Paradise: Why the Pantanal is burning*. *Environ Sci Policy* [Internet]. 2021;123(November 2020):31–4. doi.org/10.1016/j.envsci.2021.05.005
- [3] Global Wetland Outlook. *Global Wetland Outlook: Special edition 2021*. Dudley N, organizador. Gland: Global Wetland Outlook; 2021 [citado 8 de dezembro de 2025]. Disponível em: <https://www.global-wetland-outlook.ramsar.org/gwo-2021>
- [4] de Sousa BR, Fonseca HP, Arévalo SMM, Lorenzon AS, Torres FTP, do Amaral CH. *Pantanal wetland wildfires are associated with drought in interconnected biomes*. *Natural Hazards* 2025 121:14. 21 de junho de 2025 [citado 8 de dezembro de 2025];121(14):16719–45. doi.org/10.1007/s11069-025-07446-2
- [5] Marengo JA, Cunha AP, Cuartas LA, Deusdará Leal KR, Broedel E, Seluchi ME, et al. *Extreme Drought in the Brazilian Pantanal in 2019–2020: Characterization, Causes, and Impacts*. *Frontiers in Water*. 2021;3(February).
- [6] Barros B, Oliveira M, Morais S. *Firefighters' occupational exposure: Contribution from biomarkers of effect to assess health risks*. *Environ Int*. 1o de novembro de 2021;156:106704.
- [7] IARC. *Occupational Exposure as a Firefighter*. IARC Monographs. Vol. 132. Lyon, France; 2023. 1–730 p.
- [8] Navarro KM, Kleinman MT, Mackay CE, Reinhardt TE, Balmes JR, Broyles GA, et al. *Wildland firefighter smoke exposure and risk of lung cancer and cardiovascular disease mortality*. *Environ Res*. 2019;173:462–8.
- [9] Fernando S, Shaw L, Shaw D, Gallea M, VandenEnden L, House R, et al. *Evaluation of Firefighter Exposure to Wood Smoke during Training Exercise at Burn Houses*. *Environ Sci Technol*. 2016;50:1536–43.
- [10] Abrard S, Bertrand M, De Valence T, Schaupp T. *French firefighters exposure to Benzo[a]pyrene after simulated structure fires*. *Int J Hyg Environ Health*. 1o de janeiro de 2019;222(1):84–8.
- [11] Rodríguez-Marroyo JA, López-Satue J, Pernía R, Carballo B, García-López J, Foster C, et al. *Physiological work demands of Spanish wildland firefighters during wildfire suppression*.
- [12] Mustajbegovic J, Zuskin E, Schachter EN, Kern J, Vrcic-Keglevic M, Heimer S, et al. *Respiratory function in active firefighters*. *Am J Ind Med* [Internet]. 2001;40(1):55–62.
- [13] Soteriades ES, Smith DL, Tsismenakis AJ, Baur DM, Kales SN. *Cardiovascular disease in US firefighters: A systematic review*. *Cardiol Rev* [Internet]. julho de 2011 [citado 3 de fevereiro de 2024];19(4):202–15.