



(Foto: Prevfogo/Ibama/MMA/ISA. Reprodução)

Efeitos das mudanças climáticas impactam na saúde e no bem-estar da população, especialmente dos mais vulneráveis

Mudanças climáticas e incêndios florestais: implicações sobre a saúde

* Mariana Matera Veras

** Mariana Matera Veras

Resumo

Os incêndios florestais, exacerbados pelas mudanças climáticas, representam uma séria ameaça à saúde e ao meio ambiente no Brasil. A crescente frequência e intensidade desses incêndios têm gerado impactos devastadores, não apenas em termos ambientais, mas também na saúde pública e no bem-estar socioeconômico das populações afetadas. Além dos efeitos diretos na saúde, os incêndios florestais contribuem para o ciclo vicioso das mudanças climáticas. Enfrentar esses desafios complexos requer intervenções abrangentes e coordenadas. Isso inclui desde o fortalecimento das regulamentações ambientais e práticas sustentáveis de manejo de terras até políticas públicas que promovam a adaptação climática e a resiliência comunitária. A pesquisa científica contínua e a formulação de políticas baseadas em evidências são cruciais para mitigar os impactos crescentes dos incêndios florestais no Brasil, garantindo um futuro onde tanto a saúde pública quanto o meio ambiente estejam protegidos contra os desafios emergentes das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Incêndios florestais; Poluição do ar; Material particulado; Saúde.

Introdução

As mudanças climáticas estão levando a eventos climáticos extremos mais frequentes e graves no Brasil, como ondas de calor, secas e inundações [1,2]. Esses eventos podem impactar diretamente a saúde por meio de doenças, lesões e mortes relacionadas ao calor, bem como indiretamente através de perturbações nos sistemas de água, alimentos e saneamento [3,4]. Populações vulneráveis, como idosos, crianças e comunidades de baixa renda, são desproporcionalmente afetadas por esses riscos de saúde relacionados ao clima [5,6].

Além disso, as mudanças nos padrões de temperatura e precipitação estão alterando as áreas geográficas e a dinâmica de transmissão de doenças transmitidas por vetores, como dengue, zika e chikungunya, no Brasil [7,8]. O desmatamento e as mudanças no uso do solo também estão facilitando a propagação de doenças zoonóticas, ao aproximar os humanos dos reservatórios de doenças na vida silvestre [9,10]. Espera-se que os surtos de doenças infecciosas emergentes aumentem em frequência e gravidade, devido aos efeitos combinados da mudança climática e da degradação ambiental [11,12]. Ademais, os eventos climáticos extremos, a perda de meios de subsistência e o deslocamento devido à mudança climática podem ter impactos graves na saúde mental, incluindo aumento da ansiedade, depressão e estresse pós-traumático [13,14]. As comunidades indígenas

e tradicionais no Brasil são especialmente vulneráveis aos impactos da saúde mental decorrentes da degradação ambiental e da perda de práticas culturais [15,16] (Figura 1).

Mudança climática exacerbando os riscos de incêndios florestais

As alterações no clima estão levando a condições mais quentes, secas e propensas a incêndios em todo o mundo. Esses impactos estão tornando as florestas mais suscetíveis a incêndios, na medida em que secam a vegetação e criam condições ideais para que os incêndios se iniciem e se espalhem rapidamente.

Quando as florestas queimam, elas liberam grandes quantidades de carbono armazenado na atmosfera, exacerbando ainda mais o aquecimento global e criando um ciclo perigoso

“Populações vulneráveis, como idosos, crianças e comunidades de baixa renda, são desproporcionalmente afetadas por esses riscos de saúde relacionados ao clima.”

de feedback. [17, 18, 19] Se o crescimento da vegetação após os incêndios for lento ou incompleto, como quando as florestas são substituídas por agricultura, o carbono liberado não é totalmente recapturado, contribuindo para as mudanças climáticas. Incêndios florestais graves e generalizados também podem perturbar os padrões climáticos regionais, como, por exemplo, no caso da Floresta Amazônica que produz e recicla grande parte do vapor de água que flui para a América do Sul [20,21].

O desmatamento e os incêndios florestais associados são um dos principais



(Foto: Acervo CCS. Reprodução)

Figura 1. *Aedes aegypti*, vetor de doenças como dengue, zika e chikungunya.

contribuintes para a poluição do ar no Brasil. Dados de satélite mostram que mais de 13% da cobertura florestal natural do Brasil foi perdida no período de 1985 a 2019. Embora as taxas de desmatamento tenham diminuído de 2005 a 2013, devido a novas regulamentações, elas aumentaram constantemente desde então, com mais de 10.000 km² desmatados na Amazônia brasileira entre 2018-2019. Esses incêndios são frequentemente provocados deliberadamente para limpar a terra para a agricultura, levando a picos de poluição do ar durante a estação mais seca (Figura 2).

A literatura científica destaca vários fatores-chave que impulsionam o aumento da frequência e da intensidade dos incêndios florestais na América do Sul. A grande maioria dos incêndios florestais é causada por atividades humanas, particularmente a limpeza de terras para pecuária, cultivo de soja e outros fins agrícolas. A negligência durante essas atividades de limpeza de terras é uma causa primária dos incêndios florestais.[19, 22, 23, 24]. As secas e as ondas de calor prolongadas, exacerbadas pela mudança climática, também aumentaram significativamente o risco de rápida propagação de incêndios em toda a região, agravando-se ainda mais na convergência do El Niño [25, 26].

A ausência ou a aplicação de leis fracas que regulamentam o desmatamento e o uso da terra dificulta os esforços para combater os incêndios e proteger os ecossistemas ameaçados. As influências políticas também impedem a prevenção e o gerenciamento eficazes de incêndios florestais. A pobreza



(Foto: Joédson Alves/Agência Brasil. Reprodução)

Figura 2. Pantanal registrou mais de 3 mil focos de incêndio em junho deste ano.

e a falta de oportunidades econômicas em algumas regiões têm impulsionado práticas de uso da terra insustentáveis que aumentam o risco de incêndios. Melhorar os meios de subsistência e fornecer opções econômicas alternativas podem ajudar a reduzir a dependência de incêndios para a limpeza de terras.

Poluição do ar por incêndios florestais

Os efeitos da poluição do ar causada pela queima de combustíveis fósseis na saúde humana já são bem conhecidos e extensivamente estudados. A poluição do ar urbana e a fumaça dos incêndios florestais representam ameaças significativas à saúde humana, embora os mecanismos e impactos específicos possam variar. Ambas as fontes de poluição do ar contêm misturas complexas de material particulado, gases e outros

compostos tóxicos que podem penetrar profundamente nos pulmões e entrar na corrente sanguínea. No entanto, a composição química da poluição urbana *versus* a fumaça de incêndios florestais difere, levando a efeitos de saúde distintos. A poluição urbana geralmente é mais alta em óxidos de nitrogênio (NOx), compostos orgânicos voláteis (COVs) e material particulado proveniente de fontes como emissões veiculares e atividades industriais. Enquanto a fumaça de incêndios florestais contém mais carbono orgânico, uma mistura complexa de material particulado,

“O desmatamento e as mudanças no uso do solo também estão facilitando a propagação de doenças zoonóticas, ao aproximar os humanos dos reservatórios de doenças na vida silvestre.”

monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, COVs e outros compostos orgânicos. A toxicidade específica depende da composição química, que pode variar com base no tipo de vegetação queimada e nas condições de combustão [27, 28, 29].

Além disso, os padrões espaciais e temporais de exposição diferem, com populações urbanas experimentando exposições mais crônicas e de baixo nível, em comparação com a natureza aguda e episódica da fumaça de incêndios florestais. Entender essas nuances é crucial para desenvolver intervenções de saúde pública direcionadas para abordar os variados impactos dessas duas principais fontes de poluição do ar.

Impactos multifacetados dos incêndios florestais na saúde

A literatura científica destaca ônus significativos de saúde pública devido à poluição do ar decorrente de incêndios florestais. A crescente frequência e intensidade dos incêndios florestais no Brasil têm consequências de longo alcance que se estendem além dos danos ambientais imediatos. Pesquisas emergentes lançaram luz sobre os profundos impactos da exposição à fumaça na saúde pública, no desempenho acadêmico e nos desfechos gestacionais. [30]

Um estudo recente de McGrath *et al.* [31] usou uma abordagem de inferência causal para examinar a relação entre a

“Políticas destinadas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a resiliência em comunidades vulneráveis aos impactos climáticos são essenciais para a sustentabilidade ambiental e da saúde pública.”

exposição a incêndios florestais e o desempenho acadêmico entre mais de 1,5 milhão de estudantes no Brasil. Os pesquisadores constataram que a exposição a incêndios florestais estava associada a um declínio significativo no desempenho acadêmico, particularmente em matemática e leitura. Importante: os efeitos variaram por região e tempo, com impactos mais pronunciados em áreas com maior atividade de incêndios florestais. Isso sugere que os incêndios florestais podem ter consequências de longo prazo nos resultados educacionais.

Cobelo *et al.* [32] investigaram o impacto dos incêndios florestais na qualidade do ar e na saúde, em diferentes categorias de uso do solo no país, ao longo de um período de 16 anos. Seus achados indicam que os eventos de incêndio florestal aumentaram os níveis de poluição do ar e representaram riscos substanciais à saúde, com os maiores impactos observados em áreas de cultivo de soja do bioma amazônico.

Réquia *et al.* [33-36] publicaram uma série de estudos documentando as amplas consequências na saúde da exposição à fumaça de incêndios florestais no Brasil. Suas

pesquisas vincularam a poluição do ar relacionada a incêndios florestais a um aumento nas internações hospitalares por condições respiratórias e cardiovasculares [35], bem como resultados adversos de nascimento, como baixo peso ao nascer e prematuridade [33,34,36].

Uma análise de séries temporais a nível nacional no Brasil revelou que a exposição à poluição por partículas finas (PM_{2,5}) relacionada com incêndios florestais está associada a um aumento significativo das internações hospitalares, especialmente por doenças respiratórias. Um aumento de 10 µg/m³ na concentração de PM_{2,5} gerado por incêndios florestais foi associado a um aumento de 1,65% nas admissões hospitalares por todas as causas e a um aumento de 5,09% nas admissões respiratórias nos 0-1 dias seguintes. Os efeitos foram mais pronunciados nos grupos vulneráveis, como as crianças com menos de 4 anos (aumento de 4,88%) e os idosos com mais de 80 anos (aumento de 3,7%). O estudo estimou que mais de meio por cento das admissões hospitalares por todas as causas, ou seja, 35 casos por 100.000 pessoas por ano, eram atribuíveis à exposição a fumaça dos incêndios florestais, com os maiores impactos nas regiões Norte, Sul e Centro-oeste. Essas descobertas ressaltam o ônus substancial para a saúde pública da poluição causada por incêndios florestais no Brasil e a necessidade de intervenções direcionadas para proteger as populações em risco [37].

Um novo estudo retrospectivo de âmbito nacional no Brasil concluiu que a exposição a partículas finas relacionadas com incêndios florestais (PM_{2,5}) estava associada a riscos de mortalidade por câncer significativamente mais elevados em comparação com a poluição PM_{2,5} não relacionada com incêndios florestais. Um aumento de 1 µg/m³ nas PM_{2,5} relacionadas com os incêndios florestais foi associado a um aumento de 2% na mortalidade por todos os tipos de câncer, um efeito superior ao impacto de um aumento semelhante nas PM_{2,5} não relacionadas com os incêndios florestais. O estudo identificou especificamente riscos elevados de câncer de nasofaringe, esôfago, estômago, fígado, pâncreas, pulmão e bexiga. Os autores salientam que, diante do aumento de incêndios florestais em grande escala nos últimos anos na região amazônica, deve-se considerar o câncer como uma consequência importante para a saúde pública, ao avaliar os impactos dos incêndios florestais e da implementação de políticas e intervenções para mitigar esta ameaça crescente no Brasil [38].

Em outro estudo de âmbito nacional realizado no Brasil, concluiu-se que a exposição a curto prazo a partículas finas (PM_{2,5}) provenientes de incêndios florestais estava associada a aumentos significativos dos riscos de mortalidade. Um aumento de 1 µg/m³ nas PM_{2,5} relacionadas com incêndios florestais foi associado a um aumento de 2% na mortalidade por todas as causas, um aumento de 3% na mortalidade cardiovascular e um aumento de 5% na mortalidade

respiratória, com efeitos mais fortes observados nas mulheres e nos adultos com mais de 60 anos. O estudo estimou que 130.273 mortes entre 2000 e 2016, ou 7.663 por ano, poderiam ser atribuídas à exposição a fumaça de incêndios florestais. Esses resultados, baseados em uma análise robusta de dados de séries temporais nacionais, fornecem fortes evidências epidemiológicas das consequências agudas para a saúde pública da fumaça de queimadas no Brasil. Os autores enfatizam a necessidade de intervenções de saúde pública e de planejamento de emergência para mitigar a crescente ameaça dos incêndios florestais provocados pelas alterações climáticas, especialmente para as populações vulneráveis [39].

O relatório do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), do Instituto de Estudos de Políticas de Saúde (IEPS) e da *Human Rights Watch* estima que, em 2019, 2.195 internações por doenças respiratórias foram atribuídas a incêndios relacionados ao desmatamento na Amazônia brasileira. O relatório afirma que essas hospitalizações representaram apenas uma fração do impacto total na saúde, e que os custos públicos totais associados a essas hospitalizações foram estimados em R\$ 5,64 milhões (aproximadamente US\$ 1,4 milhão) [40].

Considerações finais

Os impactos interligados dos incêndios florestais induzidos pelas mudanças climáticas no ambiente, na saúde e no tecido socioeconômico do Brasil destacam a necessidade urgente

de intervenções multifacetadas. À medida que as temperaturas aumentam e os eventos climáticos extremos se tornam mais frequentes, o país enfrenta riscos crescentes de incêndios florestais, exacerbando a poluição do ar e apresentando significativos riscos à saúde, especialmente para populações vulneráveis. A evidência apresentada destaca não apenas os impactos diretos na saúde da fumaça dos incêndios florestais, incluindo condições respiratórias e cardiovasculares, mas também consequências mais amplas, como efeitos adversos no desempenho acadêmico e nos resultados de nascimentos.

Abordar esses desafios requer esforços coordenados em várias frentes. Estratégias eficazes de manejo de incêndios florestais devem ser combinadas com o fortalecimento da aplicação das regulamentações de desmatamento e práticas sustentáveis de uso da terra. Além disso, intervenções públicas direcionadas são cruciais para mitigar os impactos agudos da fumaça dos incêndios florestais na saúde, especialmente para crianças, idosos e outros grupos em situação de risco. Além disso, políticas destinadas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a resiliência em comunidades vulneráveis aos impactos climáticos são essenciais para a sustentabilidade ambiental e da saúde pública a longo prazo.

Ademais, a pesquisa científica contínua e a formulação de políticas públicas baseadas em evidências serão fundamentais para se adaptar e mitigar as ameaças crescentes causadas pelos incêndios florestais induzidos pelas

mudanças climáticas no Brasil. Ao integrar o conhecimento científico com medidas políticas proativas e engajamento comunitário, o Brasil pode buscar um futuro em que tanto a integridade ambiental quanto a saúde pública sejam protegidas contra os desafios crescentes do nosso clima em mudança.

Agradecimentos

MMV agradece a bolsa de produtividade em pesquisa CNPq # 311576/2022-2.

* Mariana Matera Veras é pesquisadora científica do Estado de São Paulo (PqC VI) e chefe responsável pelo Laboratório de Patologia Ambiental e Experimental (LIM05), Hospital das Clínicas, da Universidade de São Paulo (USP).

** Paulo Hilário Nascimento Saldiva é professor do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) e membro titular da Academia Nacional de Medicina e da Academia Brasileira de Ciências. É coordenador do Instituto Nacional de Análise Integrada de Risco Ambiental do CNPq e do Núcleo de Pesquisa em Autópsia e Imagenologia (NUPAI-FMUSP).

Referências

[1] MARENGO, J. A.; SOUZA JÚNIOR, C. M.; THONICKE, K.; BURTON, C.; HALLADAY, K.; BETTS, R. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. *Frontiers in Earth Science*, v. 6, p. 228, 2018.

[2] NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, L. A. Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water*

Resource and Protection, v. 8, n. 2, p. 252, 2016.

[3] WATTS, N.; AMANN, M.; ARNELL, N.; AYEB-KARLSSON, S.; BEAGLEY, J.; BELESOVA, K.; BOYKOFF, M.; BYASS, P.; CAI, W.; CAMPBELL-LENDRUM, D. et al. The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *The Lancet*, v. 397, n. 10269, p. 129-170, 2021.

[4] HACON, S. S. Exposure to fine particulate matter in the Amazon region: health impacts and vulnerability. *Revista Panamericana de Salud Pública*, n. 42, p. e32, 2017.

[5] FREITAS, C. M. D. et al. Natural disasters and their social determinants in the Amazon. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, p. 4541-4552, 2014.

[6] BARBOSA, A. R.; OLIVEIRA, M. L. F. D.; PEREIRA, D. S. Vulnerability of the elderly to climate change in the Brazilian Amazon: health risk perceptions and preparedness. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, Rio de Janeiro, v. 22, 2019.

[7] LAPORTA, G. Z. Climate change and infectious diseases in the Amazon basin. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, Brasília, v. 52, 2019.

[8] BARCELLOS, C.; LOWE, R.; BARCELLOS, C. Dengue and the world football cup: a matter of timing. *The Lancet Infectious Diseases*, v. 14, n. 8, p. 699-700, 2014.

[9] OLIVEIRA, M. H. B. D. et al. Deforestation, hunting and wildlife trade as triggers for zoonotic infectious diseases. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 53, 2020.

[10] GIOVANELLA, L. et al. Saúde na Amazônia: multissetorialidade, ações intersetoriais e determinantes socioambientais. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 24, p. 4091-4106, 2019.

[11] GOTTDENKER, N. L.; STREICKER, D. G.; FAUST, C. L.; CARROLL, C. R. Anthropogenic land use change and infectious

diseases: a review of the evidence. *Ecohealth*, v. 11, n. 4, p. 619-632, 2014.

[12] CARVALHO, M. L. D.; FREITAS, C. M. D.; CAMPOS, I. C. M. Vulnerability and psychosocial impacts related to natural disasters in Brazil: an integrative review. *Revista Panamericana de Salud Pública*, n. 41, 2017.

[13] CARDOSO, A. M.; TAVARES, I. D. N.; WERNECK, G. L. Indigenous health in Brazil: from vulnerable to protagonists. *Lancet*, v. 400, n. 10368, p. 2011-2014, 2022.

[14] NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. Climate change risks in Brazil. Cham: Springer International Publishing, 2019.

[15] PIVELLO, V. R.; VIEIRA, I.; CHRISTIANINI, A. V.; RIBEIRO, D. B.; MENEZES, L. S.; BERLINCK, C. N.; MELO, F. P.; MARENGO, J. A.; TORNQUIST, C. G. et al. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 19, n. 3, p. 233-255, 2021.

[16] GATTI, L. V.; BASSO, L. S.; MILLER, J. B.; GLOOR, M.; DOMINGUES, L. G.; CASSOL, H. L.; TEJADA, G.; ARAGÃO, L. E.; NOBRE, C.; PETERS, W. et al. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, v. 595, n. 7867, p. 388-393, 2021.

[17] ARAGÃO, L. E.; ANDERSON, L. O.; FONSECA, M. G.; ROSAN, T. M.; VEDOVATO, L. B.; WAGNER, F. H.; SILVA, C.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ARAI, E.; AGUIAR, A. P. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature communications*, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2018.

[18] SPRACKLEN, D. V.; ARNOLD, S. R.; TAYLOR, C. M. Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. *Nature*, v. 489, n. 7415, p. 282-285, 2012.

[19] STAAL, A.; FLORES, B. M.; AGUIAR, A. P.; BOSMANS, J. H.;

- FETZER, I.; TUINENBURG, O. A. Feedback between drought and deforestation in the Amazon. *Environmental Research Letters*, v. 15, n. 4, p. 044024, 2020.
- [20] BARLOW, J.; BERENGUER, E.; CARMENTA, R.; FRANÇA, F. Clarifying Amazonia's burning crisis. *Global Change Biology*, v. 26, n. 2, p. 319-321, 2020.
- [21] BRANDO, P. M.; SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, L.; ASSUNÇÃO, A.; MORTON, D.; TUCHSCHNEIDER, D.; FERNANDES, E. C. M.; MACEDO, M. N.; OLIVEIRA, U. et al. The gathering firestorm in southern Amazonia. *Science Advances*, v. 6, n. 2, p. eaay1632, 2020.
- [22] NOLTE, C.; AGRAWAL, A.; SILVIUS, K. M.; SOARES-FILHO, B. S. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 110, n. 13, p. 4956-4961, 2013.
- [23] WANG, Y.; HUANG, P. Potential fire risks in South America under anthropogenic forcing hidden by the Atlantic Multidecadal Oscillation. *Nature Communications*, v. 13, n. 1, p. 2437, 2022.
- [24] CHEN, Y.; MORTON, D. C.; ANDELA, N. A pan-tropical cascade of fire driven by El Niño/Southern Oscillation. *Nature Climate Change*, v. 7, p. 906-911, 2017.
- [25] LELIEVELD, J.; EVANS, J.; FNAIS, M. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, v. 525, p. 367-371, 2015.
- [26] CASCIO, W. E. Wildland fire smoke and human health. *Science of the Total Environment*, v. 624, p. 586-595, 2018.
- [27] JAFFE, D. A.; WIGDER, N. L. Ozone production from wildfires: A critical review. *Atmospheric Environment*, v. 51, p. 1-10, 2012.
- [28] REID, C. E.; BRAUER, M.; JOHNSTON, F. H.; JERRETT, M.; BALMES, J. R.; ELLIOTT, C. T. Critical review of health impacts of wildfire smoke exposure. *Environmental health perspectives*, v. 124, n. 9, p. 1334-1343, 2016.
- [29] McGRATH, S.; MUKHERJEE, R.; RÉQUIA, W. J.; LEE, W. C. Wildfire exposure and academic performance in Brazil: A causal inference approach for spatiotemporal data. *Science of The Total Environment*, v. 905, p. 167625, 2023.
- [30] COBELO, I.; CASTELHANO, F. J.; BORGE, R.; ROIG, H. L.; ADAMS, M.; AMINI, H.; KOUTRAKIS, P.; RÉQUIA, W. J. The impact of wildfires on air pollution and health across land use categories in Brazil over a 16-year period. *Environmental Research*, v. 224, p. 115522, 2023.
- [31] RÉQUIA, W. J.; AMINI, H.; ADAMS, M. D.; SCHWARTZ, J. D. Birth weight following pregnancy wildfire smoke exposure in more than 1.5 million newborns in Brazil: A nationwide case-control study. *Lancet Regional Health: Americas*, v. 11, p. 100229, 2022.
- [32] RÉQUIA, W. J.; PAPTODOROU, S.; KOUTRAKIS, P.; MUKHERJEE, R.; ROIG, H. L. Increased preterm birth following maternal wildfire smoke exposure in Brazil. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 240, p. 113901, 2022.
- [33] RÉQUIA, W. J.; AMINI, H.; MUKHERJEE, R.; GOLD, D. R.; SCHWARTZ, J. D. Health impacts of wildfire-related air pollution in Brazil: a nationwide study of more than 2 million hospital admissions between 2008 and 2018. *Nature Communications*, v. 12, n. 1, p. 6555, 2021.
- [34] RÉQUIA, W. J.; KILL, E.; PAPTODOROU, S.; KOUTRAKIS, P.; SCHWARTZ, J. D. Prenatal exposure to wildfire-related air pollution and birth defects in Brazil. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, v. 32, n. 4, p. 596-603, 2022.
- [35] YE, T.; GUO, Y.; CHEN, G.; YUE, X.; XU, R.; COELHO, M. S. Z. S.; SALDIVA, P. H. N.; ZHAO, Q.; LI, S. Risk and burden of hospital admissions associated with wildfire-related PM2.5 in Brazil, 2000-15: a nationwide time-series study. *The Lancet Planetary Health*, v. 5, n. 9, p. e599-e607, 2021.
- [36] YU, P.; XU, R.; LI, S.; YUE, X.; CHEN, G.; YE, T.; COELHO, M. S. Z. S.; SALDIVA, P. H. N.; SIM, M. R.; ABRAMSON, M. J.; GUO, Y. Exposure to wildfire-related PM2.5 and site-specific cancer mortality in Brazil from 2010 to 2016: A retrospective study. *PLoS Medicine*, v. 19, n. 9, p. e1004103, 2022.
- [37] YE, T.; XU, R.; YUE, X. Short-term exposure to wildfire-related PM2.5 increases mortality risks and burdens in Brazil. *Nature Communications*, v. 13, n. 1, p. 7651, 2022.
- [38] AMAZON ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE (IPAM); INSTITUTE FOR HEALTH POLICY STUDIES (IEPS); HUMAN RIGHTS WATCH. "The Air is Unbearable": Health impacts of deforestation-related fires in the Brazilian Amazon. United States of America: PAM/IEPS/HRW, 2020.
- [39] YE, T. et al. Short-term exposure to wildfire-related PM2.5 increases mortality risks and burdens in Brazil. *Nature Communications*, v. 13, n. 1, p. 7651, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-022-35326-x>>..
- [40] AMAZON ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE (IPAM); INSTITUTE FOR HEALTH POLICY STUDIES (IEPS); HUMAN RIGHTS WATCH. "The Air is Unbearable": Health Impacts of Deforestation-Related Fires in the Brazilian Amazon. 2020. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2020/08/brazil0820_web.pdf>.