III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

RELAÇÃO ENTRE MATERIAL PARTICULADO E INTERNAÇÕES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM ORIXIMINÁ-PARA

Adria Maria Monteiro Rodrigues[1], Efraim Silva Da Luz[2], Aurilene Barros Dos Santos De Andrade[3] Delcivania de Sousa Miranda[4] , Hamon Wallace Da Silva Santos[5], Ana Carla Dos Santos Gomes[6]

Discente do curso de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal do Oeste do Pará, e-mail:montrodr92@gmail.com[1];
Discente do curso de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal do Oeste do Pará, e-mail: efraimd631@gmail.com[2];
Doutora em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Oeste do Pará, e-mail: leneinpa@gmail.com[3];
Discente do curso de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal do Oeste do Pará, e-mail: delcivania2018@gmail.com[4];
Programa de Pós – Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, e-mail: wallacehamon@gmail.com [5] ;
Doutora em Ciências Climáticas, docente do curso de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal do Oeste do Pará, e-mail:ana.gomes@ufopa.edu.br[6]

RESUMO

A poluição atmosférica, especialmente o material particulado fino ($PM_{2,5}$), tem sido associada a diversos impactos negativos na saúde respiratória. Objetivo analisar a relação entre a concentração de $PM_{2,5}$ e as internações por doenças do aparelho respiratório (DAR) no município de Oriximiná–PA. Foram utilizados dados mensais de internações hospitalares de crianças (0–9 anos) e idosos (≥60 anos), obtidos no DATASUS, no período de 2016 a 2024. As concentrações médias mensais de $PM_{2,5}$ foram estimadas a partir de dados de reanálise do *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS). Inicialmente realizou-se análise exploratória das séries temporais, seguida da aplicação de regressão de *Poisson* no contexto dos Modelos Lineares Generalizados para avaliar a associação entre exposição ao poluente e internações. Os resultados indicaram padrão sazonal nas hospitalizações, com picos nos períodos chuvoso e seco. Observou-se associação estatisticamente significativa entre $PM_{2,5}$ e internações por DAR em crianças (RR = 1,0085; IC95%: 1,0008–1,0162; p = 0,0302), indicando aumento de aproximadamente 0,85% no risco de internação a cada incremento de 1 μg/m³ do poluente. Para idosos, não foi identificada associação significativa. Conclui-se que a exposição ao $PM_{2,5}$ pode contribuir para o aumento de internações respiratórias em crianças, destacando a importância do monitoramento da qualidade do ar e de políticas de controle de queimadas na região amazônica.

Palavras-chave: material particulado, doenças respiratórias, biometeorologia, Amazônia.

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é um dos principais problemas ambientais, associada a impactos negativos sobre a saúde humana e a qualidade de vida (WHO, 2021). Entre os poluentes, destacam-se O_3, NO_2, SO_2, CO e o material particulado (MP), sendo este último especialmente relevante devido à sua forte associação com agravos respiratórios, mesmo em baixas concentrações (WHO, 2021; URRUTIA-PEREIRA et al., 2021). O MP é classificado conforme o diâmetro aerodinâmico, destacando-se o MP_{10} (≤10 μm) e o $MP_{2,5}$ (≤2,5 μm), este capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório e atingir os alvéolos pulmonares (WHO, 2021).

Evidências epidemiológicas indicam associação entre a exposição ao $MP_{2,5}$ e o aumento de internações por doenças respiratórias, como asma, bronquite crônica, pneumonia e doença pulmonar obstrutiva crônica, especialmente em grupos vulneráveis, como crianças e idosos (ABED et al., 2024; COUTO et al., 2024; REQUIA et al., 2025). Na Amazônia, queimadas e a queima de biomassa intensificam a concentração de partículas finas, ampliando os riscos à saúde (REQUIA et al., 2021; GONÇALVES et al., 2023).

No município de Oriximiná, fatores regionais, como queimadas sazonais e práticas de manejo da terra, contribuem para o aumento das concentrações de $MP_{2,5}$ (REQUIA et al., 2021), reforçando a relevância de investigar seus efeitos sobre a saúde da população. Apesar disso, ainda são escassos estudos que abordem diretamente a relação entre $MP_{2,5}$ e internações respiratórias em municípios amazônicos

2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo analisar a relação entre material particulado e internações por doenças respiratórias em Oriximiná–PA, contribuindo para o entendimento dos efeitos da poluição atmosférica na saúde pública local.

2. MÉTODO

O município de Oriximiná, localizado no oeste do estado do Pará (1º45'56" S; 55º51'58" W), possui área aproximada de 107.560,161 km² e população estimada em 72.889 habitantes (IBGE, 2025). O clima é equatorial úmido, caracterizado por altas temperaturas e elevada umidade ao longo do ano, com sazonalidade bem definida da precipitação: período chuvoso de dezembro a maio e período seco de junho a novembro, influenciado pela atuação da Zona de Convergência Intertropical DE SOUZA et al., (2016). Os dados de morbidade foram obtidos no Sistema de Informações Hospitalares do SUS (DATASUS), considerando séries mensais de internações por doenças do aparelho respiratório (CID-10: J00–J99) em crianças (0–9 anos) e idosos (≥60 anos), residentes em Oriximiná, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2024. As concentrações de material particulado fino ($PM_{2,5}$) foram obtidas do *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS), a partir de produtos de reanálise atmosférica, utilizado como alternativa em regiões sem monitoramento contínuo da qualidade do ar. Inicialmente, realizou-se análise exploratória das séries temporais de poluentes e internações por meio de gráficos temporais e boxplots mensais, visando identificar padrões sazonais. A associação entre exposição ao $PM_{2.5}$ e internações foi avaliada por de regressão de *Poisson*, no contexto dos modelos lineares generalizados, abordagem recomendada para variáveis dependentes de contagem Nelder & Wedderburn (1972). Ajustadas separadamente para cada grupo etário, considerando como variável explicativa a concentração média mensal de $PM_{2,5}$. O modelo geral pode ser representado por:

$$\log(E(Yt)) = \beta 0 + \beta 1 PM2.5, t + \epsilon t \quad \text{(Equação1)}$$

em que Y_t representa o número mensal de internações e $PM_{2.5,t}$ corresponde a concentração média mensal de $PM_{2,5}$; β_0 representa o intercepto β_1 expressa a magnitude da associação entre exposição e desfecho; ϵ_t representa o termo de erro . Os coeficientes estimados foram exponenciados para obtenção do Risco Relativo (RR) e respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%). A significância estatística foi adotada ao nível de 5% ($p < 0,05$). A qualidade do ajuste foi avaliada por meio da razão Deviance/Graus de Liberdade.

Por se tratar de dados secundários, agregados e de domínio público, sem identificação individual, o estudo não requer apreciação por comitê de ética.

4. RESULTADOS

A Figura 1A apresenta o padrão temporal das internações por (DAR) em Oriximiná no período de 2016 a 2024. Observa-se que o ano de 2017 concentrou os maiores picos de hospitalização, com 230 casos entre crianças e 150 entre idosos, configurando o período de maior carga assistencial da série histórica. Outros anos, como 2016, 2018, 2022 e 2023, também apresentaram valores elevados, embora inferiores ao observado em 2017. O aumento expressivo registrado em 2017 pode estar associado a condições ambientais adversas, particularmente à intensificação de queimadas na Amazônia naquele período. Estudos em escala nacional, como de REQUIA et al. (2021), que analisaram mais de 2 milhões de internações no Brasil entre 2008 e 2018, demonstraram que episódios de elevada concentração de poluentes atmosféricos estão significativamente relacionados ao aumento de hospitalizações por doenças respiratórias na Região Norte, com incrementos que podem atingir até 38%. Por outro lado, observa-se uma redução nas internações em 2020, período que coincide com as medidas de distanciamento social implementadas durante a pandemia de COVID-19. Conforme descrito por GONÇALVES et al. (2023), a redução da mobilidade populacional e da circulação de patógenos respiratórios, associada à diminuição temporária de atividades emissoras de poluentes, resultou em queda nas hospitalizações por outras causas respiratórias na região amazônica.

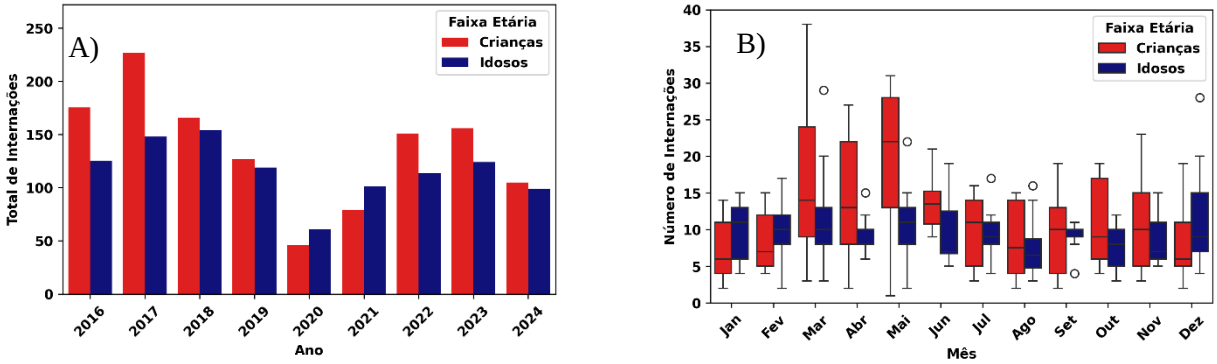


Figura 1 – Dados de internações por DAR em Oriximiná: (A) anual; (B) Boxplot mensal (Autores,2026)

A Figura 1B, evidencia que a distribuição mensal das internações apresenta padrões sazonais distintos entre crianças e idosos. Observa-se uma sazonalidade bem definida, com picos mais acentuados nos meses de

março, abril e maio, período que coincide com a estação chuvosa, e também entre agosto e novembro, durante a estação seca. Essas variações podem estar associadas às condições meteorológicas características de cada período. Na estação chuvosa, fatores como aumento da umidade relativa do ar e variações de temperatura podem favorecer a ocorrência e agravamento de doenças respiratórias. Já no período seco, a redução da precipitação e da umidade, aliada ao aumento da concentração de poluentes atmosféricos, especialmente o material particulado fino ($PM_{2,5}$), contribui para a piora da qualidade do ar. Esse poluente possui alta capacidade de penetração nas vias aéreas pulmonares, podendo causar inflamação e comprometimento da função respiratória, conforme destacado pela WHO (2021). Resultados semelhantes foram observados por SANTOS e ALEIXO (2023), que identificaram aumento sazonal dos atendimentos hospitalares por pneumonia em ambas as faixas etárias na cidade de Manaus. De forma semelhante, SANTOS et al., (2025) também documentaram, em estudo realizado em Marabá (PA), o aumento das internações hospitalares entre crianças e idosos associado às variáveis meteorológicas.

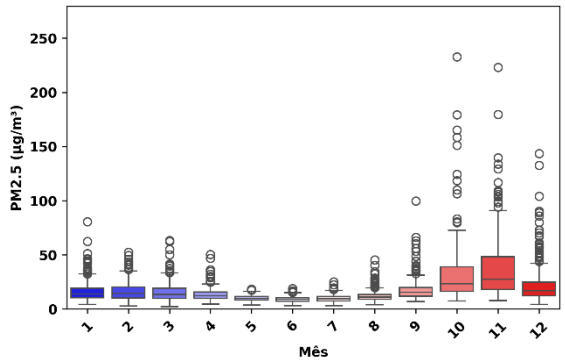


Figura 2- Concentração $PM_{2,5}$ em Oriximiná (Autores, 2026)

A Figura 2, mostra análise mensal do $PM_{2,5}$ demonstra claramente um padrão sazonal característico da região amazônica, com concentrações significativamente elevadas nos meses de setembro, outubro e novembro, correspondendo ao período de seca e maior incidência de queimadas. Os valores atingem picos superiores a 200 µg/m³ em outubro, ultrapassando em muito o limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde (25 µg/m³ para média de 24h). Os achados também se conectam com pesquisas que analisam a distribuição espacial e temporal de doenças respiratórias na Amazônia Legal.COUTO et al. (2024) identificaram áreas de alta ocorrência de internações e mortalidade por doenças respiratórias em municípios com elevada pressão de uso do solo e emissões de poluentes, reforçando a necessidade de ações integradas entre saúde e meio ambiente. REQUIA et al. (2025) complementam ao mostrar que a combinação de $PM_{2,5}$ e outros poluentes como o ozônio pode modificar os efeitos da temperatura sobre as internações cardiorrespiratórias no Brasil, indicando que estudos futuros devem considerar múltiplos fatores ambientais. Por sua vez, ABED et al. (2024) em um estudo de coorte prospectivo de 16 anos na Escócia, evidenciaram que a exposição crônica a poluentes como o $PM_{2,5}$ aumenta a taxa de internações por doenças respiratórias em 4% por cada incremento de 1 µg/m³, reforçando a consistência dos achados globais sobre os impactos da poluição atmosférica na saúde.

Observe-se na Tabela 1 que para a faixa etária de crianças, observou-se uma associação estatisticamente significativa entre as concentrações de $PM_{2,5}$ e as internações por DAR (p=0,0302). O Risco Relativo (RR) de 1,0085 (IC 95%: 1,0008-1,0162) indica que para cada incremento de 1 µg/m³ na concentração de $PM_{2,5}$, há um aumento de aproximadamente 0,85% no risco de internação por doenças respiratórias em crianças. Este achado está alinhado com a literatura que aponta o $PM_{2,5}$ como um dos principais agentes de impacto sobre a saúde respiratória, a WHO (2021) destaca que mesmo concentrações abaixo dos limites recomendados (25 µg/m³ para média diária) podem gerar efeitos adversos em grupos vulneráveis, o que é corroborado pelos nossos dados, uma vez que picos de $PM_{2,5}$ superiores a 200 µg/m³ foram registrados em outubro valor 8 vezes maior que o limite estabelecido. Urrutia-Pereira et al. (2021) também reforçam essa perspectiva, ao demonstrar que a exposição à fumaça de queima de biomassa na Amazônia está diretamente ligada a agravos respiratórios, mesmo em níveis considerados “baixos” para populações não acostumadas à poluição. Para idosos, não foi observada associação significativa entre $PM_{2,5}$ e DAR, o que diverge parcialmente de SANTOS e ALEIXO (2023), que encontraram associações fracas nesse grupo em Manaus. ZADINELLO et al. (2021), citando Torres (2019), afirmam que a exposição ao $PM_{2,5}$ e a fumaça de queimadas estão mais fortemente associadas a internações por doenças cardiovasculares em idosos (infartos, AVCs), o que pode mascarar a associação com doenças respiratórias nos registros hospitalares.

Variável Dependente	Parâmetro	Coeficiente	Erro Padrão	P-valor	RR	IC
Criança	Intercept	2.3275	0.0656	0.0	10.2528	[9.0162, 11.659]
	$PM_{2,5}$	0.0084	0.0039	0.0302	1.0085	[1.0008 ,1.0162]
Idoso	Intercept	2.2599	0.0726	0.0	9.5826	[8.3121, 11.0472]
	$PM_{2,5}$	0.0019	0.0044	0.6644	1.0019	[0.9933, 1.0107]

Tabela 1- Resultados da regressão de Poisson para a associação entre $PM_{2,5}$ e internações por doenças do aparelho respiratório em Oriximiná–PA.

5. CONCLUSÕES

Em resposta ao objetivo proposto, os resultados indicam que a exposição ao $PM_{2,5}$ está associada ao aumento do risco de internações por doenças do aparelho respiratório em crianças no município de Oriximiná-PA. A ausência de associação estatisticamente significativa entre idosos sugere que outros fatores, como comorbidades e diferentes respostas fisiológicas à exposição aos poluentes atmosféricos, podem influenciar esse desfecho. Os achados reforçam a importância do monitoramento da qualidade do ar e do controle de queimadas na região amazônica, especialmente para proteção de grupos populacionais vulneráveis.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABED, M. A. et al. Long-term exposure to ambient air pollution and hospital admission burden in Scotland: 16-year prospective population cohort study. **BMJ Open**, London, v. 14, n. 12, p. e084032, 2024.

CAMPOS DOS SANTOS, L. K.; ALEIXO, N. C. R. Condicionantes climáticos e vulnerabilidade social na morbidade por pneumonia em Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 34, p. 83–100, 2024.

COUTO, L. O.; JACOBSON, L. S. V.; PÉRISSE, A. R. S.; HACON, S. S. Identifying high occurrence areas of hospitalization and mortality from respiratory diseases in the Brazilian Legal Amazon: a space-time analysis. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 11, p. e00148023, 2024. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-311XEN148023.

DE SOUZA, Everaldo Barreiros; CARMO, Alexandre Melo Casseb; MORAES, Bergson Cavalcanti de; NACIF, Adelaide; FERREIRA, Douglas Batista da Silva; ROCHA, Edson José Paulino da; SOUZA, Paulo Jorge de Oliveira Ponte. SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO SOBRE A AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA: CLIMA ATUAL E PROJEÇÕES FUTURAS USANDO O MODELO REGCM4. **Revista Brasileira de Climatologia**, *[S. l.]*, v. 18, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v18i0.43711.

GONÇALVES, K. S. et al. The potential impact of PM2.5 on the COVID-19 crisis in the Brazilian Amazon region. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 57, p. 67, 2023. DOI: https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057005134.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2025). **Oriximiná (PA) | Cidades e Estados | IBGE**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/oriximina.html>.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized Linear Models**. 2. ed. London: Chapman and Hall, 1989.

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. **Nature Communications**, London, v. 12, n. 1, p. 6555, 2021.

REQUIA, W. J.; AMINI, H.; NASCIMENTO, H. Modifying effects of PM2.5 and O3 on heat-related cardiorespiratory hospitalizations in Brazil. **Scientific Reports**, London, v. 15, n. 1, 2025.

SANTOS, L. K. C.; ALEIXO, N. C. R. Análise entre os condicionantes climáticos e as hospitalizações por pneumonia em Manaus-AM. **Revista Geonorte**, Manaus, 2023.

URRUTIA-PEREIRA, M. et al. Impact of exposure to smoke from biomass burning in the Amazon rain forest on human health. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, p. e20210219, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide**. Geneva: WHO, 2021.

ZADINELLO, A. L. et al. Práticas de promoção de saúde como agente contra a poluição atmosférica: uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 17820–17831, 2021. DOI: https://doi.org/10.34119/bjhrv4n4-261.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFOPA pelo auxílio financeiro durante a realização dessa pesquisa.