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

ESTAÇÕES DO ANO E PULMÕES: UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NAS CAPITAIS BRASILEIRAS (2008–2024).

Priscilla Ikefuti (1); Pedro Murara (2) Natacha Aleixo (3)
(1) Doutora em Geografia, Universidade de São Paulo (USP), pvikefuti@usp.br
(2) Doutor em Geografia, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), pedro.murara@uffs.com.br
(3) Doutora em Geografia, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), natachaaleixo@ufam.edu.br

RESUMO
O objetivo da pesquisa foi analisar a relação entre a sazonalidade climática, especialmente da temperatura do ar e as internações por doenças respiratórias nas capitais brasileiras entre 2008 e 2024. Foram utilizados dados de hospitalização padronizados por 100.000 habitantes e informações climatológicas do INMET. As análises estatísticas incluíram Modelos Lineares Mistos e Generalizados, permitindo estimar o efeito da temperatura média e calcular riscos relativos por estação do ano. Os resultados evidenciaram que a diversidade climática brasileira se reflete nos padrões de sazonalidade. Nas capitais do Norte, a baixa amplitude térmica e a influência das chuvas foram determinantes, enquanto nas regiões Sul e Sudeste, o inverno apresentou os maiores índices de hospitalização, seguido pelo outono. Nessas regiões, temperaturas mais baixas e maior permanência em ambientes fechados intensificaram a transmissão viral. Nas regiões Norte e Nordeste, os picos ocorreram na transição entre estações chuvosa e seca, favorecendo tanto infecções virais quanto o crescimento de fungos em ambientes internos. O estudo demonstrou associação negativa significativa entre temperatura média e hospitalizações: cada aumento de 1 °C reduziu em média 62 internações por 100.000 habitantes. Conclui-se que políticas públicas devem considerar os padrões sazonais regionais para otimizar estratégias de prevenção, vacinação e alocação de recursos, reforçando a importância de integrar clima e saúde respiratória no planejamento nacional.
Palavras-chave: biometeorologia humana, sazonalidade, doenças respiratórias, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

As condições climáticas afetam a saúde humana de maneira direta e indireta, modulando a ocorrência e agravamento de diferentes grupos de doenças, como por exemplo, as doenças infecciosas, cardiovasculares e as respiratórias. Ikefuti (2016) reforça a importância de considerar as condições meteorológicas e climáticas na análise do processo saúde-doença nos seres humanos, mostrando que extremos de temperatura, tanto frio quanto calor, podem agravar doenças.

As doenças respiratórias representam um grande desafio para a saúde pública no Brasil, contribuindo substancialmente para as internações hospitalares e para o aumento da demanda por serviços de saúde especializados. A incidência dessas doenças está intimamente ligada a fatores ambientais, particularmente às condições climáticas, que afetam diretamente a qualidade do ar e facilitam a circulação de vírus e bactérias (Gasparrini et al., 2015).

A literatura científica documentou padrões sazonais nas hospitalizações por doenças respiratórias, com aumentos significativos durante os meses mais frios em regiões temperadas e subtropicais (Achebak et al., 2023; Chrigton, 2004). Em contextos tropicais, observa-se um padrão sazonal mais complexo, o que destaca a necessidade de uma compreensão mais profunda da dinâmica climática e dos padrões de exposição da população em relação ao processo saúde-doença respiratória (Laden et al, 2018).

O tempo e o clima exercem influência sobre múltiplos processos relacionados à saúde humana, impactando diretamente a circulação viral, a vulnerabilidade fisiológica e as condições ambientais, tanto internas quanto externas. Esses efeitos não se manifestam de maneira uniforme, mas atingem a sociedade de forma diferenciada, revelando desigualdades e especificidades regionais (Murara e Aleixo, 2021). Considerando a diversidade climática do território brasileiro e seus marcantes contrastes latitudinais, é relevante analisar como os padrões sazonais variam geograficamente entre as diferentes regiões e como essas variações afetam as internações hospitalares por doenças respiratórias.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi investigar a relação entre a sazonalidade climática, particularmente a temperatura do ar e as internações hospitalares por doenças respiratórias nas capitais dos estados brasileiros, de 2008 a 2024.

3. MÉTODO

Os dados de hospitalização por doenças respiratórias do período de 2008-2024, foram coletados do banco de dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Os dados foram organizados mensalmente e anualmente e padronizados em taxas por 100.000 habitantes (número de internações X total da população/100.000habitantes) para realização da análise comparative entre as capitais brasileiras. Os dados populacionais foram coletados nas estimativas populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Censo de 2022 (IBGE, 2022).

Os dados dos elementos meteorológicos, incluindo a temperatura média do ar e a precipitação pluvial, foram obtidos a partir de normais climatológicas (1991–2020) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para as capitais que não dispõem de dados da última normal climatológica (Porto Velho, Campo Grande e Rio de Janeiro), foram utilizados dados das normais climatológicas anteriores Posteriormente, foram tratados com técnicas estatísticas descritivas: média, valor máximo e mínimo.

Para análise da sazonalidade das internações respiratórias utilizou-se Modelos Lineares Mistos (LMM) para estimar o efeito da temperatura média do ar sobre as taxas de hospitalização, controlando as diferenças estruturais entre as capitais, Também foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLM) para calcular o risco relativo por estação do ano, considerando o verão como período de referência.

4. RESULTADOS

A diversidade climática do Brasil se reflete fortemente nos padrões de sazonalidade observados. As capitais da região equatorial (Norte) apresentaram baixa amplitude térmica ao longo do ano e maior influência da sazonalidade da precipitação pluvial. Em contraste, as capitais brasileiras com tipos climáticos (NOVAIS, 2023) tropical, tropical de altitude e subtropical exibem maior variabilidade térmica, com quedas acentuadas de temperatura durante o inverno.

Nessas regiões, as baixas temperaturas e a umidade relativa reduzida intensificaram a incidência de infecções respiratórias, um padrão amplamente documentado na literatura nacional e internacional.

Os resultados indicam que, nas regiões Sul e Sudeste, o inverno registrou as maiores taxas de hospitalização, seguido pelo outono. Nessas áreas, as temperaturas mais baixas, a maior estabilidade atmosférica e o tempo prolongado em ambientes fechados favorecem a transmissão viral e o agravamento de doenças respiratórias crônicas. Por outro lado, nas capitais do Norte e Nordeste, os picos ocorreram durante a transição entre as estações chuvosa e seca — particularmente em abril e maio — quando a precipitação diminui, a amplitude térmica diária aumenta e a umidade permanece elevada. Essas condições favorecem tanto infecções virais quanto o crescimento de mofo e fungos em ambientes internos.

O Modelo Linear Misto revelou uma associação negativa estatisticamente significativa entre a temperatura média mensal e as hospitalizações por problemas respiratórios: cada aumento de 1 °C na temperatura foi associado a uma redução média de aproximadamente 62 hospitalizações por 100.000 habitantes, após o controle das diferenças estruturais entre as capitais. O elevado desvio padrão do intercepto aleatório indica uma heterogeneidade espacial substancial, sugerindo que fatores socioambientais e demográficos também modulam a vulnerabilidade da população à variação térmica.

O modelo de risco relativo mostrou que o outono apresentou um risco de hospitalização 42% maior em comparação com o verão; o inverno, 35% maior; e a primavera, 16% maior (Figura 1). Esses achados reforçam o papel crucial da sazonalidade climática na intensificação de doenças respiratórias, especialmente em climas tropicais de altitude e subtropicais, onde as transições sazonais e as quedas de temperatura são mais acentuadas.

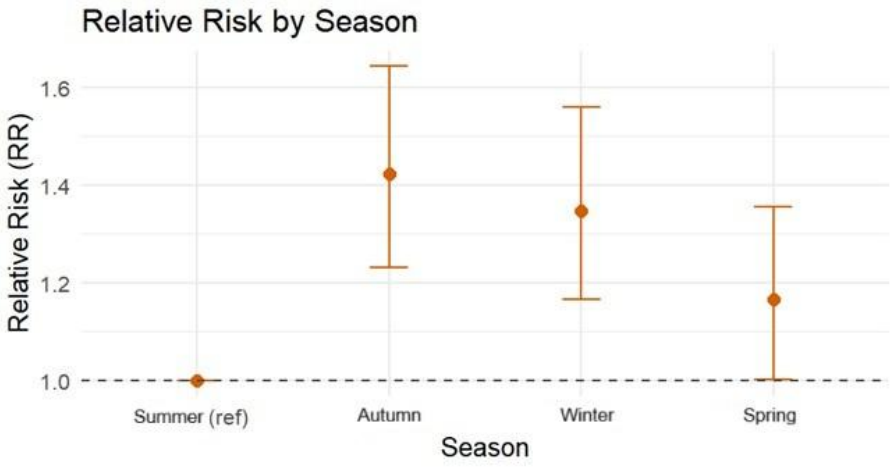


Figura 1. Risco relativo de hospitalização por doenças respiratórias nas capitais brasileiras entre 2008 e 2024. Organizado por: Autores (2025).

5. CONCLUSÕES

Os resultados evidenciaram que a sazonalidade climática exerce influência significativa sobre as internações por doenças respiratórias nas capitais brasileiras, embora essa relação apresente importante variabilidade regional. A associação negativa entre temperatura média do ar e hospitalizações confirma que períodos mais frios estão relacionados ao aumento da vulnerabilidade respiratória da população, resultado amplamente descrito na literatura epidemiológica e biometeorológica internacional (Gasparrini et al., 2015; Achebak et al., 2023).

A redução da temperatura atua sobre diferentes mecanismos fisiológicos e ambientais capazes de favorecer o agravamento de doenças respiratórias. Temperaturas mais baixas contribuem para alterações na resposta imunológica, aumento da inflamação das vias aéreas e maior sobrevivência de vírus respiratórios no ambiente (Eccles, 2002). Além disso, o frio favorece maior permanência em ambientes fechados, reduzindo a ventilação e aumentando a transmissão de agentes infecciosos, especialmente influenza, vírus sincicial respiratório e rinovírus (Lowen et al., 2007).

Os resultados observados nas regiões Sul e Sudeste reforçam esse padrão clássico de sazonalidade de inverno, semelhante ao registrado em regiões subtropicais e temperadas. Nessas áreas, o inverno apresentou os maiores riscos relativos de hospitalização, resultado associado à combinação entre queda das temperaturas, estabilidade atmosférica e redução da dispersão de poluentes atmosféricos. Estudos conduzidos no Brasil já identificaram aumento das hospitalizações respiratórias durante os meses frios em cidades como São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, especialmente entre crianças e idosos (Gonçalves et al., 2005; Braga et al., 2007).

Entretanto, os resultados demonstram que a sazonalidade respiratória brasileira não pode ser interpretada exclusivamente pela lógica térmica típica de regiões temperadas. Nas capitais do Norte e Nordeste, os maiores picos de hospitalização ocorreram durante períodos de transição entre as estações chuvosa e seca, evidenciando uma dinâmica climática distinta. Em regiões tropicais úmidas, a precipitação, a umidade relativa do ar e a variabilidade intraestacional exercem papel tão importante quanto a temperatura na modulação das doenças respiratórias (Tamerius et al., 2011).

A elevada umidade observada durante a estação chuvosa favorece ambientes propícios à proliferação de fungos, mofos e ácaros em ambientes internos, aumentando a ocorrência de crises asmáticas e infecções respiratórias. Além disso, períodos de transição sazonal frequentemente apresentam maior amplitude térmica diária e instabilidade atmosférica, condições que podem aumentar o estresse fisiológico e favorecer infecções respiratórias, sobretudo em populações socialmente vulneráveis. Esse comportamento já foi observado em cidades amazônicas e equatoriais, onde os padrões respiratórios respondem mais fortemente à sazonalidade das chuvas do que às oscilações absolutas da temperatura do ar.

A magnitude do efeito estimado pelo Modelo Linear Misto também merece destaque. A redução média de aproximadamente 62 hospitalizações por 100.000 habitantes para cada aumento de 1 °C demonstra uma forte sensibilidade das doenças respiratórias à variabilidade térmica. Esse resultado sugere que a temperatura atua como importante modulador populacional da morbidade respiratória em escala nacional,

embora o elevado desvio padrão associado ao intercepto aleatório indique forte heterogeneidade espacial entre as capitais.

Do ponto de vista da saúde pública, os achados possuem elevada relevância prática. A identificação dos períodos sazonais de maior risco pode auxiliar no planejamento de campanhas de vacinação, ampliação da capacidade hospitalar e fortalecimento das estratégias de vigilância epidemiológica. Além disso, considerando os cenários projetados de mudanças climáticas, espera-se alteração nos padrões sazonais de doenças respiratórias, especialmente devido ao aumento da frequência de extremos térmicos, eventos de seca e mudanças no regime de precipitação (IPCC, 2023).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHEBAK, H.; REY, G.; LLOYD, S. J.; QUIJAL-ZAMORANO, M.; MÉNDEZ-TURRUBIATES, R. F.; BALLESTER, J. Drivers of the time-varying heat–cold–mortality association in Spain: a longitudinal observational study. **Environment International**, v. 182, p. 108284, 2023.

BRAGA, A. L. F. et al. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. *Journal of Environmental Medicine*, 2007.

ECCLES, R. An explanation for the seasonality of acute upper respiratory tract viral infections. *Acta Oto-Laryngologica*, 2002.

CRIGHTON, E. J. et al. Influenza and pneumonia hospitalizations in Ontario: a time-series analysis. **Epidemiology and Infection**, v. 132, p. 1167–1174, 2004.

GASPARRINI, A.; GUO, Y.; HASHIZUME, M.; LAVIGNE, E.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J.; TOBIAS, A.; TONG, S.; ROCKLÖV, J.; FORSBERG, B.; LEONE, M.; DE SARIO, M.; BELL, M. L.; GUO, Y. L.; WU, C. M.; KAN, H.; YI, S. M.; COELHO, M. S. Z. S.; SALDIVA, P. H. N.; HONDA, Y.; KIM, H.; ARMSTRONG, B. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. **The Lancet**, v. 386, p. 369–375, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao. Acesso em: 10 maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em: 23 jun. 2025.

IKEFUTI, P. V. **Associação entre variáveis meteorológicas, índice climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (acidente vascular cerebral e embolia pulmonar) no município de São Paulo – SP**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2023.

LADEN, S. F.; HART, J. E.; QIU, H.; WANG, Y.; WONG, C. M.; LEE, R. S.; TIAN, L. Seasonal variation in temperature and emergency hospital admissions for respiratory diseases: a population-based cohort study. **Thorax**, v. 73, p. 951–958, 2018.

MURARA, P. G. S; ALEIXO, N. C. R. (orgs.). **Clima e Saúde no Brasil**. Curitiba: Paco Editorial, 2021.

NOVAIS, Paulo. **Classificação climática: fundamentos e aplicações no Brasil**. São Paulo: Editora Hucitec, 2019.

TAMERIUS, J. et al. Environmental predictors of seasonal influenza epidemics across temperate and tropical climates. PLoS Pathogens, 2011.

WATTS, N. et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change. The Lancet, 2023.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo: 408964/2023-5) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM).