XXXIII Congresso de Iniciação Científica da Unicamp

RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS CLIMÁTICOS E INTERNAÇÕES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM CAMPINAS : UM ESTUDO RETROSPECTIVO

Palavras-Chave: Doenças do Aparelho Respiratório. Efeitos do Clima. Meio Ambiente e Saúde Pública.

Autores(as):

Larissa Marques Suardi, Faculdade de Enfermagem

Prof(ª). Dr(ª). Danielle Satie Kassada (orientadora), Faculdade de enfermagem

INTRODUÇÃO

As Doenças Não Transmissíveis (DNTs) são um importante desafio de saúde pública em todos os países, inclusive em países de baixa e média renda, onde ocorrem mais de três quartos das mortes por DNTs.[1] Dentro da categoria de doenças não transmissíveis existem as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) das quais estima-se que sejam responsáveis por 41 milhões de óbitos (70% de todas as mortes no mundo)[2].As DCNTs, como as cardiovasculares, cânceres, diabetes e doenças respiratórias crônicas, são responsáveis por cerca de 76% das causas de morte no Brasil, o que demonstra ser um fator que afeta diretamente o cenário da saúde da população brasileira[3].

Nesse panorama, aqueles que possuem DCNTs, podem estar expostos a variação de parâmetros climáticos dentro do meio urbano, já que mais de 50% da população mundial vive em cidades, com previsão de aumento para 70% até 2050[4]. Dentro desses aspecto o aumento da urbanização para os próximos anos, traz, de modo inerente, a poluição dos espaços coletivos, o que pode interferir em fatores como variações na temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica dos quais estão associados a vários efeitos negativos na saúde, afetando, principalmente, as doenças respiratórias crônicas[5]. Nas grandes metrópoles, os poluentes atmosféricos são de extrema relevância para acometer prejuízos à saúde do trato respiratório, já que de acordo com Organização Mundial da Saúde, 60% das doenças respiratórias agudas e 50% das doenças respiratórias crônicas estão associadas à exposição a poluentes atmosféricos, sendo essencial compreender melhor a conexão entre as atuais adversidades dos complexos sociais e o agravamento, desenvolvimento, dessas enfermidades[6].

Efetivamente, a análise das correlações entre as condições climáticas e as internações ligadas a doenças respiratórias em grandes centros urbanos como Campinas é de extrema

relevância, considerando os desafios crescentes enfrentados na esfera da saúde pública.A urbanização intensa desses espaços e a escassez de áreas verdes são fatores observados que intensificam os problemas respiratórios[7].Assim, nessas metrópoles, as quais apresentam considerável densidade populacional, e uma gama variada de elementos climáticos sazonais e outros parâmetros, como qualidade do ar, temperatura e umidade, são uma influência direta como também possíveis potencializadores da prevalência e a gravidade das enfermidades respiratórias.

Ademais, evidências internacionais e nacionais — incluindo dados da Região Metropolitana de São Paulo — demonstram que a poluição oriunda do tráfego, das indústrias e de queimadas, combinada à alta densidade urbana e escassez de áreas verdes, está diretamente vinculada ao aumento de internações e mortes por doenças respiratórias em crianças e idosos[8]. Dentro dessa realidade que se encontra a metrópole regional de Campinas, associou-se a variação sazonal entre redução de temperatura e chuvas e poluentes atmosféricos com maior número de internações por doenças respiratórias, especialmente no outono e inverno[9].

Em Campinas, as doenças respiratórias ocupam o segundo lugar em internações hospitalares em 2023, com 11,9% dos casos[10]. O avanço da urbanização e a piora da qualidade do ar tornam essas doenças cada vez mais prevalentes, fator que pode impulsionar variáveis climáticas como temperatura, umidade e pressão atmosférica, além da poluição, exercendo influência direta sobre a saúde respiratória, especialmente em grandes centros urbanos[11]. Compreender essas interações é essencial para fundamentar políticas públicas de saúde, aprimorar a vigilância epidemiológica e mitigar a morbimortalidade relacionada. A análise das relações entre fatores climáticos e saúde humana torna-se, portanto, indispensável para a formulação de estratégias eficazes de monitoramento e prevenção. Essa abordagem está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente no que se refere à meta de reduzir a mortalidade prematura por doenças crônicas não transmissíveis até 2030[1–2].

Assim, este estudo teve por objetivo de analisar a associação entre variáveis ambientais — temperatura média do ar e concentração de material particulado fino ($PM_{2.5}$) e os desfechos de internações e óbitos por doenças do aparelho respiratório (CID-10: J00–J99) em Campinas, São Paulo de 2010 a 2024.

METODOLOGIA

Estudo ecológico, quantitativo e retrospectivo, com análise de séries temporais no período de 2010 a 2024 do município de Campinas, São Paulo. Os dados sobre internações hospitalares e óbitos por doenças do aparelho respiratório foram obtidos dos sistemas SIH/SUS e SIM/DATASUS. As informações ambientais foram coletadas junto ao CEPAGRI/UNICAMP (temperatura média), à base Copernicus Climate Data Store - CAMS Global Reanalysis EAC4 (concentração de $PM_{2.5}$) e ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (umidade relativa média mensal).

Os dados foram organizados em uma base estruturada no Microsoft Excel 2020 e, posteriormente, transferidos para o software R para tratamento e análise. As variáveis ambientais analisadas incluíram temperatura média (°C), concentração de material particulado fino – $PM_{2.5}$ (µg/m³) e umidade relativa do ar média mensal (%). Os desfechos foram expressos como número absoluto mensal de internações e óbitos.

Para a análise estatística, foram utilizados modelos de regressão de Poisson com efeitos distribuídos não lineares ao longo do tempo *(Distributed Lag Non-Linear Models* – DLNM), capazes de capturar efeitos agudos e subagudos com defasagens de até 21 dias. Os

modelos foram ajustados para tendência temporal, sazonalidade e umidade relativa, utilizando *splines* penalizados.

O tratamento e a análise dos dados foram conduzidos no software R, com o uso de pacotes como *dlnm, splines, ggplot2, lubridate e tidyr*. A validação dos modelos foi realizada por meio da inspeção dos resíduos padronizados, análise de autocorrelação (ACF/PACF) e gráficos QQ-plot, que indicaram boa aderência e distribuição aproximadamente normal dos resíduos.

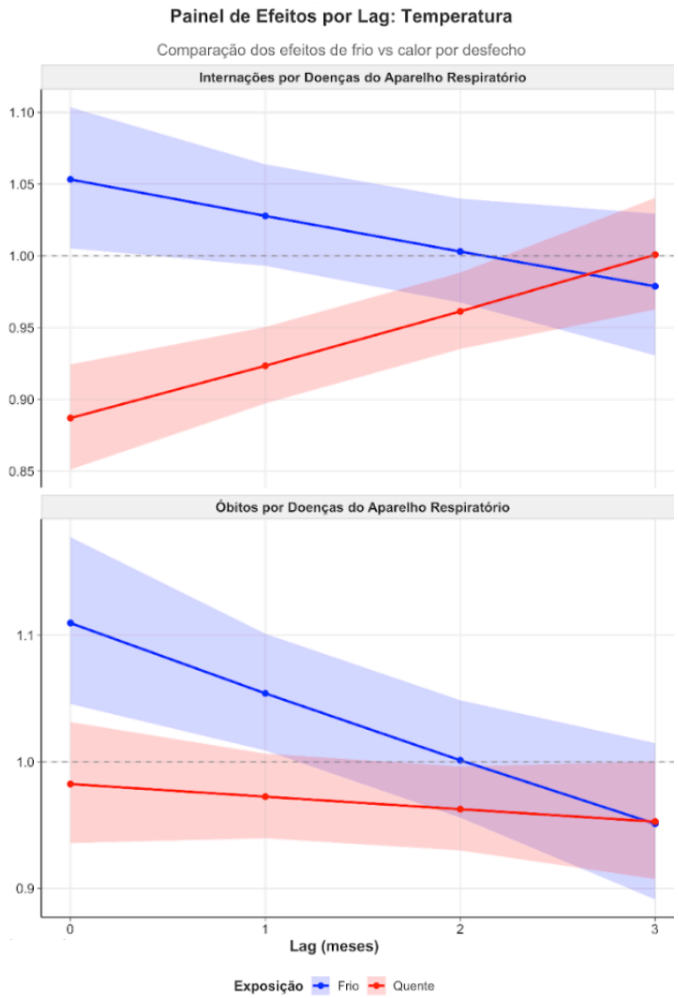
Por se tratar de dados secundários, públicos, anonimizados e de acesso irrestrito, o estudo não demandou submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme estabelece a Resolução CNS nº 510/2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

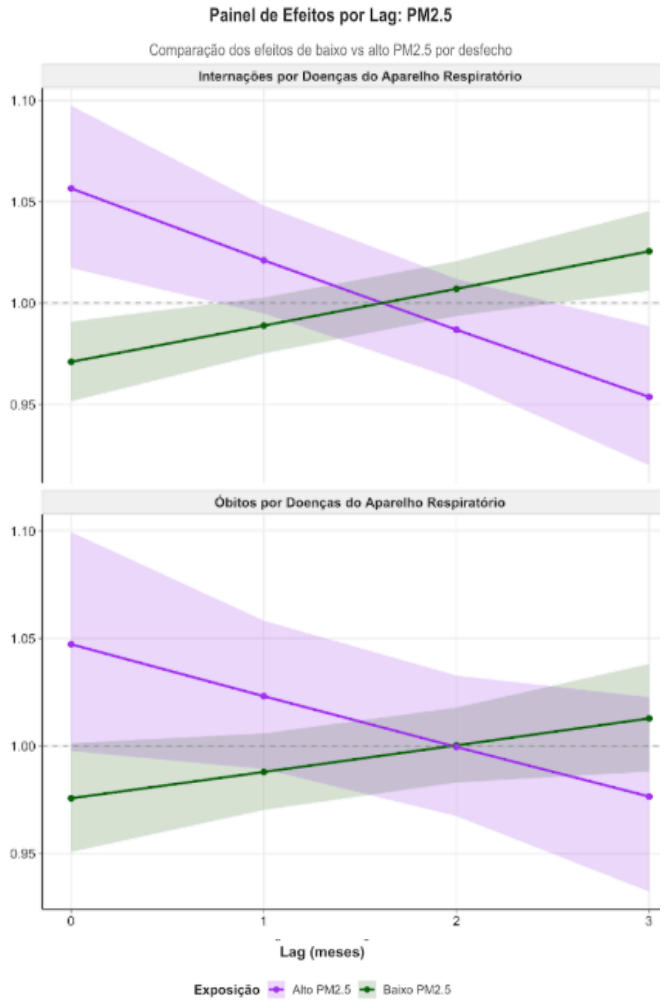
O presente estudo analisou os efeitos da temperatura média do ar e da concentração de material particulado fino ($PM_{2.5}$) sobre a mortalidade e as internações por doenças do aparelho respiratório (CID-10: J00–J99) no município de Campinas, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2024.

Durante esse período, foram registrados 15.287 óbitos e 88.748 internações por doenças respiratórias. As séries temporais mensais revelaram variação sazonal acentuada, com picos nos meses de inverno, evidenciando a influência do clima sobre os desfechos de saúde.

A temperatura média mensal foi de 20,5 °C (±2,5), com risco mínimo de mortalidade observado em torno de 22 °C. A relação entre temperatura e óbitos mostrou-se em formato de "U", com aumento do risco tanto em temperaturas mais baixas quanto em valores extremos superiores. Esse efeito foi mais expressivo em *lags* curtos (até cinco dias) (Figura 1).



À exposição ao $PM_{2.5}$, observou-se relação linear positiva com internações e óbitos por doenças do aparelho respiratório(Figura 2). Os efeitos foram mais intensos nos três (3) primeiros dias após a exposição, com persistência por até sete (7) dias.



Os modelos DLNM ajustados apresentaram boa aderência, com resíduos aproximadamente normais e ausência de autocorrelação significativa, conforme verificado por gráficos de ACF, PACF e QQ-plot.Os gráficos de resíduos padronizados ao longo do tempo e frente aos valores ajustados não apresentaram padrão sistemático, indicando homocedasticidade e ausência de tendência não modelada. O gráfico de probabilidade normal (QQ-plot) confirmou que os resíduos seguem uma distribuição aproximadamente normal, com leve dispersão apenas nos extremos, compatível com o tipo de modelo utilizado.

As funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF) demonstraram ausência de correlações significativas entre os resíduos, com todos os valores dentro dos intervalos de confiança. Isso reforça que os resíduos são independentes no tempo e que não há efeitos não capturados pelo modelo.

Os resultados, assim, confirmam que variações extremas de temperatura aumentam a mortalidade por doenças respiratórias, especialmente em dias frios e quentes, com maior impacto imediato[5–6]. A sazonalidade observada no inverno indica influência de fatores como vírus respiratórios e poluição, ressaltando a necessidade de estratégias preventivas e sistemas de alerta[6].

A poluição do ar, especialmente o $PM_{2.5}$, mostrou forte associação com internações e mortes respiratórias, com efeitos que duram até sete dias[7–8]. Esses achados reforçam a importância de políticas públicas para controle da poluição e mostram a utilidade de modelos

estatísticos avançados para orientar a vigilância em saúde ambiental[9].Os modelos ajustados demonstraram boa aderência estatística, assegurando a confiabilidade dos resultados, o que valida a associação entre variáveis ambientais e desfechos respiratórios observadas no estudo.

Diante disso, conclui-se que as condições ambientais analisadas têm efeitos importantes e mensuráveis sobre a saúde respiratória da população urbana, especialmente durante períodos de baixa temperatura e alta concentração de poluentes. Desse modo, tais evidências reforçam a importância do monitoramento ambiental contínuo e da vigilância epidemiológica sazonal em conjunto com políticas públicas intersetoriais no controle da poluição atmosférica para mitigação dos impactos sobre a saúde respiratória da população urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organização Mundial da Saúde (OMS). Noncommunicable diseases. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/noncommunicable-diseases#tab=tab_1. Acesso em: [18 de Abril 2023].
2. World Health Organization. Noncommunicable Diseases Progress Monitor 2020. Genebra: World Health Organization. 2020.
3. Malta DC, Gomes CS, Veloso GA, Teixeira RA, Felisbino Mendes MS, Brant LCC, et al. Noncommunicable disease burden in Brazil and its states from 1990 to 2021, with projections for 2030. Public Health [Internet]. 2024;236:422–9. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.puhe.2024.09.006
4. World Health Organization. Urban health. Disponível em:https://www.who.int/westernpacific/health-topics/urban-health. Acesso em: [18 April 2023.]
5. Liu J, Varghese BM, Hansen A, Zhang Y, Driscoll T, Morgan G, et al. Heat exposure and cardiovascular health outcomes: a systematic review and meta-analysis. Lancet Planet Health [Internet]. 2022;6(6):e484–95. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196(22)00117-6
6. Mudanças Climáticas e Saúde: um perfil do Brasil. Organização Pan-Americana da Saúde:Série Saúde Ambiental. 2009;3.
7. Yang L, Yang Z, Zhao Z, Norbäck D, Cai YS, Zhang X. Exposure to greenness, air pollution and respiratory health among pre-school children in northern China. Atmos Environ (1994) [Internet]. 2023;298(119608):119608. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119608
8. Santana JCC, Miranda AC, Yamamura CLK, Silva Filho SC da, Tambourgi EB, Lee Ho L, et al. Effects of air pollution on human health and costs: Current situation in São Paulo, Brazil. Sustainability [Internet]. 2020;12(12):4875. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/su12124875
9. Tadano Y de S, Bacalhau ET, Casacio L, Puchta E, Pereira TS, Antonini Alves T, et al. Unorganized machines to estimate the number of hospital admissions due to respiratory diseases caused by PM10 concentration. Atmosphere (Basel) [Internet]. 2021;12(10):1345. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/atmos12101345
10. DATASUS. Morbidade Hospitalar do SUS (SIH/SUS).Disponível em:https://datasus.saude.gov.br/acesso-a-informacao/morbidade-hospitalar-do-sus-sih-sus/Acesso em: 19 abr. 2023.
11. Jurgilevich A, Käyhkö J, Räsänen A, Pörsti S, Lagström H, Käyhkö J, et al. Factors influencing vulnerability to climate change-related health impacts in cities - A conceptual framework. Environ Int [Internet]. 2023;173(107837):107837. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2023.107837.