Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

doi.org/10.51891/rease.v12i11.32874

ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR ASMA EM CASCAVEL (PR): ESTUDO ECOLÓGICO DE SÉRIE TEMPORAL

ASSOCIATION BETWEEN CLIMATIC VARIABLES AND HOSPITAL ADMISSIONS FOR ASTHMA IN CASCAVEL, PARANÁ, BRAZIL: AN ECOLOGICAL TIME-SERIES STUDY

ASOCIACIÓN ENTRE VARIABLES CLIMÁTICAS E INTERNACIONES HOSPITALARIAS POR ASMA EN CASCAVEL, PARANÁ, BRASIL: ESTUDIO ECOLÓGICO DE SERIES TEMPORALES

Maria Alice Ferreira Canonico[1]
Laila Kawane Azevedo de Aguiar[2]
Rafaela Ribeiro Gomes[3]
Lucas Alberto Fumagalli Coelho[4]
Maria Izabel Pereira[5]
Marcelo Taglietti[6]

RESUMO: Este estudo ecológico de série temporal analisou as internações hospitalares por asma e sua relação com variáveis climáticas em Cascavel (PR), de 2016 a 2025. Dos 120 meses do período, 104 tinham contagens disponíveis no SIH/SUS, totalizando 513 internações registradas; 16 meses sem lançamento foram tratados como dados ausentes, e não como zero. Foram realizadas análises descritivas, comparação sazonal exploratória, correlações de Spearman e modelos binomiais negativos NB2 com ajuste temporal. Entre os meses com dados, a média foi de 4,93 internações (DP=3,39). O outono apresentou o maior número registrado, mas a comparação entre estações não foi significativa (H=5,30; p=0,151). A correlação contemporânea entre precipitação e internações foi fraca (ρ=0,026; p=0,796). Nos modelos ajustados, as associações climáticas não foram estatisticamente significativas após o ajuste de Benjamini–Hochberg; para precipitação, a IRR por 100 mm foi 1,026 (IC95% 0,897–1,175; p=0,705) na análise contemporânea e 0,897 (IC95% 0,800–1,005; p=0,062) na defasada. A ausência de lançamento em 16 meses, concentrada sobretudo em 2020–2021, limita a interpretação temporal. Os resultados não confirmam associação climática independente nesta série e devem ser interpretados como exploratórios.

Palavras-chave: Asma. Hospitalização. Clima. Estações do Ano. Estudos de Séries Temporais.

[1] Graduanda do curso de Medicina. Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz.
[2] Graduanda do curso de Medicina. Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz.
[3] Graduanda do curso de Medicina. Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz.
[4] Meteorologista. Doutor em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).
[5] Mestre em Bioquímica pela UFPR. Formada pela PUC-PR. Docente do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz. Professora orientadora. Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz.
[6] Fisioterapeuta. Pós-doutor em Ensino. Docente do Departamento de Fisioterapia da UNICENTRO.

ABSTRACT: This ecological time-series study examined asthma hospital admissions and their association with climatic variables in Cascavel, Paraná, Brazil, from 2016 to 2025. Of the 120 calendar months, 104 had SIH/SUS counts available, totaling 513 recorded admissions; 16 months without entries were treated as missing, not as zero. Descriptive analyses, exploratory seasonal comparisons, Spearman correlations, and temporally adjusted NB2 negative binomial models were performed. Among months with available counts, the mean was 4.93 admissions (SD=3.39). Autumn had the largest recorded total, but the seasonal comparison was not significant (H=5.30; p=0.151). The contemporaneous correlation between precipitation and admissions was weak (ρ=0.026; p=0.796). No adjusted climate association was statistically significant after Benjamini–Hochberg correction; for precipitation, the IRR per 100 mm was 1.026 (95% CI 0.897–1.175; p=0.705) contemporaneously and 0.897 (95% CI 0.800–1.005; p=0.062) at a one-month lag. Missing SIH entries in 16 months, concentrated mainly in 2020–2021, limit temporal interpretation. This series did not confirm an independent climate association; findings are exploratory.

Keywords: Asthma. Hospitalization. Climate. Seasons. Time Series Studies.

RESUMEN: Este estudio ecológico de series temporales analizó las hospitalizaciones por asma y su relación con variables climáticas en Cascavel (Paraná, Brasil), de 2016 a 2025. De los 120 meses del periodo, 104 tenían recuentos disponibles en el SIH/SUS, con un total de 513 hospitalizaciones registradas; los 16 meses sin carga de datos se trataron como datos ausentes, no como cero. Se realizaron análisis descriptivos, comparación estacional exploratoria, correlaciones de Spearman y modelos binomiales negativos NB2 con ajuste temporal. En los meses con datos, la media fue de 4,93 hospitalizaciones (DE=3,39). El otoño presentó el mayor total registrado, pero la comparación estacional no fue significativa (H=5,30; p=0,151). La correlación contemporánea entre precipitación y hospitalizaciones fue débil (ρ=0,026; p=0,796). Ninguna asociación climática ajustada fue estadísticamente significativa tras la corrección de Benjamini–Hochberg; para la precipitación, la IRR por 100 mm fue 1,026 (IC95% 0,897–1,175; p=0,705) en el análisis contemporáneo y 0,897 (IC95% 0,800–1,005; p=0,062) con un mes de desfase. La falta de registros SIH en 16 meses, concentrada principalmente en 2020–2021, limita la interpretación temporal. Esta serie no confirmó una asociación climática independiente; los resultados son exploratorios.

Palabras clave: Asma. Hospitalización. Clima. Estaciones del Año. Estudios de Series Temporales.

1 INTRODUÇÃO

A asma é uma doença inflamatória crônica das vias aéreas, caracterizada pela limitação reversível do fluxo aéreo e pela hiperresponsividade das vias respiratórias. O curso clínico da doença envolve episódios recorrentes de dispneia, tosse, sibilância e sensação de aperto no peito, acompanhados de limitação variável do fluxo expiratório, desencadeados por estímulos ambientais e fisiológicos diversos (GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA, 2026). A causa exata da asma ainda não é bem estabelecida, mas fatores genéticos e ambientais são as causas que mais se destacam no desenvolvimento da doença (MEIRA et al., 2021). É uma doença crônica de elevada relevância epidemiológica, que afeta crianças e adultos e pode levar à procura por serviços de urgência e à hospitalização (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2026).

No Brasil, a asma representa uma das principais causas de internação por doenças respiratórias, com influência expressiva nos gastos do Sistema Único de Saúde (SUS) e na

qualidade de vida da população, totalizando 2.818.911 internações entre 2000 e 2015 e gerando custos de US $48,41 mi apenas em despesas hospitalares (WU et al., 2021).

Além de fatores genéticos e ambientais, evidências científicas apontam que condições climáticas podem influenciar a ocorrência de exacerbações asmáticas e o aumento da demanda por atendimento hospitalar. Variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, precipitação, pressão atmosférica, velocidade do vento, variabilidade térmica e mudanças sazonais estão entre as exposições investigadas. Revisões sistemáticas identificaram associações entre algumas dessas exposições e agravamento de sintomas respiratórios, atendimentos ou internações por asma, mas descrevem resultados heterogêneos conforme variável, estação, população e região; portanto, não se deve presumir um efeito uniforme (BODAGHKHANI et al., 2019; AGACHE et al., 2024).

A exposição a condições extremas e à mudança drástica de temperatura desencadeia múltiplos mecanismos fisiológicos que culminam em maior vulnerabilidade e piora dos sintomas asmáticos, através da possível alteração da resposta inflamatória e consequente broncoconstrição. Segundo pesquisas prévias, o ar frio e seco estimula fibras C pulmonares, aumentando a resistência das vias aéreas, enquanto o calor úmido eleva a frequência respiratória e ativa reflexos colinérgicos que também provocam constrição brônquica. Além disso, temperaturas baixas facilitam a sobrevivência de vírus respiratórios e reduzem a hidratação da mucosa, intensificando a resposta alérgica e o risco de exacerbação (HAN et al., 2023). Revisão sistemática recente também encontrou possíveis associações entre ondas de calor ou frio e exacerbações graves, mas destacou baixa certeza e heterogeneidade entre estudos (AGACHE et al., 2024). Esses achados justificam investigar métricas térmicas distintas, sem presumir efeitos iguais entre localidades ou escalas temporais.

Quanto aos níveis de precipitação, apesar de seu mecanismo ainda incerto no desencadeamento das exacerbações de asma, pode-se relacionar o desenvolvimento de eventos que favorecem a broncoconstrição das vias aéreas, como a formação de mofo pela umidade, a maior dispersão de pólen, liberação de esporos fúngicos e transmissibilidade viral (NASSIKAS et al., 2023).

Em relação à alta umidade, essa demonstrou a capacidade de comprometer a barreira epitelial das vias aéreas, favorecer a proliferação de ácaros e fungos, e desencadear vias inflamatórias tipo Th-2, amplificando a resposta alérgica em indivíduos asmáticos (GU et al., 2024). A umidade relativa pode atuar como marcador de condições que influenciam

aeroalérgenos e outros gatilhos ambientais; fungos e ácaros, por exemplo, são reconhecidos entre os alérgenos relevantes para pessoas com asma (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2026). A revisão sistemática e meta-análise de Gu et al. (2024) encontrou associações entre umidade, precipitação e asma, mas os resultados variaram entre estudos. Em Belo Horizonte, Dias et al. (2020) observaram associação entre maior umidade após períodos chuvosos e internações por asma em crianças e adolescentes.

Estudos ecológicos de série temporal permitem examinar associações entre exposições ambientais e desfechos de saúde em intervalos regulares, considerando tendências de longo prazo, sazonalidade, confundimento temporal e possíveis defasagens; a especificação e a interpretação desses modelos exigem atenção à estrutura temporal dos dados (BHASKARAN et al., 2013).

A relação entre as condições climáticas e a saúde varia conforme as características geográficas de cada região, tornando essencial a investigação dos padrões sazonais locais e dos fatores ambientais que podem influenciar o desenvolvimento e a exacerbação de doenças respiratórias (DIAS et al., 2020). Nesse contexto, o Brasil apresenta ampla diversidade climática, justificando a realização de estudos regionalizados. O município de Cascavel, localizado na região Sul do país, possui clima subtropical úmido, caracterizado por invernos frios e verões amenos (INMET, [s.d.]; KÖPPEN BRASIL, 2022).

Esses achados reforçam a importância de investigar o papel das condições climáticas na dinâmica das doenças respiratórias, especialmente em regiões onde há variações sazonais marcantes ao longo do ano.

Apesar da relevância do tema, ainda existem lacunas na literatura científica quanto à análise da relação entre variáveis climáticas e internações por asma em cidades de médio porte no Brasil, especialmente na região Sul. O município de Cascavel, localizado no estado do Paraná, apresenta clima subtropical úmido e variações sazonais bem definidas ao longo do ano, com períodos de temperaturas mais baixas no inverno e maior umidade em determinadas épocas. Essas características climáticas podem influenciar o comportamento epidemiológico das doenças respiratórias na população local.

Nesse contexto, compreender a associação entre variáveis climáticas sazonais e internações hospitalares por asma pode contribuir para o planejamento de estratégias preventivas, identificação de períodos de maior vulnerabilidade populacional e melhor organização dos serviços de saúde. Dessa forma, o presente estudo busca ampliar o

conhecimento sobre a influência de fatores climáticos na ocorrência de exacerbações asmáticas nessa região e fornecer subsídios para a formulação de políticas públicas voltadas à prevenção e ao manejo da asma, por meio de um estudo ecológico de série temporal envolvendo dados epidemiológicos e meteorológicos referentes ao período de 2016 a 2025.

2 MÉTODOS

A presente pesquisa trata-se de um estudo descritivo, ecológico de série temporal, retrospectivo, observacional, não experimental e de abordagem quantitativa, desenvolvido com o objetivo de analisar a associação entre variáveis climáticas e internações hospitalares por asma no município de Cascavel, Paraná, Brasil, no período compreendido entre janeiro de 2016 e dezembro de 2025. A pesquisa caracteriza-se como descritiva por buscar identificar padrões temporais e sazonais das hospitalizações por asma e sua relação com diferentes condições climáticas. O delineamento ecológico foi adotado por utilizar dados agregados populacionais referentes às hospitalizações e às condições meteorológicas ao longo do tempo, permitindo avaliar tendências temporais e padrões sazonais relacionados à ocorrência de exacerbações asmáticas em nível populacional, sem possibilitar inferências causais em nível individual. A unidade analítica foi o mês-calendário, considerando-se como desfecho a contagem mensal de internações por asma registradas no Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS). Por se tratar da análise de contagens absolutas, não foi utilizado denominador populacional para o cálculo de taxas de internação.

O município de Cascavel está localizado na Região Oeste do estado do Paraná e apresenta clima subtropical úmido, classificado como Cfa segundo Köppen (KÖPPEN BRASIL, 2022), caracterizado por estações relativamente definidas, variações térmicas anuais e distribuição irregular das precipitações.

Os dados epidemiológicos foram obtidos no Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), no mês de maio de 2026, disponibilizado pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) (BRASIL, 2026), considerando a secção Morbidade Hospitalar SUS e o município de residência do paciente, Cascavel. Foram incluídos todos os registros mensais cuja causa principal da internação correspondeu à asma (CID-10 J45), ocorridos entre janeiro de 2016 e dezembro de 2025. As variáveis epidemiológicas coletadas compreenderam número mensal de internações, sexo, faixa etária, dias totais de permanência hospitalar, média de permanência, mês e ano do atendimento.

Foram excluídos registros duplicados, inconsistentes, incompletos ou sem identificação do município de residência, bem como registros sem identificação adequada da data da internação ou do diagnóstico principal.

A unidade de análise correspondeu ao número mensal de internações hospitalares por asma registradas no município de Cascavel, totalizando 120 observações mensais compreendidas entre janeiro de 2016 e dezembro de 2025. Entretanto, em 16 meses não houve lançamento de internações nem totais demográficos no SIH/SUS. Como a ausência de lançamento não confirma ausência de internações, esses valores foram tratados como dados ausentes, e não como zeros. As análises descritivas e as correlações contemporâneas incluíram os 104 meses com contagem disponível. Os totais demográficos referem-se somente às internações registradas nesses meses.

Os dados meteorológicos foram obtidos na quinta geração da reanálise atmosférica (ERA5), desenvolvida pelo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) e disponibilizado pelo Copernicus Climate Change Service (C3S) (COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE, 2023; Hersbach et al., 2020). Foram utilizadas temperatura do ar a 2 m (T2m), temperatura do ponto de orvalho a 2 m (Td2m) e precipitação total (tp), no período de 2016 a 2025. As temperaturas, originalmente em Kelvin, foram convertidas para graus Celsius ($T[°C]=T[K]-273{,}15$), e a precipitação, de metros para milímetros ($tp[mm]=1.000\times tp[m]$). A umidade relativa foi calculada a partir de T2m e Td2m pelo método de Magnus–Tetens (Petty, 2008): $e_s(T)=6{,}112\times\exp[17{,}67T/(T+243{,}5)]$ e $UR=100\times e_s(Td)/e_s(T)$, com T e Td em °C. Nessas expressões, e_s representa a pressão de vapor de saturação, e T e Td correspondem às temperaturas do ar e do ponto de orvalho, respectivamente, ambas em graus Celsius. A amplitude térmica mensal foi calculada pela diferença entre as temperaturas máxima e mínima médias mensais, com o objetivo de avaliar o efeito da variabilidade térmica sobre as hospitalizações. Nos modelos dinâmicos, a contagem do mês anterior foi incluída como $\log(1 + Y_{t-1})$. Foram consideradas apenas observações nas quais as contagens do mês analisado e do mês anterior estavam disponíveis (95 meses); para as exposições defasadas, utilizou-se a variável climática do mês anterior. As estações foram definidas pelo calendário climatológico: verão (dezembro–fevereiro), outono (março–maio), inverno (junho–agosto) e primavera (setembro–novembro).

Os dados horários foram convertidos para UTC–3; a partir deles foram coletadas informações diárias, referentes ao município de Cascavel, de temperatura mínima, média e

máxima do ar, umidade relativa mínima, média e máxima e precipitação acumulada diária. Posteriormente, os dados diários foram agregados em valores mensais, sendo calculadas médias mensais para temperatura e umidade relativa e somatórios mensais para precipitação diária acumulada, de forma a compatibilizar a resolução temporal das variáveis climáticas com os dados epidemiológicos provenientes do SIH/SUS. As variáveis climáticas selecionadas foram escolhidas com base em evidências da literatura que demonstram associação entre temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e exacerbações da asma.

2.1 Análise estatística

Inicialmente foi realizada análise descritiva das variáveis estudadas. As variáveis foram descritas por média, desvio-padrão, mediana, mínimo e máximo; categorias, por frequências absoluta e relativa. A comparação sazonal da contagem de internações foi realizada pelo teste de Kruskal–Wallis, usando os meses com contagem disponível em cada estação (verão n=23; outono n=27; inverno n=26; primavera n=28). As correlações contemporâneas entre cada variável climática e a contagem mensal foram estimadas por Spearman em pares completos (n=104). Essas análises foram exploratórias e não modelam a dependência serial entre meses.

As associações ajustadas foram estimadas por regressão binomial negativa NB2 com ligação log e máxima verossimilhança, usando uma exposição climática por modelo para evitar incluir simultaneamente preditores meteorológicos correlacionados. Cada modelo incluiu tendência linear em anos, termos harmônicos anuais seno e cosseno, indicador para 2020–2021 e a contagem do mês anterior, incluída como $\log(1 + Y_{t-1})$ para representar dependência de curto prazo. Foram estimados modelos para seis exposições contemporâneas e suas defasagens de um mês. Nos modelos defasados, a contagem do mês anterior coincide temporalmente com o mês de exposição; assim, as IRR são associações condicionais e não estimam o efeito total da exposição. A amostra analítica comum foi de 95 meses com desfecho e contagem anterior observados.

A dispersão foi modelada pela parametrização NB2, cuja variância é $\mu + \alpha\mu^2$ (HILBE, 2011). As razões de contagens esperadas (IRR) foram apresentadas para contrastes interpretáveis: 5 °C para temperaturas, 3 °C para amplitude térmica, 10 pontos percentuais para umidade e 100 mm para precipitação. Os intervalos de confiança foram calculados com erros-padrão HAC/Newey–West, considerando até 12 meses de defasagem e as distâncias reais entre meses observados; os valores de p vieram de testes de Wald com aproximação normal.

O controle sazonal foi realizado por harmônicos anuais definidos pelo mês-calendário. A mudança abrupta da série em 2020–2021 foi incluída como indicador temporal; essa variável não permite atribuir causalidade à pandemia. As 12 associações climáticas (seis exposições, contemporâneas e defasadas) foram tratadas como exploratórias, com valores de p brutos e ajuste de Benjamini–Hochberg (q). Adotou-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

A inferência considerou a dependência temporal por meio dos erros HAC/Newey–West com defasagem máxima de 12 meses. A série curta e a ausência de contagens em 16 meses limitam a precisão e impedem interpretar os diagnósticos como prova de independência residual. Os modelos estimam razões de contagens mensais esperadas, não razões de taxas populacionais.

As análises foram realizadas em Python 3.12.14, utilizando SciPy 1.17.0 e statsmodels 0.15.0 (VIRTANEN et al., 2020; SEABOLD; PERKTOLD, 2010).

Por utilizar exclusivamente dados secundários, públicos, agregados e sem identificação individual dos participantes, a pesquisa foi dispensada da obtenção de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, nos termos das Resoluções nº 466/2012 e nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, não havendo necessidade de apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (BRASIL, 2012).

3 RESULTADOS

Ao todo foram analisados 120 meses consecutivos entre janeiro de 2016 e dezembro de 2025, 104 tinham contagem disponível no SIH/SUS; nesses meses foram registradas 513 internações hospitalares por asma no município de Cascavel (PR). A média mensal entre os meses observados foi 4,93 (DP=3,39), mediana 4 e intervalo 1–17.

Em relação às características demográficas, observou-se discreto predomínio do sexo feminino, as 282 internações femininas corresponderam a 54,97% e as 231 masculinas a 45,03%. Quanto à distribuição etária, observou-se predominância de internações entre crianças de 0 a 9 anos completos, que concentraram 360 registros (70,2%), com maior frequência nas faixas de 1 a 4 anos que representaram 33,9% dos casos (n=174), seguidas por aquelas de 5 a 9 anos, com 29,4% (n=151), e menores de 1 ano, com 6,8% (n=35). Entre 10 e 14 anos, foram registrados 44 casos (8,6%), enquanto a faixa etária de 15 a 19 anos correspondeu a 1,9% (n=10). Entre os adultos, as maiores frequências foram observadas nas faixas de 20 a 29 anos, com 5,1% (n=26), e de 30 a 39 anos, com 3,9% (n=20). As demais faixas apresentaram menor participação: 40 a 49 anos, 2,5%

(n=13); 50 a 59 anos, 2,3% (n=12); 60 a 69 anos, 2,1% (n=11); 70 a 79 anos, 1,8% (n=9); e 80 anos ou mais, 1,6% (n=8).

Quanto à permanência hospitalar, observou-se total de permanência de 1.780 dias, equivalente a média ponderada de 3,47 dias por internação. Os valores de permanência foram resumidos como total de dias e média ponderada por internação, sem tratar meses sem hospitalização como permanência igual a zero.

Entre as variáveis climáticas, a temperatura média foi de 20,69 °C, a temperatura mínima de 16,45 °C e a máxima de 25,83 °C. A umidade relativa média foi de 73,80%, enquanto a precipitação mensal apresentou média de 133,53 mm. As estatísticas descritivas das contagens e das exposições meteorológicas estão apresentadas na Tabela 1.

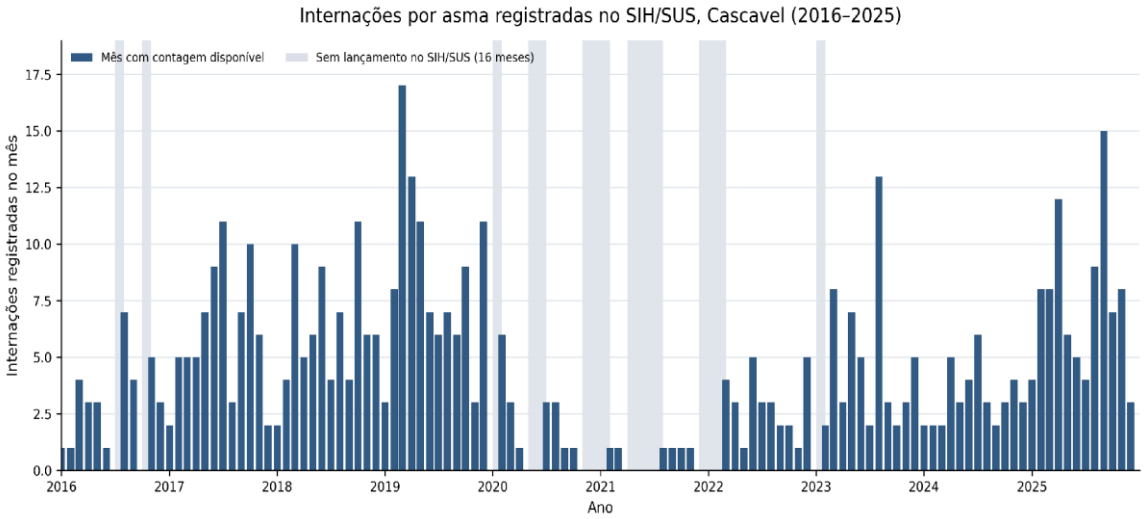
Tabela 1 – Caracterização descritiva das internações hospitalares por asma e variáveis climáticas em Cascavel (PR), 2016–2025

Variável	Média ± DP / total	Mediana	Mínimo	Máximo
Internações mensais observadas (n=104)	4,93 ± 3,39	4	1	17
Meses sem lançamento SIH/SUS	16 meses	—	—	—
Internações no período	513	—	—	—
Dias de permanência hospitalar	1.780 dias	—	—	—
Permanência média ponderada	3,47 dias/internação	—	—	—
Temperatura mínima (°C)	16,45 ± 2,95	17,01	9,73	21,16
Temperatura média (°C)	20,69 ± 2,95	21,69	13,53	25,00
Temperatura máxima (°C)	25,83 ± 3,05	26,38	18,57	30,92
Amplitude térmica (°C)	9,4 ± 1,3	9,4	6,6	12,2
Umidade relativa média (%)	73,80 ± 7,21	74,78	53,57	86,48
Precipitação mensal (mm)	133,5 ± 83,9	115,0	11,8	365,3

Fonte: Elaboração dos autores (2026), com dados do SIH/SUS e ERA5 (2016–2025).

As contagens disponíveis oscilaram ao longo da série. Os 16 meses sem lançamento no SIH/SUS foram mantidos como lacunas na Figura 1 e não representam zero internações. Onze dessas lacunas ocorreram em 2020–2021 e 13 entre 2020 e 2022, o que limita a interpretação da variação temporal nesse intervalo.

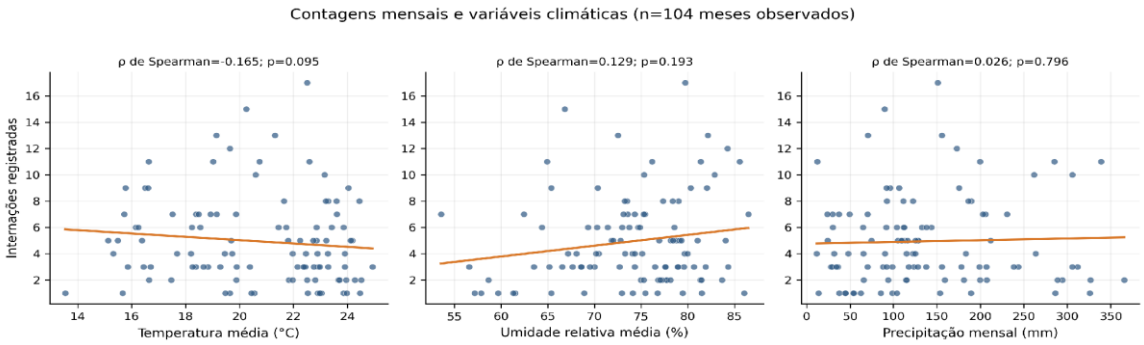
Figura 1 – Série temporal mensal das internações hospitalares por asma em Cascavel (PR) registradas no SIH/SUS, com meses sem lançamento indicados como lacunas, 2016–2025



Fonte: Elaboração dos autores (2026), com dados do SIH/SUS (2016-2025).

A figura 2 ilustra a dispersão entre as internações mensais registradas e variáveis climáticas selecionadas (temperatura média, umidade relativa média e precipitação). As linhas indicam tendência linear apenas para visualização; os meses sem contagem SIH disponível foram excluídos (n=104).

Figura 2 – Contagens mensais de internações por asma e variáveis climáticas observadas entre 2016 e 2025 em Cascavel (PR)



Fonte: Elaboração dos autores (2026), com dados do SIH/SUS (2016-2025).

Na análise sazonal, o outono apresentou o maior número acumulado de internações (n=156; média mensal=5,78), seguido pelo inverno (n=140; 5,38), primavera (n=128; 4,57) e verão (n=89; 3,87). Entretanto, a comparação entre estações do ano por meio do teste de Kruskal-Wallis não atingiu significância estatística (H=5,30; p=0,151). As estatísticas sazonais estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição sazonal das internações hospitalares por asma e variáveis climáticas em Cascavel (PR), 2016–2025

Estação	Internações registradas (meses; total)	Média mensal	Temperatura média (°C)	Umidade média (%)	Precipitação média acumulada sazonal (mm)
Verão	23; 89	3,87	23,54	76,79	513,24
Outono	27; 156	5,78	20,55	77,19	383,29
Inverno	26; 140	5,38	17,00	72,20	265,92
Primavera	28; 128	4,57	21,66	69,01	439,85

Fonte: Elaboração dos autores (2026), com dados do SIH/SUS e ERA5 (2016–2025). Nota: a precipitação sazonal corresponde à média do acumulado dos três meses da estação no decênio, estimada pela soma dos 30 meses da estação dividida por 10; não representa a variabilidade interanual.

Na análise de correlação de Spearman entre variáveis climáticas e número de internações hospitalares, as associações foram fracas e não estatisticamente significativas (n=104): temperatura mínima ρ=−0,114 (p=0,249), média ρ=−0,165 (p=0,095), máxima ρ=−0,181 (p=0,066), amplitude térmica ρ=−0,065 (p=0,510), umidade relativa média ρ=0,129 (p=0,193) e precipitação ρ=0,026 (p=0,796).

Entre os meses com contagem disponível, a variância (11,52) foi maior que a média (4,93), indicando sobredispersão em relação ao modelo de Poisson. Foram estimados modelos NB2 dinâmicos com ajuste por tendência, harmônicos anuais, indicador para 2020–2021 e contagem do mês anterior. Cada exposição foi avaliada em um modelo separado, contemporaneamente e com defasagem de um mês; devido aos dados ausentes e à defasagem da contagem, cada modelo incluiu 95 meses.

Nos modelos dinâmicos ajustados, nenhuma das 12 associações climáticas testadas alcançou p<0,05, e nenhuma permaneceu significativa após ajuste de Benjamini–Hochberg. Para cada aumento de 10 pontos percentuais na umidade relativa defasada, a IRR foi 0,901 (IC95% 0,780–1,042; p=0,161; q=0,649). Para precipitação, a IRR por 100 mm foi 1,026 (IC95% 0,897–1,175; p=0,705; q=0,705) contemporaneamente e 0,897 (IC95% 0,800–1,005; p=0,062; q=0,649) com defasagem de um mês (Tabela 3).

O indicador de 2020–2021 foi mantido como ajuste temporal em todos os modelos, sem interpretação causal. Como 11 meses desse intervalo não tinham lançamento no SIH/SUS, o indicador não permite distinguir mudanças reais na ocorrência de internações de falhas de registro. As estimativas contemporâneas e defasadas são apresentadas na Tabela 3.

Os intervalos de confiança de 95% e valores de p da Tabela 3 usam erros-padrão HAC/Newey–West com 12 defasagens; q indica o valor de p ajustado pelo método de Benjamini–Hochberg.

Tabela 3 – Modelos NB2 dinâmicos ajustados para tendência, sazonalidade anual, período 2020–2021 e contagem do mês anterior (n=95)

Exposição/defasagem	Contraste	IRR (IC95%)	p	q (BH)
T. mínima atual	5 °C	1,201 (0,860–1,679)	0,283	0,649
T. mínima defasada 1 mês	5 °C	1,102 (0,746–1,629)	0,626	0,705
T. média atual	5 °C	1,219 (0,847–1,756)	0,286	0,649
T. média defasada 1 mês	5 °C	1,121 (0,780–1,610)	0,538	0,705
T. máxima atual	5 °C	1,168 (0,850–1,606)	0,339	0,649
T. máxima defasada 1 mês	5 °C	1,148 (0,881–1,496)	0,306	0,649
Amplitude atual	3 °C	1,066 (0,790–1,437)	0,677	0,705
Amplitude defasada 1 mês	3 °C	1,154 (0,839–1,586)	0,379	0,649
Umidade média atual	10 p.p.	1,050 (0,865–1,275)	0,621	0,705
Umidade média defasada 1 mês	10 p.p.	0,901 (0,780–1,042)	0,161	0,649
Precipitação atual	100 mm	1,026 (0,897–1,175)	0,705	0,705
Precipitação defasada 1 mês	100 mm	0,897 (0,800–1,005)	0,062	0,649

Fonte: Elaboração dos autores (2026), com dados do SIH/SUS e ERA5 (2016–2025).

A correção HAC considerou a ordem temporal e as lacunas da série. Ainda assim, com 95 observações analíticas, os modelos não permitem excluir dependência residual ou confundimento temporal não medido; os resultados devem ser interpretados como exploratórios.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo analisou a distribuição temporal das internações hospitalares por asma e sua associação com variáveis climáticas no município de Cascavel (PR), ao longo de uma série temporal de dez anos, dos 120 meses do calendário, 104 tinham contagem SIH disponível e totalizaram 513 internações registradas. Os dezesseis meses sem lançamento foram tratados como ausentes. Nos 104 meses observados, a média foi de 4,93 internações mensais (DP=3,39). Os modelos ajustados não demonstraram associação estatística entre as exposições climáticas e as contagens; a interpretação é limitada pela incompletude dos registros.

Inicialmente, a análise descritiva evidenciou um padrão sazonal, caracterizado por maior concentração de hospitalizações no outono e no inverno, padrão que pode ser contextualizado por estudos prévios nacionais e internacionais envolvendo doenças respiratórias crônicas de

outras populações, mas não interpretado como evidência de efeito climático nesta série. D'Amato et al. (2018) destacam que temperaturas reduzidas promovem resfriamento das vias aéreas e aumento da hiperresponsividade brônquica, favorecendo exacerbações asmáticas, sobretudo em indivíduos mais suscetíveis. Além disso, períodos frios frequentemente se associam ao aumento da circulação de vírus respiratórios, reconhecidamente importantes desencadeadores de crises asmáticas graves. Em estudo nacional brasileiro, a associação entre variabilidade térmica e hospitalizações foi modificada por região e estação (WU et al., 2021); em Belo Horizonte, foram observadas associações entre umidade após períodos chuvosos e internações pediátricas por asma (DIAS et al., 2020). A revisão de Agache et al. (2024) apontou possível aumento de exacerbações graves durante extremos térmicos, mas com baixa certeza e elevada heterogeneidade. Esses resultados externos dão contexto, mas não demonstram que tais mecanismos explicam a distribuição observada em Cascavel.

O outono apresentou o maior número de internações e a maior média mensal (156; média de 5,78 por mês observado), seguido pelo inverno (140; 5,38), primavera (128; 4,57) e verão (89; 3,87). Entretanto, a comparação entre as estações não alcançou significância estatística pelo teste de Kruskal-Wallis (H=5,30; p=0,151). O teste não modifica a dependência serial e, diante da quantidade desigual de meses observados por estação, os resultados devem ser lidos como descrição exploratória. Nesse contexto, estudos dessa natureza requerem métodos que considerem explicitamente a dependência temporal e os padrões de sazonalidade (BHASKARAN et al., 2013).

A interpretação desse resultado deve considerar que a ocorrência de exacerbações asmáticas é determinada por uma interação complexa entre fatores meteorológicos, infecciosos, ambientais e comportamentais, cuja contribuição relativa pode variar segundo as características climáticas e epidemiológicas de cada região. Bodaghkhani et al. (2019), em revisão sistemática, observaram heterogeneidade nos resultados dos estudos sobre fatores meteorológicos e hospitalizações por asma, indicando que a influência da temperatura e de outras condições meteorológicas não é uniforme entre diferentes contextos.

Outro aspecto relevante dos resultados foi o perfil etário das internações. Crianças de 0 a 9 anos concentraram 70,2% de todos os casos, com maior frequência entre aquelas de 1 a 4 anos (33,9%) e de 5 a 9 anos (29,4%). Esse predomínio pediátrico é compatível com a relevância da asma como causa de morbidade nessa faixa etária e reforça a importância da investigação de fatores ambientais associados às exacerbações durante a infância. A maior frequência de

hospitalizações nessa população pode estar relacionada à maior vulnerabilidade das vias aéreas em desenvolvimento, à maior frequência de infecções respiratórias e à dificuldade de controle adequado dos sintomas em determinados grupos pediátricos, embora esses fatores não tenham sido avaliados diretamente neste estudo. Estudos nacionais também demonstram importante participação de crianças e adolescentes nas hospitalizações por asma, com maior proporção de hospitalizações entre crianças de 5 a 9 anos no Brasil (Magalhães et al., 2021).

Ainda em relação às características demográficas, observou-se discreto predomínio do sexo feminino, responsável por 54,97% das internações, enquanto o sexo masculino correspondeu a 45,03% dos casos. Esse achado difere de estudos nacionais realizados com populações pediátricas, nos quais foi observada maior proporção de hospitalizações por asma entre indivíduos do sexo masculino. Em Belo Horizonte, Dias et al. (2020) identificaram 57,5% das hospitalizações entre meninos e 42,5% entre meninas, enquanto Magalhães et al. (2021), em análise nacional de hospitalizações por asma entre crianças e adolescentes, também observaram predominância do sexo masculino. Essa diferença pode refletir particularidades da população estudada, da distribuição etária dos casos e das características epidemiológicas locais, não sendo possível, a partir de um estudo ecológico e descritivo, estabelecer uma relação causal para o predomínio observado em Cascavel, podendo ser foco de estudo em futuras pesquisas na região.

A análise das correlações contemporâneas entre as variáveis de temperatura e as internações por asma revelou associações fracas e sem significância estatística. Essa ausência de significância, entretanto, não exclui a possibilidade de que exposições térmicas específicas estejam relacionadas às exacerbações asmáticas, uma vez que a agregação mensal pode não captar adequadamente efeitos de curta duração, variações diárias ou episódios de temperaturas extremas. Nesse sentido, Wu et al. (2021) investigaram a relação entre a variabilidade diária da temperatura e as hospitalizações por asma, enquanto Deng et al. (2023) analisaram os efeitos de eventos de temperaturas extremas. Adicionalmente, Agache et al. (2024) ressaltam a complexidade das relações entre fatores ambientais e asma, cujas estimativas podem variar conforme o evento investigado e as características da população estudada. Dessa forma, diferenças na escala temporal, na definição das exposições e no perfil epidemiológico das populações devem ser consideradas ao comparar os achados deste estudo com os da literatura, sem que a ausência de associação nas análises mensais seja interpretada como evidência de inexistência de efeitos térmicos sobre as hospitalizações por asma.

A amplitude térmica mensal também não apresentou associação significativa na análise bruta nem nos modelos ajustados. A medida mensal não captura necessariamente flutuações diárias ou quedas abruptas de temperatura ocorridas dentro do mês. Nesse sentido, Wu et al. (2021), em estudo nacional realizado em 1.816 cidades brasileiras, avaliaram a variabilidade térmica com base nas temperaturas diárias em uma janela móvel de até sete dias, identificando associação entre o aumento da variabilidade térmica diária e o aumento das hospitalizações por asma. Essa diferença na escala temporal é relevante, pois os efeitos das oscilações térmicas podem não ser adequadamente representados por indicadores mensais. Assim, a ausência de significância estatística encontrada neste estudo temporal em Cascavel não elimina a possibilidade de que oscilações térmicas específicas, sobretudo oscilações diárias ou eventos abruptos de mudança de temperatura, possam apresentar efeitos que não foram completamente capturados pela agregação mensal utilizada neste estudo.

Em relação à precipitação, também não foi identificada associação estatisticamente significativa com as hospitalizações, tanto na análise contemporânea quanto na variável defasada. A correlação de Spearman foi fraca e não significativa ρ=0,026 (p=0,796), indicando ausência de evidência estatística suficiente de uma relação monotônica entre o volume mensal de precipitação e o número de hospitalizações no mesmo período. Embora estudos anteriores indicam que eventos de precipitação podem influenciar a saúde respiratória por mecanismos relacionados à umidade, proliferação de fungos, dispersão de pólen e esporos e circulação de agentes infecciosos, esses mecanismos não necessariamente se traduzem em uma associação direta entre o volume total de chuva e as hospitalizações. Nassikas et al. (2023), por exemplo, ressaltam a complexidade da relação entre precipitação e desfechos respiratórios, indicando que seus efeitos podem depender do contexto ambiental e das características da população exposta. Dessa forma, os resultados deste estudo não demonstram uma associação contemporânea significativa entre precipitação e internações por asma, embora não permitam excluir possíveis relações indiretas ou dependentes de outras condições ambientais.

A umidade relativa também não apresentou associação estatisticamente significativa com as internações por asma. Ainda, a umidade relativa defasada, seguiu não apresentando associação estatisticamente significativa no modelo NB2 ajustado por tendência, harmônicos anuais, indicador para 2020–2021 e contagem do mês anterior (IRR por 10 pontos percentuais=0,901; IC95% 0,780–1,042; p=0,161; q=0,649). A estimativa não sustenta afirmar associação independente. Portanto, os resultados não fornecem evidências suficientes para

sustentar a existência de um efeito tardio independente da umidade relativa sobre as internações. Embora exista plausibilidade biológica para relações entre umidade, exposição a aeroalérgenos e exacerbações asmáticas, essa possibilidade não substitui a evidência empírica obtida nesta série temporal. Em Belo Horizonte, Dias et al. (2020) observaram associação entre maior umidade após períodos chuvosos e internações pediátricas, enquanto a revisão de Gu et al. (2024) descreveu heterogeneidade nos resultados sobre umidade e precipitação. Diferenças de população, local, escala temporal e especificação da exposição impedem tratar esses achados como validação da defasagem mensal estimada em Cascavel.

A regressão binomial negativa foi empregada para acomodar a sobredispersão. Os erros HAC/Newey–West consideraram a ordem temporal e as distâncias reais entre meses observados. Como a amostra analítica foi de 95 meses e 16 meses não tinham contagem disponível, não se interpreta a ausência de significância como prova de independência residual ou de ausência de associação. Além disso, nos modelos com exposição climática defasada em um mês, a inclusão da contagem de internações do mês anterior exige cautela interpretativa, pois essa variável pode estar temporalmente relacionada à exposição analisada e modificar a interpretação do coeficiente estimado, que não deve ser interpretado automaticamente como efeito total da exposição.

Como análise de sensibilidade, repetiram-se os modelos atribuindo zero aos 16 meses sem lançamento, hipótese que não foi adotada na análise principal. Nesse cenário, os modelos com 119 observações também não mostraram associações significativas após Benjamini–Hochberg. Para precipitação, a IRR por 100 mm foi 1,043 (IC95% 0,921–1,180; p=0,507; q=0,676) na exposição contemporânea e 0,950 (IC95% 0,852–1,060; p=0,362; q=0,620) na defasada. A estimativa de umidade defasada mudou de direção (IRR=1,041; IC95% 0,831–1,304; p=0,727; q=0,794), mostrando que a codificação dos meses sem lançamento altera a magnitude e a direção de alguns coeficientes. Por esse motivo, os resultados dessa hipótese não substituem a análise principal, que preserva os meses como ausentes.

O ajuste por tendência, sazonalidade harmônica, período 2020–2021 e contagem anterior busca representar componentes temporais, mas não garante controle suficiente de confundimento ou especificação correta. Conforme discutido por Bhaskaran et al. (2013), a escolha dos termos temporais, da escala de análise e da estrutura de defasagens influencia a interpretação dos estudos ambientais de séries temporais. Dessa forma, apesar dos ajustes realizados e do uso de erros-padrão robustos à autocorrelação e à heterocedasticidade (HAC),

os resultados devem ser interpretados como exploratórios, sem permitir conclusões definitivas sobre a existência ou a magnitude de associações entre as variáveis climáticas e as internações por asma.

Os registros disponíveis mostram variação temporal, mas a concentração de meses sem lançamento em 2020–2021 impede avaliar com segurança se a redução aparente nesse intervalo representa queda real das internações nesse período, que coincide com o período da pandemia de COVID-19. Estudos nacionais documentaram redução de internações por asma em 2020, inclusive em diferentes faixas etárias, sem que esses dados identifiquem isoladamente os mecanismos responsáveis (FRIEDRICH et al., 2022), mas os dados de Cascavel aqui analisados não permitem atribuir a variação local a mecanismos específicos nem separá-la de incompletude do registro.

Como nenhuma associação climática ajustada foi confirmada, os resultados não justificam recomendar períodos de menor temperatura ou maior umidade como momentos comprovados de maior risco individual. O monitoramento pode ser investigado como componente de vigilância, mas qualquer aplicação deve depender de validação em séries independentes. A utilidade para planejamento em saúde pública é potencial, não demonstrada por esta análise. A série local pode orientar hipóteses e estudos posteriores, mas não fornece um alerta climático validado para previsão de demanda.

Apesar da relevância dos achados apresentados neste estudo para a caracterização da distribuição sazonal das internações por asma e para a investigação de possíveis associações com variáveis climáticas, algumas limitações metodológicas devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Por apresentar delineamento ecológico, a pesquisa permite identificar associações em nível populacional, mas não possibilita estabelecer relações causais individuais entre exposição climática e exacerbação da asma. Existe, portanto, possibilidade de falácia ecológica, uma vez que uma associação observada no conjunto da população não necessariamente representa o comportamento de cada indivíduo. Além disso, não foram incorporadas variáveis potencialmente importantes, como concentração de material particulado, poluição atmosférica, queimadas, aeroalérgenos, circulação viral, tabagismo, adesão ao tratamento, vacinação, gravidade da doença e condições socioeconômicas. Revisões ambientais recentes também apontam que poluentes e temperaturas extremas podem influenciar desfechos relacionados à asma, reforçando que os coeficientes deste estudo não isolam todas as exposições concorrentes (AGACHE et al., 2024). A ausência dessas informações

neste estudo impede o controle completo de potenciais fatores de confusão. Ainda, a resolução mensal pode ocultar efeitos agudos e não lineares.

Deve-se ainda considerar que a base utilizada contempla internações hospitalares registradas no sistema público de saúde, representando principalmente episódios suficientemente graves para demandar hospitalização, não abrangendo necessariamente indivíduos que apresentaram exacerbações manejadas em serviços ambulatoriais ou de emergência sem internação. Portanto, os resultados não representam necessariamente todas as internações ocorridas em Cascavel nem todas as internações de seus residentes. Também devem ser considerados possíveis vieses relacionados à utilização de dados secundários provenientes do SIH/SUS, incluindo subnotificação e variações nos critérios de internação hospitalar ao longo do período analisado. Ainda, não foi utilizado denominador populacional, de modo que os modelos estimam contagens mensais, não taxas.

Os dados meteorológicos foram obtidos da reanálise ERA5 e processados conforme descrito nos Métodos. A principal limitação da série foi a ausência de lançamento de internações em 16 meses; por isso, as conclusões sobre variação temporal e associações devem ser cautelosas.

Apesar das limitações metodológicas, a análise contribui para ampliar o conhecimento sobre a distribuição das internações por asma em Cascavel, município de médio porte da região Sul do Brasil, e para investigar possíveis associações entre as condições climáticas e a ocorrência de hospitalizações. Embora tenham sido observadas diferenças numéricas entre as estações do ano, a comparação sazonal não apresentou significância estatística. Da mesma forma, as análises de associação não demonstraram relações estatisticamente significativas entre as variáveis climáticas avaliadas e as internações por asma. Dessa forma, os resultados devem ser interpretados como exploratórios, contribuindo para a formulação de hipóteses e para o direcionamento de investigações posteriores, sem permitir conclusões definitivas sobre a influência das condições meteorológicas na ocorrência de hospitalizações.

Sob a perspectiva da saúde pública, a caracterização da distribuição temporal das internações por asma pode contribuir para o conhecimento do perfil epidemiológico local e subsidiar a investigação de possíveis períodos de maior demanda assistencial. Entretanto, os resultados deste estudo não permitem estabelecer um padrão sazonal estatisticamente significativo nem demonstrar a utilidade das variáveis meteorológicas como indicadores para a previsão de hospitalizações. Assim, embora o monitoramento conjunto das condições climáticas e dos indicadores de morbidade respiratória represente uma possibilidade a ser investigada, sua

aplicação no planejamento assistencial deve depender de evidências adicionais que confirmem a consistência e a capacidade preditiva dessas informações. Ressalta-se, ainda, que a ocorrência de exacerbações asmáticas envolve múltiplos fatores ambientais, infecciosos, clínicos e comportamentais, cuja contribuição não pôde ser integralmente avaliada neste estudo.

Recomenda-se que pesquisas futuras avaliem a consistência dos resultados em séries temporais mais longas e com maior representatividade regional e abrangendo outras localidades, preferencialmente por meio de estudos multicêntricos. A utilização de dados diários de internações e de variáveis meteorológicas poderá permitir uma avaliação mais precisa de possíveis efeitos agudos e defasados das condições climáticas. Além disso, a comparação entre diferentes modelos estatísticos de contagem, com representação explícita da sobredispersão e da dependência temporal, bem como a investigação de relações não lineares e de diferentes períodos de defasagem, poderá contribuir para o aprimoramento das análises. A incorporação de variáveis relacionadas à poluição atmosférica, às queimadas, aos aeroalérgenos e à circulação de agentes infecciosos também poderá ampliar a compreensão dos fatores ambientais associados às exacerbações asmáticas. Por fim, estudos clínicos e prospectivos poderão complementar as análises populacionais ao investigar fatores individuais, como controle da doença, adesão ao tratamento e exposição ambiental, contribuindo para uma compreensão mais abrangente da relação entre condições meteorológicas e exacerbações por asma.

5 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que, no período de 2016 a 2025, entre os 104 meses com contagem disponível, com 513 internações hospitalares registradas por asma em Cascavel (PR), as internações foram numericamente mais frequentes durante o outono e o inverno. Entretanto, a comparação entre as estações do ano não apresentou diferença estatisticamente significativa, não sendo possível confirmar a existência de um padrão sazonal significativo na série analisada. As correlações contemporâneas entre as variáveis climáticas e as internações foram fracas, e nenhuma das associações investigadas permaneceu estatisticamente significativa nos modelos dinâmicos ajustados para tendência temporal, ciclo anual, período de 2020–2021 e número de internações no mês anterior. Esse resultado não comprova ausência de efeito: 16 meses sem lançamento e a amostra analítica de 95 observações limitam a precisão, além das restrições próprias do delineamento ecológico.

Do ponto de vista epidemiológico, os resultados não sustentam recomendações clínicas ou alertas de vigilância baseados em variáveis climáticas. Entretanto, os achados contribuem para a caracterização das internações por asma em um município de médio porte do oeste do Paraná e ampliam o conhecimento sobre a distribuição temporal desse desfecho em âmbito local.

O monitoramento integrado de indicadores meteorológicos e de morbidade respiratória permanece como uma possibilidade a ser investigada, cuja aplicabilidade depende de validação em outras séries temporais e da avaliação de sua capacidade preditiva. Portanto, conclui-se que, este estudo reforça a necessidade de novas investigações envolvendo modelos temporais mais complexos, mais longos e em outras localidades, além da inclusão de indicadores ambientais adicionais e integração entre dados clínicos individuais e meteorológicos, visando aprofundar a compreensão dos efeitos climáticos sobre doenças respiratórias crônicas e subsidiar estratégias preventivas mais eficazes para o planejamento em saúde pública.

DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Durante a preparação deste manuscrito, o ChatGPT (OpenAI) foi utilizado como apoio à revisão e reorganização textual, adequação ao template da REASE, conferência de referências e auditoria da apresentação dos resultados estatísticos. A ferramenta não substitui a responsabilidade dos autores, que respondem pela veracidade dos dados, validação das análises e interpretações e aprovação da versão final submetida.

REFERÊNCIAS

AGACHE, Ioana *et al.* The impact of outdoor pollution and extreme temperatures on asthma-related outcomes: A systematic review for the EAACI guidelines on environmental science for allergic diseases and asthma. Allergy, v. 79, n. 7, p. 1725–1760, 4 fev. 2024. https://doi.org/10.1111/all.16041

BHASKARAN, Krishnan *et al.* Time series regression studies in environmental epidemiology. International Journal of Epidemiology, v. 42, n. 4, p. 1187–1195, 12 jun. 2013.

BODAGHKHANI, Elnaz *et al.* Effects of Meteorological Factors on Hospitalizations in Adult Patients with Asthma: A Systematic Review. Canadian Respiratory Journal, v. 2019, 2 jun. 2019. https://doi.org/10.1155/2019/3435103

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. *Diário Oficial*

da União: seção 1, Brasília, DF, 13 jun. 2013. Disponível em: https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf. Acesso em: 14 maio 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS. Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS). Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2026. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br/. Acesso em: 14 maio 2026.

D'AMATO, Maria *et al.* The impact of cold on the respiratory tract and its consequences to respiratory health. Clinical and Translational Allergy, v. 8, n. 1, 30 maio 2018. https://doi.org/10.1186/s13601-018-0208-9

DENG, Shizhou *et al.* Effect of extreme temperatures on asthma hospital visits: Modification by event characteristics and healthy behaviors. Environmental Research, v. 226, p. 115679, 1 jun. 2023. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115679

DIAS, Claudia Silva *et al.* The influence of climatic conditions on hospital admissions for asthma in children and adolescents living in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. Ciência & Saúde Coletiva, v. 25, n. 5, p. 1979–1991, 1 maio 2020. https://doi.org/10.1590/1413-81232020255.04442018

EUROPEAN CENTRE FOR MEDIUM-RANGE WEATHER FORECASTS (ECMWF). *ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present*. Copernicus Climate Change Service, 14 jun. 2018. https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47

FRIEDRICH, Frederico *et al.* Impact of COVID-19 mitigation strategies on asthma hospitalizations in Brazil. Journal of Allergy and Clinical Immunology Global, v. 1, n. 3, p. 106–111, 30 abr. 2022. https://doi.org/10.1016/j.jacig.2022.03.004

GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA (GINA). Global strategy for asthma management and prevention: 2026 update. Fontana, WI: Global Initiative for Asthma, 2026. Disponível em: https://ginasthma.org/2026-gina-strategy-report/. Acesso em: 5 out. 2026.

GU, Wangyang *et al.* Association of humidity and precipitation with asthma: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in Allergy, v. 5, 6 dez. 2024. https://doi.org/10.3389/falgy.2024.1483430

HAN, Azhu *et al.* Asthma triggered by extreme temperatures: From epidemiological evidence to biological plausibility. Environmental Research, v. 216, p. 114489, 1 jan. 2023. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114489

HERSBACH, Hans *et al.* The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 146, n. 730, 15 jun. 2020. https://doi.org/10.1002/qj.3803

HILBE, Joseph M. Negative binomial regression. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-0-521-19815-8

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Normais climatológicas*. Brasília, DF: INMET, [s. d.]. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 7 abr. 2026.

KÖPPEN BRASIL. *Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros*. [S. l.]: GitHub.io, 2022. Disponível em: https://koppenbrasil.github.io/. Acesso em: 7 abr. 2026.

MAGALHÃES, Larissa Silva *et al.* Analysis of the trend of hospitalizations for asthma in children and adolescents in Brazil. Jornal de Pediatria, v. 97, n. 3, p. 309–314, maio 2021. https://doi.org/10.1016/j.jped.2020.05.004

MEIRA, Juliana *et al.* Impacto dos fatores meteorológicos na ocorrência de hospitalizações por asma em crianças. Saúde Coletiva (Barueri), v. 11, n. 66, p. 6453–6464, 30 jun. 2021. https://doi.org/10.36489/saudecoletiva.2021v11i66p6453-6464

NASSIKAS, Nicholas J. *et al.* Precipitation and Adolescent Respiratory Health in the Northeast United States. Annals of the American Thoracic Society, v. 20, n. 5, p. 698–704, 1 maio 2023. https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202209-805OC

PETTY, Grant W. A first course in atmospheric thermodynamics. Madison, WI: Sundog Publishing, 2008. ISBN 978-0-9729033-2-5

SEABOLD, Skipper; PERKTOLD, Josef. Statsmodels: econometric and statistical modeling with Python. In: *PROCEEDINGS OF THE 9TH PYTHON IN SCIENCE CONFERENCE*. Austin: SciPy, 2010. p. 92–96.

VIRTANEN, Pauli et al. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature Methods*, v. 17, n. 3, p. 261–272, 2020. DOI: https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Asthma. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/asthma>. Acesso em: 8 out. 2026.

WU, Yao *et al.* Temperature variability and asthma hospitalisation in Brazil, 2000–2015: a nationwide case-crossover study. Thorax, v. 76, n. 10, p. 962–969, 23 mar. 2021. https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-216549