

ASSOCIAÇÃO DE LONGO-PRAZO ENTRE DOENÇAS SENSÍVEIS AO CLIMA E A VARIABILIDADE CLIMÁTICA EM UMA REGIÃO SEMIÁRIDA TROPICAL

Klézio Silva Monte¹
Rafaella Pessoa Moreira²
Alexandre Cunha Costa³

RESUMO

A variabilidade climática pode resultar em aumento da prevalência e da gravidade da asma em crianças e em doenças cardiovasculares (DCVs), mas pouco se sabe sobre os efeitos de longo-prazo desta variabilidade na prevalência de internação por asma, acidente vascular cerebral (AVC) e infarto agudo do miocárdio (IAM) em regiões secas tropicais. Assim, este estudo avaliou a associação entre a tendência de asma, AVC, IAM e de variáveis climáticas (VCs) (2008-2019) em uma grande região semiárida tropical. A área de estudo abrangeu 14 municípios no Semiárido Brasileiro, com populações variando de 35.218 a 2.428.708 habitantes. Inicialmente, foram calculados os componentes de tendência das séries temporais mensais das internações por asma de crianças menores de nove anos, AVC, IAM e as VCs: temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento. Depois, foi analisada a associação entre a tendência das internações por asma, AVC e IAM e das VCs, por meio da aplicação de um modelo aditivo generalizado (GAM). Por fim, foi investigado se as tendências das internações por asma, AVC, IAM e das VCs preditoras de cada município eram crescentes, decrescentes ou insignificantes, aplicando o teste de Mann-Kendall. Na região de estudo, dos 14 municípios estudados, a asma e as DCVs apresentaram associação relevante entre internações, sendo 13 municípios para asma e 14 municípios para DCVs. A asma apresentou tendência decrescente associado por uma tendência de diminuição da velocidade do vento e da umidade relativa do ar e uma tendência de aumento da temperatura do ar, não foi encontrado nenhum padrão para a precipitação. As DCVs apresentaram tendência crescente, sendo 10 municípios para AVC e 12 municípios para IAM, associadas principalmente com uma tendência de aumento da temperatura do ar e, secundariamente, com uma tendência de diminuição da velocidade do vento, não foi encontrado nenhum padrão para a umidade relativa do ar e precipitação. Um clima mais quente e seco, com menor velocidade do vento, reduz a tendência de internações por asma, enquanto que um clima mais quente, com menor velocidade do vento está associado a um aumento da tendência de internações por DCVs em uma região seca tropical. Este estudo demonstra como a análise de séries climáticas e de saúde pode gerar resultados relevantes para a tomada de decisão de gestores e profissionais de saúde na implementação de estratégias de prevenção e manejo das doenças sensíveis ao clima (DSCs), na escala de município, considerando o impacto das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Asma; Doenças cardiovasculares; Análise de tendências; Mudanças climáticas.

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente, Discente, klezio_monte@hotmail.com¹

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências da Saúde, Docente, rafaellapessoa@unilab.edu.br²

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Docente, cunhacos@gmail.com³

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais são discutidas como uma das maiores ameaças à saúde humana do século XXI (Hu et al., 2022; Tong et al., 2022), sendo as crianças mais vulneráveis a essas mudanças por suas características anatomofisiológicas (Hu et al., 2022) e imunológicas (Biagioni et al., 2022). Estudos evidenciam relações entre os efeitos climáticos e o aumento da prevalência e gravidade da asma nesse público (Hu et al., 2022; Makrufardi et al., 2023). Além disso, o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares deverá aumentar, ocasionando inúmeras consequências para os diferentes setores da sociedade, devido as possíveis sequelas neuropsicomotoras em pessoas acometidas por essas doenças, inclusive, em fase produtiva.

As populações que residem em regiões nas quais as condições climáticas são mais extremas, por exemplo, regiões de clima tropical seco, podem ser mais susceptíveis ao desenvolvimento de doenças sensíveis ao clima (DSCs), como o Acidente Vascular Cerebral (AVC) e o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) que são Doenças Cardiovasculares (DCVs) (Baaghideh and Mayvaneh 2017; Aghababaeian et al. 2021; Huang et al. 2021; Jacobsen et al. 2022; Aghababaeian et al. 2023; Ohashi et al. 2023; De Vita et al. 2024; Moreira et al. 2024). Diante da importância em saúde pública, neste trabalho será investigado a asma, o IAM e o AVC e sua associação com a variabilidade hidroclimática em regiões de clima tropical seco.

Dias quentes e úmidos podem desencadear um aumento de visitas a serviços de emergência e internações por asma, tanto em crianças quanto em adultos (Mireku et al., 2009; Hajmohammadi et al., 2022). O aumento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono pode levar ao aumento da quantidade de pólen e a uma maior duração da estação polínica, causando o aumento da asma e da rinite alérgica em crianças sensíveis (Poole et al., 2019).

As DCVs já são consideradas as principais causas de morte no mundo (WHO, 2024) e podem ser influenciados pelas mudanças climáticas por vários mecanismos de respostas fisiológicas, dentre eles, o estresse térmico. O estresse térmico resulta em respostas fisiológicas às mudanças na temperatura corporal central, levando ao aumento da sudorese, frequências cardíaca e respiratória elevadas, à vasodilatação e ao aumento ou diminuição da coagulação. Em conjunto, estas perturbações da homeostase predis põem potencialmente indivíduos vulneráveis à ruptura da placa aterosclerótica e subsequentes infartos do miocárdio (Peters et al., 2021; Moreira et al., 2024).

Os estudos mencionados (por exemplo, Hervás et al., 2015; Zhang et al., 2016; Souza et al., 2017; Yousif, 2019; Peters e Schneider 2021; Jacobsen et al. 2022; Khraishah et al. 2022; De Vita et al. 2024) mostram que tanto a asma quanto as DCVs estão interligadas à variabilidade climática (VC) e que são muito dependentes da localização dos casos, ou seja, são específicos do local, dificultando assim a extrapolação de resultados de uma pesquisa para outras regiões geográficas. Além disso, pouco se sabe sobre os efeitos de longo-prazo das mudanças climáticas na incidência de asma, AVC e IAM em regiões tropicais secas. Portanto, este estudo teve por objetivo analisar a associação de longo-prazo entre as internações por asma em crianças, DCVs (AVC e IAM) e o clima de uma região tropical semiárida.

Nesta pesquisa, a associação de longo-prazo foi entendida como a associação da tendência de internações por asma, AVC e IAM com a tendência de VC, como temperatura do ar e precipitação. Foram considerados dados de internação por asma em crianças de até nove anos de idade, AVC e IAM de quatorze municípios no Estado do Ceará, uma grande região semiárida tropical no Nordeste do Brasil.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada no Ceará, onde 90% do território está inserido no semiárido brasileiro, possui uma área de 148.826 km², que equivale a 9,57% da região Nordeste do Brasil e 1,74% do país, está

administrativamente dividido em 14 regiões de planejamento. Para este trabalho, foram selecionados os municípios mais populosos de cada região de planejamento: (1) Acaraú (Litoral Norte), (2) Aracati (Litoral Leste), (3) Baturité (Maciço de Baturité), (4) Canindé (Sertão de Canindé), (5) Crateús (Sertão de Crateús), (6) Fortaleza (Grande Fortaleza), (7) Iguatu (Centro Sul), (8) Itapipoca (Litoral Oeste / Vale do Curu), (9) Juazeiro do Norte (Cariri), (10) Morada Nova (Vale do Jaguaribe), (11) Quixadá (Sertão Central), (12) Sobral (Sertão de Sobral), (13) Tauá (Sertão dos Inhamuns) e (14) Tianguá (Serra da Ibiapaba). Além disso, a variabilidade interanual da precipitação é elevada, caracterizada por períodos de seca recorrente, seguidos de períodos extremamente chuvosos (Costa et al., 2022).

Foi realizado um estudo ecológico de série temporal do universo de 31.410; 37.650 e 19.332 casos de internação hospitalar por asma em pessoas de ambos os sexos, composta por crianças de 0 a 9 anos, acidente vascular cerebral (AVC) e infarto agudo do miocárdio (IAM), respectivamente, em 14 municípios no Estado do Ceará, durante o período de janeiro de 2008 a dezembro de 2019 (12 anos). Os dados de internações por asma, AVC e IAM foram coletados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) do Brasil. Os dados coletados incluíram o dia do início da internação e o município do paciente. O SINAN consiste em um sistema que tem como objetivo principal registrar e difundir as informações relacionadas às doenças de notificação compulsória para as esferas governamentais do Brasil.

Os dados climáticos mensais por município utilizados foram temperatura mínima e máxima do ar, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e precipitação. Esses dados foram obtidos a partir da interpolação de dados meteorológicos diários em grade do Brasil (do inglês Brazilian Daily Weather Gridded Data - BR-DWGD) elaborado por Xavier et al. (2022).

Após a decomposição das séries temporais, avaliou-se a associação da tendência de asma, AVC e IAM com a tendência climática, no qual o número de internações por asma em crianças de 0 a 9 anos, AVC e IAM é a variável alvo e a tendência das (VCs) são as possíveis variáveis preditoras em cada município estudado. As (VCs) consideradas foram a velocidade do vento (m/s), a umidade relativa do ar (%), a precipitação (mm) e a temperatura mínima e máxima do ar (oC). A transformação logaritma foi aplicada para todas as variáveis envolvidas.

Uma vez realizada a modelagem não linear entre asma, AVC, IAM e tendências climáticas, investigou-se a presença (ou ausência) de tendências monotônicas crescentes e decrescentes, o que ajudou a compreender como as alterações climáticas a longo-prazo podem influenciar a ocorrência de asma em crianças e doenças cardiovasculares. Para esta tarefa, aplicou-se testes de Mann-Kendall diretamente a esses componentes de tendência, evitando a influência da sazonalidade e da irregularidade nas séries temporais (e.g. Aguilera et al., 2015). As tendências foram avaliadas utilizando a estimativa do coeficiente Z para asma, AVC, IAM e todas as variáveis independentes significativas no modelo GAM ajustado. Um valor Z positivo ou negativo indica a presença de uma tendência crescente ou decrescente dentro de uma série temporal, respectivamente. Porém, a hipótese nula para este teste é que não há tendência, o que também é uma informação relevante. O software estatístico R ([//www.r-project.org/](http://www.r-project.org/)) foi utilizado para conduzir toda a análise da série temporal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os preditores climáticos e a asma apresentaram tendências semelhantes entre os municípios. A asma apresentou tendência geral decrescente na área de estudo com 8 dos 13 municípios, apresentando tendência decrescente significativa. Apenas dois municípios apresentaram tendência crescente, a saber, Acaraú e Crateús. Esta tendência negativa da asma foi impulsionada principalmente por (a) uma diminuição da velocidade do vento e da umidade relativa do ar (tendência significativamente decrescente em 11 dos 12 municípios e 6 dos 9 municípios, respectivamente), e (b) um aumento geral nos valores máximo e mínimo

temperatura do ar (tendência de aumento significativo em 8 dos 9 municípios e 4 dos 8 municípios, respectivamente). Não foi encontrado nenhum padrão para a precipitação, que apresentou distribuição igual entre tendências não significativas, crescentes e decrescentes.

O AVC apresentou uma tendência crescente em toda a área de estudo, com 10 dos 14 municípios exibindo uma tendência crescente significativa. Apenas um município, Crateús, mostrou uma tendência decrescente. Os municípios de Acaraú, Itapipoca e Quixadá apresentaram tendências não significativas. Esta tendência positiva no AVC foi impulsionada principalmente por (a) um aumento na temperatura mínima e máxima (tendência significativamente crescente em 5 dos 7 municípios e 9 dos 9 municípios, respectivamente), (b) uma diminuição geral nos valores de velocidade dos ventos (tendência de diminuição significativa em 6 dos 6 municípios), não foi encontrado padrão para a umidade relativa do ar e precipitação (tendência não significativa em 4 dos 9 municípios e 5 dos 8 municípios, respectivamente).

A temperatura máxima do ar foi a variável climática mais relevante na previsão das tendências do IAM, pois esteve presente como variável independente em 13 dos 14 modelos ajustados. Em seguida, a precipitação e a velocidade do vento presentes em 12 e 11 dos 14 modelos ajustados. Somente Crateús não apresentou a temperatura máxima como preditora. A temperatura mínima e a umidade relativa do ar foram variáveis independentes em 10 e 9 dos 14 modelos ajustados, respectivamente. Essa tendência positiva do IAM foi impulsionada principalmente por (a) um aumento na temperatura mínima e máxima (tendência significativamente crescente em 6 dos 10 municípios e 12 dos 13 municípios, respectivamente) e (b) uma diminuição geral nos valores de velocidade dos ventos (tendência de diminuição significativa em 10 dos 11 municípios). Não foi encontrado padrão para umidade relativa e precipitação (tendência não significativa em 4 dos 9 municípios e 6 dos 12 municípios, respectivamente).

Portanto, com base na modelagem e na análise de tendências, geralmente um clima mais quente e seco, com menor velocidade do vento, esteve associado a uma redução da tendência de asma e a um aumento da tendência de AVC e IAM.

Observou-se que o aumento da temperatura e a diminuição da umidade nos últimos anos (2008-2019), características de um clima mais quente e seco, favorece menos casos de asma infantil, devido também à menor velocidade dos ventos.

O aumento da velocidade dos ventos favorece a concentração, transporte e/ou exposição a alérgenos que, independentemente da estação do ano, ficam suspensos no ar na forma de pequenas partículas (grãos de pólen, esporos de plantas, poeira, entre outros). Isso poderá ocasionar a exacerbação dos casos de asma, especialmente em crianças (Hervás et al., 2015). Por outro lado, a menor velocidade dos ventos poderá diminuir a dispersão dos mesmos (Correia Jr. et al., 2017).

O calor e a seca contribuem enormemente para a ocorrência de incêndios florestais, as emissões de fumaça podem viajar centenas de quilômetros a favor do vento nas áreas de incêndio, expondo muitas pessoas a substâncias nocivas mistura de material particulado, ozônio e outros compostos nocivos (Franchini et al., 2015). Isso pode ocasionar a exacerbação dos casos de doenças cardiovasculares. Por outro lado, a menor velocidade dos ventos, como encontrada neste estudo, poderá diminuir a dispersão dos mesmos (Correia et al., 2017) e promover o acúmulo de O₃ (Fann et al. 2016).

CONCLUSÕES

Foi identificada uma associação de longo-prazo entre os casos de internações por asma em crianças e o clima de uma região tropical semiárida em 13 dos 14 municípios estudados. Um clima mais quente e seco, ou seja, temperaturas do ar mais altas e umidade relativa do ar mais baixa, com menor velocidade do vento está associada a diminuição das internações por asma infantil. No entanto, não foi encontrado um padrão entre



precipitação e asma.

Associação de longo-prazo foi identificada nos casos de internação por acidente vascular cerebral e infarto agudo do miocárdio com o clima de uma região tropical semiárida em todos os municípios estudados. Um clima mais quente, com menor velocidade do vento, está associado a um aumento da tendência de internações por essas doenças. Nenhum padrão consistente foi encontrado para umidade relativa do ar e precipitação.

Este estudo mostra como a análise de séries climáticas e de saúde pode fornecer informações relevantes para que gestores e profissionais de saúde tomem decisões na implementação de estratégias de prevenção e manejo de doenças cardiovasculares em nível municipal, levando em conta o impacto das mudanças climáticas. Além disso, o presente artigo pode ser replicado em outras regiões secas com dados disponíveis semelhantes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, sua bondade e misericórdia tão infinita. Que alegria eu sinto pela bondade Deus.

Ao meu orientador prof. Dr. Alexandre Cunha Costa, pela confiança a mim depositada, por todos os direcionamentos, pelo incentivo e compreensão, de quem aprendi muito nos últimos dois anos, um exemplo de professor.

A minha querida UNILAB que por um tempo fez parte da minha atuação profissional como engenheiro, sou privilegiado por esta oportunidade de aprendizado com excelentes professores dedicados com educação de excelência.

REFERÊNCIAS

Aghababaeian H, Ostadtaghizadeh A, Ardalán A et al (2021) Effect of dust storms on non-accidental, cardiovascular, and respiratory mortality: a case of Dezful City in Iran. *Environ Health Insights* 15:11786302211060152. <https://doi.org/10.1177/11786302211060152>

Aguilera F.; Orlandi F; Valenzuela, L.R. et al. (2015) Analysis and interpretation of long temporal trends in cumulative temperatures and olive reproductive features using a seasonal trend decomposition procedure. Elsevier, 203, 208-216.

Baaghideh M, Mayvaneh F. Climate Change and Simulation of Cardiovascular Disease Mortality: A Case Study of Mashhad, Iran. *Iran J Public Health*. 2017 Mar;46(3):396-407

Biagioni, B., Cecchi, L., D'Amato, G., & Annesi-Maesano, I. (2023). Environmental influences on childhood asthma: Climate change. *Pediatric allergy and immunology: official publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology*, 34(5), e13961.

Brazilian Ministry of Health, 2023. Information System for Notifiable Diseases SINAN: Asthma. <http://portalsinan.saude.gov.br/sinanasma> (accessed 2024 April 20).

Correia Jr MAV, Sarinho ESC, Rizzo JA, Sarinho SW (2017). Lower prevalence and greater severity of asthma in hot and dry climate. *J Pediatr*, 93 (2), 148-155 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2016.05.006>

De Vita A, Belmusto A, Di Perna F, Tremamunno S, De Matteis G, Franceschi F, Covino M; Climps Group. The Impact of Climate Change and Extreme Weather Conditions on Cardiovascular Health and Acute Cardiovascular Diseases. *J Clin Med*. 2024 Jan 28;13(3):759.



- Fann, N. et al. Ch. 3: Air quality impacts. The impacts of climate change on human health in the United States: A scientific assessment. <https://doi.org/10.7930/J0GQ6VP6> (2016).
- Hajmohammadi, H., Pfeffer, P., De Simoni, A., Cole, J. N., Griffiths, C. J., Hull, S. A., Heydecker, B., 2022. Association between short-term NO_x exposure and asthma exacerbations in East London: A time series regression model. *Urban Climate*. 44, 101173.
- Hervás D, Utrera JF, Hervás-Masip J, Hervás JA, García-Marcos L (2015). Can meteorological factors forecast asthma exacerbation on a paediatric population? *Allergol Immunopathol (Madr)*, 43(1): 32-36.
- Jacobsen AP, Khiew YC, Duffy E, O'Connell J, Brown E, Auwaerter PG, Blumenthal RS, Schwartz BS, Mcevoy JW. Climate change and the prevention of cardiovascular disease. *Am J Prev Cardiol*. 2022 Sep 11;12:100391.
- Khraishah H, Alahmad B, Ostergard RL Jr, Alashqar A, Albaghdadi M, Vellanki N, Chowdhury MM, Al-Kindi SG, Zanobetti A, Gasparrini A, Rajagopalan S. Climate change and cardiovascular disease: implications for global health. *Nat Rev Cardiol*. 2022 Dec;19(12):798-812.
- Makrufardi F, Manullang A, Rusmawatingtyas D, Chung KF, Lin SC, Chuang HC (2023). Extreme Weather and asthma: a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir Rev*, 32: 230019.
- Mireku N, Wang Y, Ager J, Reddy RC, Baptist AP. Changes in weather and the effects on pediatric asthma exacerbations. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2009;103:220-4
- Moreira, R.P.; Oliveira, F.B.B.; Araujo, T.L. et al. (2022) Health Interventions for Preventing Climate-Sensitive Diseases: Scoping Review. *J Urban Health*, 99, 519-532.
- Ohashi Y, Ihara T, Oka K, Takane Y, Kikegawa Y. Machine learning analysis and risk prediction of weather-sensitive mortality related to cardiovascular disease during summer in Tokyo, Japan. *Sci Rep*. 2023 Oct 9;13(1):17020.
- Peters, A., Schneider, A. Cardiovascular risks of climate change. *Nat Rev Cardiol* 18, 1-2 (2021).
- Souza, A., Santos, D.A.S., Ikefuti, P.V., 2017. Association between climate variables, pollutants, aerosols and hospitalizations due to asthma. *World Health*. 41, 359-367.
- Tong, S., Bambrick, H., Beggs, P. J., Chen, L., Hu, Y., Ma, W., Steffen, W., & Tan, J. (2022). Current and future threats to human health in the Anthropocene. *Environment international*, 158, 106892.
- Xavier, A. C. et al. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961-2020).
- Yousif, A.M.A.A., Al Muhyi, A.H.A, 2019. Impact of weather conditions on childhood admission for wheezy chest and bronchial asthma. *Med J Islam Repub Iran*. 33, 89.
- Zhang J, Dai J, Yan L, Fu W, Yi J, Chen Y, Liu C, Xu D, Wang Q. Air Pollutants, Climate, and the Prevalence of Pediatric Asthma in Urban Areas of China. *Biomed Res Int*. 2016;2016:2935163