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

IMPACTO DAS ONDAS DE CALOR NA MORTALIDADE CARDIOVASCULAR EM FORTALEZA, CEARÁ

Charla Campos Pereira (1); Alex Tavares Diniz (2); Glauber Lopes Mariano (3); Paulo Antunes Dias Pereira Calado (4); Heliofábio Barros Gomes (5); Fabiana Rocha Bartolomei (6); Eos Ananke Henrique da Silva Santos (7); Mellissa Gabriella da Silva Santos (8); Helder José Farias da Silva.

(1) Mestranda, UFAL, charla.pereira@icat.ufal.br
(2) Mestrando, UFAL, alex.diniz@icat.ufal.br
(3) Doutor, UFAL, glauber.mariano@icat.ufal.br
(4) Doutorando, INPE, Paulo.antunes.dias.p@gmail.com
(5) Doutor, UFAL, heliofabio@icat.ufal.br
(6) Mestranda, INPE, fabiana.bartolomei@inpe.br
(7) Graduanda, UFAL, eos.santos@icat.ufal.br
(8) Graduanda, UFAL, mellissa.santos@icat.ufal.br
(9) Doutor, UFAL, helder.silva@icat.ufal.br

RESUMO

As ondas de calor consistem em períodos consecutivos de temperaturas anormalmente elevadas e representam um importante fator de risco para a mortalidade por doenças do aparelho circulatório. O presente estudo teve como objetivo analisar a mortalidade cardiovascular em dias com ocorrência de ondas de calor no município de Fortaleza, Ceará, avaliando o perfil demográfico, os principais grupos etiológicos e o comportamento temporal dos óbitos. Para isso, utilizaram-se dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM/DATASUS), abrangendo as doenças classificadas no Capítulo IX da CID-10 (I00-I99) entre os anos de 2005 e 2024. Os dados de temperatura máxima diária foram obtidos a partir do banco Brazilian Daily Weather Gridded Data. A definição das ondas de calor baseou-se no critério do percentil 90 das temperaturas máximas associado à ocorrência de três ou mais dias consecutivos acima da média climatológica. No período estudado, foram identificados 1.055 óbitos por causas circulatórias em dias de ondas de calor. Os resultados apontaram uma predominância do sexo masculino (51,56%) em relação ao feminino (48,44%). A população idosa apresentou acentuada vulnerabilidade, visto que indivíduos com 60 anos ou mais responderam por 77,35% dos óbitos registrados. Entre os principais grupos etiológicos, destacaram-se Outras Doenças Cardíacas (35,01%), Doenças Cerebrovasculares (34,63%) e Doenças Isquêmicas do Coração (21,06%), que concentraram mais de 90% da mortalidade total. Na análise temporal, verificaram-se picos expressivos nos anos de 2010, 2021 e 2023, associados à atuação do fenômeno El Niño e à intensificação das temperaturas extremas. O maior pico ocorreu em dezembro de 2021, registrando 103 óbitos e uma taxa de 4,00 mortes por 100 mil habitantes, período concomitantemente influenciado pela pandemia de COVID-19. Conclui-se que as ondas de calor atuam como um grave fator de exacerbação da mortalidade cardiovascular em Fortaleza, especialmente entre os idosos, o que reforça a urgência de estratégias de vigilância em saúde e planos de proteção civil durante eventos climáticos extremos.
Palavras-chave: mortalidade, ondas de calor, doenças cardiovasculares, mudanças climáticas.

1. INTRODUÇÃO

As ondas de calor consistem em períodos de vários dias consecutivos com temperaturas anormalmente elevadas para uma determinada região e época do ano. Esse fenômeno climático extremo atua como um importante fator de estresse ambiental, aumentando de forma consistente o risco de morbimortalidade por doenças do aparelho circulatório (doenças cardiovasculares). Esse impacto já foi amplamente documentado em diferentes países, cenários climáticos e desenhos metodológicos. Em meta-análises globais, evidenciou-se que cada aumento de 1 °C acima da temperatura de referência local eleva a mortalidade cardiovascular em cerca de 2% a 3%, com riscos acentuados para o Acidente Vascular Cerebral (AVC) e a doença coronariana (Alahmad et al., 2022; Liu et al., 2022). Quando analisadas sob o critério de eventos prolongados, as ondas de calor chegam a incrementar a mortalidade cardiovascular em magnitudes expressivas, variando entre 11% e 19% em escala global (Cheng et al., 2022).

2. OBJETIVO

Analisar a mortalidade por doenças do aparelho circulatório em dias de ocorrência de ondas de calor no município de Fortaleza, Ceará, no período de 2005 a 2024, caracterizando o perfil demográfico dos indivíduos, identificando os principais subgrupos etiológicos segundo a CID-10 e avaliando o comportamento temporal dos óbitos associados a esses eventos climáticos extremos.

3. MÉTODO

Utilizaram-se valores de temperatura máxima diária dos anos de 2001 a 2024 para calcular as ondas de calor no município de Fortaleza, Ceará. Os dados de temperatura utilizados neste estudo foram obtidos a partir do conjunto de dados meteorológicos em grade disponibilizado por Xavier et al., (2016), disponível em: Brazilian Daily Weather Gridded Data. Os dados referentes aos óbitos diários foram obtidos junto ao Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), sob gestão do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). A extração, a filtragem e o processamento dos microdados foram realizados no ambiente computacional RStudio (versão 2025.09.2), utilizando o pacote especializado microdatasus. Essa ferramenta permitiu o download automatizado dos arquivos diretos do servidor oficial de FTP do DATASUS. Foram selecionados exclusivamente os registros de indivíduos residentes no município de Fortaleza cuja causa básica do óbito estivesse classificada no Capítulo IX da CID-10 (códigos de I00 a I99).

Na etapa epidemiológica, integraram-se os dados climáticos e os registros de óbitos diários do DATASUS. Para a definição das ondas de calor, realizou-se o cálculo do percentil 90 das temperaturas máximas, considerando períodos de três ou mais dias consecutivos acima da média climatológica (PERKINS; ALEXANDER, 2013). Este procedimento foi realizado no software Microsoft Excel, enquanto a extração, o processamento e as análises epidemiológicas foram conduzidos no ambiente RStudio.

Registrou-se um total de 1.055 óbitos por causas circulatórias ocorridos estritamente nos dias de vigência das ondas de calor (defasagem zero / *lag 0*) entre os anos de 2005 e 2024.

3.1. Eixos Analíticos e Variáveis

As variáveis da pesquisa foram processadas a partir de três eixos analíticos. O primeiro deles, focado no perfil demográfico, avaliou a distribuição conjunta de sexo e faixas etárias, cobrindo o intervalo de 0 a 4 anos até 75 anos ou mais. O segundo eixo abordou o perfil etiológico, investigando as causas de morte por meio de subgrupos específicos do Capítulo IX da CID-10 (códigos I00-I99). Por fim, o comportamento temporal foi analisado por uma avaliação dos óbitos ocorridos nos episódios de calor ao longo da série histórica, cuja magnitude foi expressa por meio da taxa de mortalidade por 100 mil habitantes.

4. RESULTADOS

A análise demográfica identificou 1.055 óbitos por causas circulatórias em dias de ondas de calor no município de Fortaleza. Desse total, 544 casos (51,56%) corresponderam ao sexo masculino e 511 (48,44%) ao sexo feminino. A distribuição dos dados revela uma expressiva concentração da mortalidade na população idosa exposta ao estresse térmico, conforme sistematizado na figura 1.

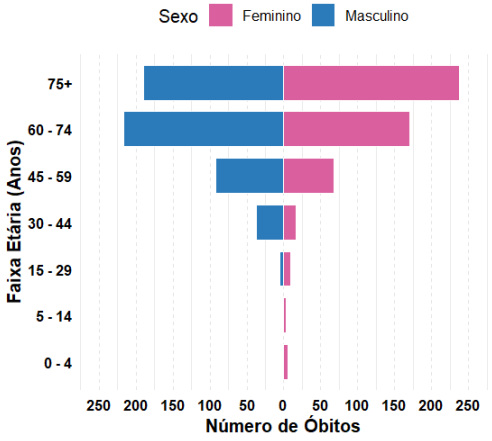


Figura 1 - Distribuição dos óbitos por sexo e faixa etária em dias de ondas de calor em Fortaleza (2005-2024).

Os indivíduos com 60 anos ou mais responderam por 77,35% da mortalidade total (816 óbitos) associada às ondas de calor. Esse cenário concorda com autores, que apontam faixas etárias mais avançadas ≥ 65–75 anos) como sistematicamente mais vulneráveis ao choque térmico (Åström et al., 2015; Cheng et

al., 2019; Liu et al., 2022). Contudo, enquanto os estudos científicos apontam majoritariamente as mulheres como o grupo de maior risco biológico e social frente ao estresse por calor (Yin et al., 2017; Kollanus et al., 2021), as evidências em Fortaleza revelaram uma inversão desse comportamento epidemiológico padrão, registrando maior número de óbitos geral entre os homens.

Essa diferença entre os sexos torna-se contundente ao avaliar a mortalidade precoce. Nas faixas de transição adulta (30 a 59 anos), os homens somaram 129 óbitos frente a 85 ocorrências femininas. Esse fenômeno sugere a potencial influência de fatores socioambientais, como a maior exposição ocupacional masculina a atividades ao ar livre sob radiação solar direta, somada a uma menor adesão a comportamentos preventivos e de autocuidado. O padrão de sobremortalidade feminina manifestou-se unicamente na faixa de 75 anos ou mais, na qual o sexo feminino concentrou o maior volume absoluto de óbitoss: 238 casos contra 190 masculinos.

Sob a ótica da categorização clínica (Figura 2), a totalidade dos registros por causas circulatórias sob estresse térmico distribuiu-se majoritariamente em três grandes eixos patológicos.

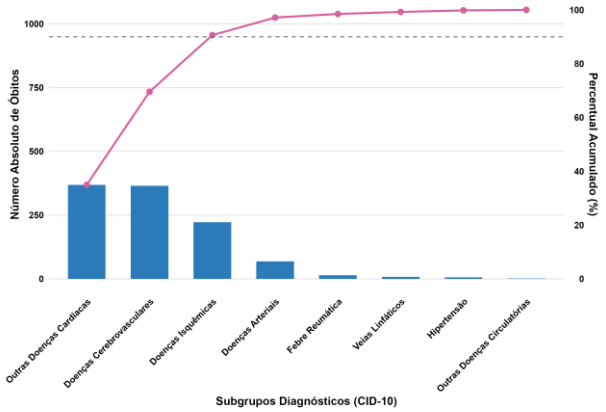


Figura 2– Óbitos em dias de ondas de calor segundo subgrupos do Capítulo IX da CID-10.

O maior volume de óbitos concentrou-se no agrupamento de Outras Doenças Cardíacas (CID I30-I52), com 369 casos (35,01%), e nas Doenças Cerebrovasculares (CID I60-I69), com 365 ocorrências (34,63%), seguidas pelas Doenças Isquêmicas do Coração (CID I20-I28), que responderam por 222 mortes (21,06%). Coletivamente, essas três classes clínicas concentraram 90,7% da mortalidade nos dias de calor extremo. Esse cenário indica que a hemoconcentração e a sobrecarga circulatória deflagradas pelo estresse térmico severo atuam como gatilhos para crises isquêmicas agudas e acidentes vasculares encefálicos (Liu et al., 2022; Yan et al., 2023).

Sob a perspectiva temporal, a distribuição dessas mortes em dias de ondas de calor não ocorreu de forma homogênea ao longo das duas décadas avaliadas. O comportamento histórico exibiu picos agudos bem delimitados, cujos meses de maior severidade epidemiológica encontram-se sumarizados na Figura 3.

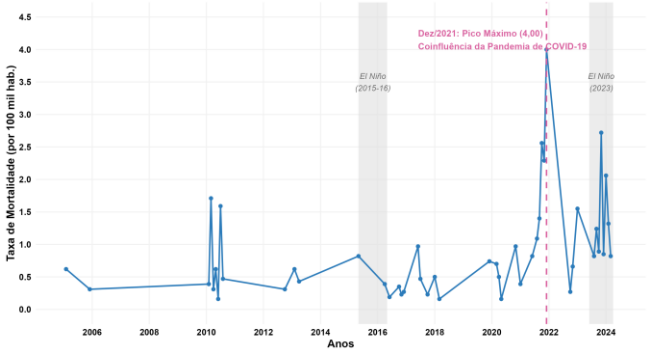


Figura 3– Série de óbitos em dias de ondas de calor em Fortaleza (2005-2024).

Os picos identificados em 2010 e o severo aumento no final de 2023 coincidiram com períodos de atividade global do fenômeno El Niño (moderado e forte, respectivamente). Esse evento climático atua diretamente sobre o Nordeste setentrional bloqueando sistemas frontais, inibindo as precipitações e gerando um aquecimento anômalo do ar. Paralelamente, o encerramento do ano de 2021 concentrou a janela

epidemiológica mais crítica de toda a série histórica avaliada. O incremento das mortes foi progressivo a partir de outubro (66 óbitos) e atingiu o ápice em dezembro de 2021, registrando 103 mortes e uma taxa expressiva de 4,00 óbitos por 100 mil habitantes. Sob a ótica meteorológica, esse intervalo concentrou maior incidência de radiação solar direta. Contudo, do ponto de vista epidemiológico, esse salto drástico observado em 2021 sobrepõe-se e não pode ser dissociado dos impactos sistêmicos da pandemia de COVID-19.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos evidenciam que a mortalidade por doenças do aparelho circulatório associada às ondas de calor em Fortaleza apresenta uma acentuada concentração na população idosa, distribuída sobretudo entre cardiopatias gerais, agravos cerebrovasculares e eventos isquêmicos. Contudo, o estudo revela uma divergência entre os sexos crucial em relação ao panorama internacional: enquanto os modelos epidemiológicos globais frequentemente apontam o sexo feminino como o principal grupo vulnerável aos extremos térmicos, a realidade local demonstrou o predomínio das mortes masculinas, marcado de forma preocupante por óbitos precoces na idade adulta.

A dinâmica temporal reforça que os picos epidemiológicos na região são intensificados por forçantes climáticas de grande escala — a exemplo do El Niño —, pela forte incidência de radiação solar direta e pela sobreposição de crises sanitárias, como os impactos da pandemia de COVID-19 no final de 2021. Em suma, este cenário alerta para a urgência de implementar sistemas de aviso prévio e planos de contingência específicos voltados à proteção da saúde cardiovascular em períodos de calor extremo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Åström, O., Schifano, P., Asta, F., Lallo, A., Michelozzi, P., Rocklöv, J., & Forsberg, B. (2015). The effect of heat waves on mortality in susceptible groups: a cohort study of a mediterranean and a northern European City. *Environmental Health, 14*. https://doi.org/10.1186/s12940-015-0012-0.

Cheng, J., Xu, Z., Bambrick, H., Prescott, V., Wang, N., Zhang, Y., Su, H., Tong, S., & Hu, W. (2019). Cardiorespiratory effects of heatwaves: A systematic review and meta-analysis of global epidemiological evidence.. *Environmental research, 177*, 108610 . https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108610.

Chen, J., Zhou, M., Yang, J., Yin, P., Wang, B., Ou, C., & Liu, Q. (2020). The modifying effects of heat and cold wave characteristics on cardiovascular mortality in 31 major Chinese cities. *Environmental Research Letters, 15*. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abaea0.

De Moraes, S., Almendra, R., & Barrozo, L. (2021). Impacto de ondas de calor e de frio na mortalidade por causas específicas na cidade de São Paulo, Brasil. *International journal of hygiene and environmental health*, 239, 113861.

Kollanus, V., Tiittanen, P., & Lanki, T. (2021). Mortality risk related to heatwaves in Finland - Factors affecting vulnerability.. *Environmental research*, 111503 . https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111503.

Liu, J., Varghese, B., Hansen, A., Zhang, Y., Driscoll, T., Morgan, G., Dear, K., Gourley, M., Capon, A., & Bi, P. (2022). Heat exposure and cardiovascular health outcomes: a systematic review and meta-analysis.. *The Lancet. Planetary health, 6 6*, e484-e495 . https://doi.org/10.1016/s2542-5196(22)00117-6.

Perkins, Sarah E., and Lisa V. Alexander. "On the measurement of heat waves." *Journal of climate* 26.13 (2013): 4500-4517.

Son, J., Gouveia, N., Bravo, M., Freitas, C., & Bell, M. (2015). O impacto da temperatura na mortalidade em uma cidade subtropical: efeitos do frio, calor e ondas de calor em São Paulo, Brasil. *International Journal of Biometeorology*, 60, 113-121.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, 2016.

Yan, M., Xie, Y., Zhu, H., Ban, J., Gong, J., & Li, T. (2023). Cardiovascular mortality risks during the 2017 exceptional heatwaves in China.. *Environment international, 172*, 107767 . https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107767.

Yin, Q., & Wang, J. (2017). The association between consecutive days' heat wave and cardiovascular disease mortality in Beijing, China. *BMC Public Health, 17*. https://doi.org/10.1186/s12889-017-4129-7.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UFAL e ao CNPq pelo suporte institucional e apoio à pesquisa. Este trabalho foi realizado com o suporte da FAPEAL, mediante concessão de bolsa de mestrado, e do DATASUS/MS, pela disponibilização pública dos dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM).