



Caracterização de Associações entre Ondas de Calor, Óbitos e Hospitalizações em Campinas

Maria Giulia Martins¹, Thiago Ribas Bella¹, Ana Maria Heuminski de Avila², Eliana Cotta de Faria³,
Paula Dornhofer Paro Costa¹

¹Depto. Eng. de Computação e Automação (DCA), Faculdade de Eng. Elétrica e de Computação (FEEC)

²Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI)

³Depto. de Patologia Clínica, Faculdade de Ciências Médicas (FCM)

Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Campinas-SP, Brasil

e-mail: m202819@dac.unicamp.br, paulad@unicamp.br

Resumo—Nas últimas duas décadas, os efeitos das mudanças climáticas têm se tornado cada vez mais perceptíveis, dentre outros motivos, pelo aumento da frequência, intensidade e duração dos chamados eventos climáticos e meteorológicos extremos, tais como estiagens, enchentes, ciclones, ondas de calor, etc. O estudo dos impactos socioeconômicos e na saúde humana, em nível regional, é relevante para o desenvolvimento de estratégias de adaptação.

O presente trabalho apresenta como principal contribuição a integração de informações de clima, dados de hospitalizações e de mortes na cidade de Campinas (São Paulo, Brasil). Uma primeira análise foi realizada estudando-se o impacto de ondas de calor nos óbitos de pacientes que se encontravam hospitalizados no período de ocorrência da onda. A análise estratificada por doenças apresenta um padrão diferenciado na frequência de mortes de pacientes expostos, indicando necessidade de investigação mais aprofundada do fenômeno.

Palavras-chave—Clima, Óbitos, Hospitalizações.

I. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm contribuído para elevar a frequência, a intensidade e a duração de eventos climáticos extremos. Conforme apontado pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) [1], um evento climático extremo é um evento raro em um determinado lugar e época do ano, onde leva-se em consideração um critério de raridade do evento, tipicamente caracterizado por valores abaixo do percentil 10 ou acima do percentil 90 de uma função densidade de probabilidade estimada a partir da análise de séries temporais históricas.

Eventos climáticos extremos oferecem risco à sociedade como um todo, pois podem destruir construções (como no

Este trabalho foi financiado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), CNPq.

caso de enchentes e ciclones), afetar economias nacionais (como no caso de longas estiagens que impactam a agricultura) e sendo uma grande preocupação à saúde pública no seu conceito mais amplo, podendo ser responsáveis, inclusive, por hospitalizações e mortes no curto prazo das exposições.

Nota-se uma diferente resposta às mudanças climáticas para cada população [2], tornando-se necessários estudos regionalizados. O presente trabalho tem como principal contribuição, a construção de um banco de dados que integra dados de hospitalização, mortes e de ocorrência de ondas de calor na cidade de Campinas (São Paulo - Brasil). O artigo também apresenta os resultados de uma primeira investigação do impacto da exposição a ondas de calor nos óbitos de pacientes que se encontravam hospitalizados durante sua ocorrência. Finalmente, realiza-se uma breve análise das principais estatísticas do banco de dados construído, que aponta para a necessidade de realização de estudos estratificados para diferentes doenças associadas às hospitalizações e óbitos.

II. MÉTODO

A. Dados

Os bancos de dados de óbitos e hospitalizações utilizados nesse trabalho foram cedidos pela Secretaria Municipal de Saúde de Campinas, por meio de projeto de cooperação em pesquisa. Seu uso para fins de pesquisa está autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unicamp sob CAAE 95503318.4.0000.5404. O banco de dados de variáveis meteorológicas foi obtido através do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

O banco de dados de hospitalizações compreende registros no período de 2013 a 2018 para o município de Campinas-SP, totalizando 51697 observações. Registros anteriores a 2013

foram removidos devido à inconsistências como, por exemplo, datas de solicitações incoerentes com o ano da internação. Nesse banco, foram removidos os registros contendo duplicatas; sexo ignorado; data de nascimento ausente; e pacientes residentes em outro município. No processo de limpeza foi removido cerca de 4% dos dados, resultando em uma base com 53193 observações e 42 colunas.

O banco de dados de óbitos, por sua vez, também compreende registros realizados em Campinas-SP no período de 2000 a 2019, totalizando 162412 observações. Nesse banco, foram removidos os registros contendo duplicatas; óbitos infantis ou fetais; data de nascimento ausente; data de nascimento igual a de óbito; sexo ignorado; e pacientes residentes em outro município. No processo de limpeza foi removido cerca de 6% dos dados, resultando em uma base de 162412 observações e 84 colunas.

O banco de dados de variáveis meteorológicas compreende dados diários de temperaturas máxima e mínima. Os dados foram coletados na estação meteorológica do IAC no período de 1956 a 2018. A partir dos valores diários de temperatura criou-se uma variável binária indicando a presença de onda de calor para cada dia dos bancos de óbitos e hospitalizações. Valores de temperaturas máximas e mínimas acima do percentil 90, considerando-se a série histórica de temperaturas (1961 - 1990), foram utilizados para definir um *dia quente*. Uma onda de calor foi definida como sendo todo período que compreende três ou mais *dias quentes* consecutivos [3].

Os bancos de dados de saúde e a variável binária de ondas de calor foram agregados em uma única base com observações no período entre 2000 e 2019. A união dos bancos foi realizada a partir da concatenação das bases curadas, de forma que cada observação do banco representasse um evento de hospitalização com seu respectivo óbito ocorrido num período de até sete dias. O período de sete dias foi escolhido devido à evidências do efeito retardado da exposição, ainda que pontual de temperaturas extremas, na população [4], [5]. As principais variáveis desse banco agregado são: datas do óbito e da hospitalização, CID-10 (Código Internacional de Doenças) associado à hospitalização e óbito, código anonimizado de individualização de paciente, sexo, cor, idade e exposição/não-exposição a onda de calor no período entre hospitalização e óbito.

Para as análises desse artigo, o banco foi processado para se extrair números diários de hospitalizações que resultaram em óbitos. Na próxima subseção, descreve-se o método utilizado para comparação das distribuições de ambas as amostras.

B. Estudo de Associações

A comparação entre os grupos foi realizada utilizando-se os testes de hipótese U de Mann-Whitney [6], Ranksum [7] e Kolmogorov-Smirnov [8]. O grupo *exposição* compreendeu o registro de óbitos diários de indivíduos que foram expostos a ondas de calor durante o período de hospitalização. O grupo *controle*, por sua vez, compreendeu o registro de óbitos diários de indivíduos que não foram expostos a ondas de calor no

período de hospitalização. A hipótese nula é de igualdade na distribuição do número de óbitos diários entre os grupos.

III. RESULTADOS

No grupo *exposição* encontramos 126 registros de óbitos distribuídos em 99 dias, enquanto que no grupo *controle* houve 1232 óbitos em 863 dias. Diferente do grupo *controle*, em que houve registros de óbitos para todas as faixas etárias (Figura 1), no grupo *exposição* não houve presença de pessoas menores de 40 anos (Figura 2).

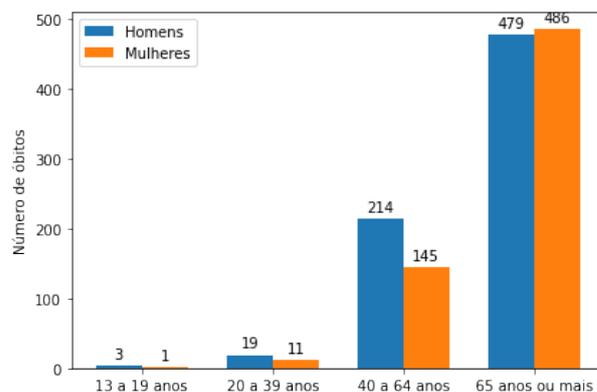


Figura 1. Óbitos por faixa etária e sexo no grupo *controle*

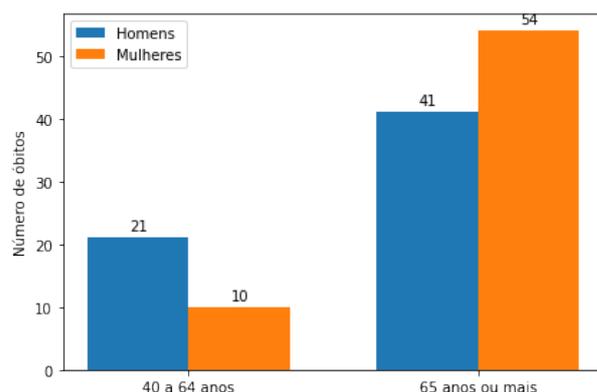


Figura 2. Óbitos por faixa etária e sexo no grupo *exposição*

Os três testes de hipótese utilizados mostraram que os grupos não divergiram significativamente em relação ao número de óbitos diário (Tabela I).

Tabela I
TESTES DE HIPÓTESE FAIXAS ETÁRIAS DO BANCO UNIFICADO PARA ONDAS DE CALOR

Teste de Hipótese	U-estatístico	p-valor
U de Mann-Whitney	45323.5	>0.05
Ranksum	0.97	>0.05
Kolmogorov-Smirnov	-	>0.05

Apesar de não haver diferenças significativas na distribuição do número de óbitos diário geral, o gráfico da Figura 3 aponta

para um possível aumento na frequência dos óbitos de algumas doenças específicas como neoplasia maligna dos brônquios ou pulmões (C349), sequelas de acidente vascular cerebral (I694) e outras doenças cerebrovasculares (I678).

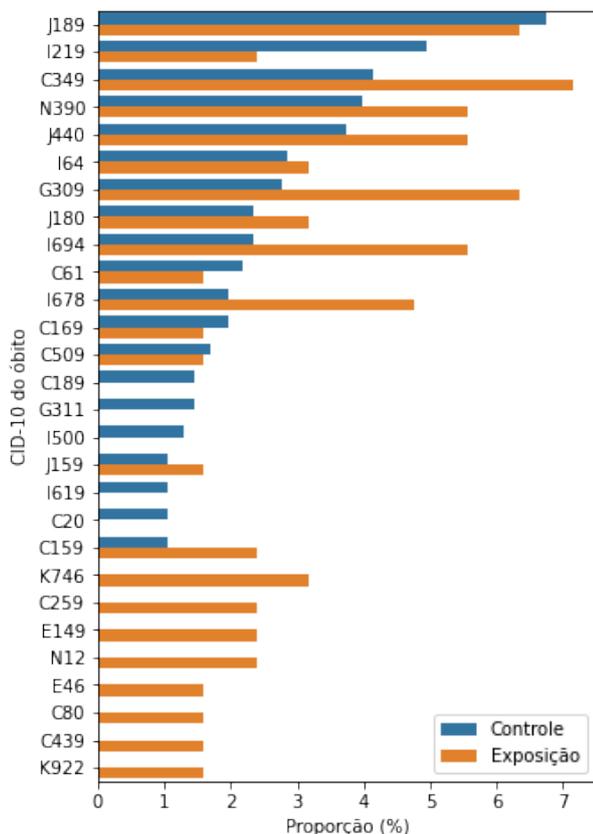


Figura 3. Proporção de óbitos por CID-10 entre grupos

A. Discussão

Em conjunto aos testes de hipótese aplicados nos grupos, também fez-se necessário uma análise complementar através de gráficos pois, ao analisar a presença das doenças mais comuns nos dois grupos, observa-se uma disparidade nas proporções, embora haja similaridades na distribuição do número de óbitos por dia. Assim, o efeito do evento extremo climático de ondas de calor na distribuição fica oculto sem essa análise complementar.

Há evidências na literatura mostrando que doenças cardiorrespiratórias são especialmente afetadas por eventos climáticos extremos, assim como sugerido pela análise gráfica complementar. Entretanto, o impacto pode variar entre populações, provavelmente por causa de características específicas, tanto do clima quanto da população. [4], [5], [9]

No grupo exposição, não há indivíduos menores de 40 anos, evidenciando que as pessoas mais susceptíveis se concentram em faixas etárias mais próximas dos idosos. Além disso, trabalhos da literatura apontam que em geral, estas pessoas do grupo exposição são de baixo nível socioeconômico e com doenças preexistentes [4], [9], [10].

IV. CONCLUSÃO

Na base de dados unificada nota-se, através dos resultados para dados gerais e para a estratificação em ondas de calor, que há um equilíbrio percentual entre a presença masculina e feminina (Figuras 1 e 2). Observa-se, também, que a maioria dos pacientes cujo desfecho da internação foi o óbito em até sete dias são idosos (Figuras 1 e 2).

A partir dos testes de hipótese para os dados gerais (Tabela I), não se encontrou efeito estatisticamente significativo no número de óbitos em pacientes que foram expostos a ondas de calor no período de internação. No entanto, análises preliminares sugerem que algumas doenças podem ser mais impactadas por esta exposição, levantando o interesse por uma análise estratificada por doenças.

REFERÊNCIAS

- [1] IPCC, *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2012.
- [2] I. H. Silveira, T. R. Cortes, B. F. A. de Oliveira, and W. L. Junger, "Projections of excess cardiovascular mortality related to temperature under different climate change scenarios and regionalized climate model simulations in Brazilian cities," *Environmental Research*, 2021.
- [3] J. L. Geirinhas, R. M. Trigo, R. Libonati, and L. de Faria Peres1, "Caracterização Climática de Ondas de Calor no Brasil," *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, pp. 333–350, 2018.
- [4] J. Huang, J. Tan, and W. Yu, "Temperature and Cardiovascular Mortality Associations in Four Southern Chinese Cities: A Time-Series Study Using a Distributed Lag Non-Linear Model," *Sustainability*, vol. 9, no. 3, p. 321, Feb. 2017. [Online]. Available: <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/3/321>
- [5] M. T. Moghadamnia, A. Ardalani, A. Mesdaghinia, A. Keshtkar, K. Naddafi, and M. S. Yekaninejad, "Ambient temperature and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis," *PeerJ*, vol. 5, p. e3574, 2017, publisher: PeerJ Inc.
- [6] Mann whitney u test. [Online]. Available: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.mannwhitneyu.html>
- [7] Ranksum test. [Online]. Available: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.ranksums.html>
- [8] Kolmogorov-smirnov test. [Online]. Available: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.kstest.html>
- [9] X. Song, S. Wang, Y. Hu, M. Yue, T. Zhang, Y. Liu, J. Tian, and K. Shang, "Impact of ambient temperature on morbidity and mortality: an overview of reviews," *Science of the Total Environment*, vol. 586, pp. 241–254, 2017, publisher: Elsevier.
- [10] C. Liu, Z. Yavar, and Q. Sun, "Cardiovascular response to thermoregulatory challenges," *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, vol. 309, no. 11, pp. H1793–H1812, Dec. 2015. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4698386/>