

INFLUÊNCIA DO ENOS NAS ONDAS DE CALOR E DE FRIO OBSERVADAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, BRASIL

Tiago Bentes Mandú^[1], Mary Toshie Kayano^[1], Nicole Cristine Laureanti^[1], Giovanna Deponte Galetti^[1], Eduardo Almeida da Silva^[2].

[1] Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;

[2] Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.

RESUMO: Esta pesquisa visa avaliar a influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) no número de eventos de ondas de calor e de frio observados na região metropolitana de São Paulo (RMSP). Foram utilizados dados diários de temperatura máxima e mínima do ar coletados por uma estação meteorológica convencional localizada na área central da RMSP para o período de 1961 a 2019. As ondas de calor e de frio foram identificadas usando métricas baseadas no percentil estatístico, as fases do ENOS foram obtidas a partir da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Foram observados 212 eventos de ondas de calor, e 367 de ondas de frio, com um maior número de ondas de calor durante a atuação do El Niño, e das ondas de frio em condições de La Niña. Espera-se que os resultados do presente estudo possam colaborar ao entendimento do papel do ENOS em extremos prolongados de temperatura.

Palavras-chave: Eventos extremos de temperatura; Variabilidade climática; Oscilações atmosféricas.

ABSTRACT: This research aims to evaluate the influence of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) on the number of heat and cold wave events observed in the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP). We used daily maximum and minimum air temperature data collected in a conventional meteorological station located in the central area of the MRSP for the period from 1961 to 2019. Heat and cold waves were identified from metrics based on the statistical percentile, and the years of ENSO extremes were obtained from the *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). We observed 212 heat waves, and 367 cold waves, with a greater number of heat waves during the El Niño, and cold waves in La Niña condition. It is expected that the results from the present study might collaborate with the understanding on the ENSO role on the long lasting extremes of temperature.

Keywords: Extreme temperature events; Climate variability; Atmospheric oscillations.

INTRODUÇÃO

As ondas de calor são um tipo de evento climático extremo definido como um episódio de calor excessivo com duração de alguns dias, e representa risco eminente aos seres humanos e aos diversos sistemas naturais terrestres e marinhos (McGREGOR et al., 2015). De acordo com Singh et al. (2019), os episódios de ondas de calor impactam de forma negativa diversos segmentos da sociedade, podendo causar danos a estruturas, principalmente às estradas de concreto, reduzir a produtividade de trabalhadores de várias áreas, acarretar também prejuízos econômicos como o aumento de consumo de energia elétrica e água, e eventos com maior persistência podem prejudicar safras inteiras de diversas culturas.

Episódios de frio persistente são conhecidos como ondas de frio, normalmente induzidas pela entrada de massa de ar frio de origem polar que causam e intensificam esse tipo de evento. Bitencourt et al. (2019) mostraram que existe uma progressiva redução neste tipo de evento no Brasil, mas ainda foram observados diversos episódios nas últimas décadas. Barnett et al. (2012) assinalam que, condições de frio intenso são um grave problema de saúde pública uma vez que são capazes de induzir a ocorrência e prevalência de diversas enfermidades, principalmente as relacionadas ao sistema cardiovascular e respiratório.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um evento climático extremo acoplado a partir da interação

entre a atmosfera e a porção tropical do oceano Pacífico, que exerce forte influência na variabilidade climática em escala global e possui duas fases, uma quente e outra fria o El Niño e La Niña, respectivamente (CIRINO et al., 2015). Os impactos que o ENOS causa no Brasil são diversos, que apresentam variabilidade espacial e temporal entre as fases e as regiões brasileiras, como por exemplo no regime pluviométrico do país, conforme apresentado por Kayano et al. (2019).

Estudos recentes apontam que padrões de teleconexões (como o ENOS), influenciam no comportamento da atmosfera na região subtropical do Brasil e podem contribuir para a ocorrência de eventos extremos de temperatura, dependendo da fase dessa oscilação (RUSTICUCCI, 2012; BITTENCOURT et al., 2016). Diante do exposto, a presente pesquisa teve por objetivo verificar a influência das fases do ENOS no número de episódios de ondas de calor e de frio observadas na região metropolitana de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a maior região metropolitana do país, possuindo mais de 20 milhões de habitantes com densidade populacional de 2.714,45 hab./km², e 39 municípios (IBGE, 2020). Foram utilizados dados diários de temperatura máxima e mínima do ar coletados a partir da estação meteorológica convencional n° 83781, localizada na área central da RMSP, para o período de 1961 a 2019. O controle de qualidade dos dados foi realizado a partir da variação interquartil, técnica proposta por Sugahara et al. (2012).

As ondas de calor foram identificadas a partir da metodologia de Perkins & Alexander (2013), que define o evento como 3 dias consecutivos ou mais que a temperatura máxima do ar apresentar valores acima do percentil 90, considerando um percentil 90 para cada dia do ano, centrando o dia em questão em uma janela temporal de 15 dias. De maneira similar, as ondas de frio foram detectadas a partir da abordagem realizada por Silveira et al. (2019), considerando o percentil 10 e a temperatura mínima do ar deve ser abaixo deste percentil por no mínimo 3 dias consecutivos para a mesma janela temporal das ondas de calor. A ocorrência do ENOS foi identificada a partir do *Oceanic Niño Index* (ONI) desenvolvido por Trenberth (1997), que é baseado em anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) da região Niño 3.4 do oceano Pacífico tropical, obtidos a partir da plataforma digital da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2020). A análise consistiu na comparação do número de episódios de ondas de calor e de frio entre as diferentes fases do ENOS.

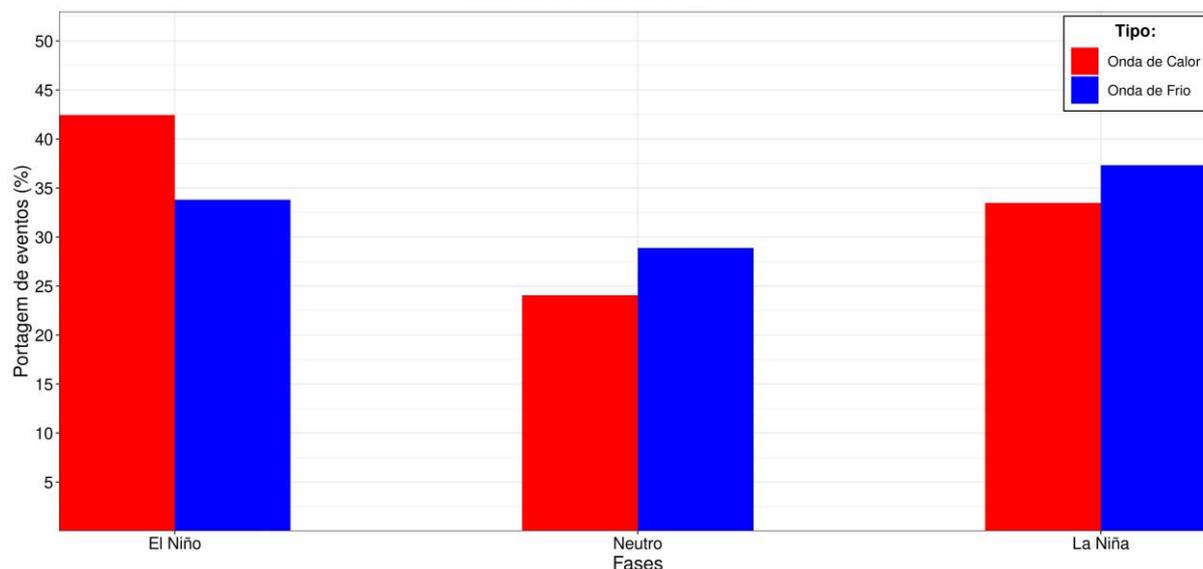
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os 59 anos analisados, foram identificados 212 episódios de ondas de calor, observados em todas as fases do ENOS conforme mostrado na Figura 1. Destes, 90 eventos foram registrados em anos de El Niño, correspondendo a 42,5% do total de registros, durante La Niña ocorreram 71 ondas de calor, que representa 33,5% da quantidade total de eventos, e em condições de neutralidade, se teve 24,1% do total de eventos. Nota-se que foi durante anos de El Niño que se teve um maior número de ondas de calor, sugerindo que as condições atmosféricas associadas a fase quente do ENOS podem favorecer eventos prologados de calor na RMSP.

Referente as ondas de frio, foram registrados 367 eventos que apresentaram maior ocorrência quando comparadas com as ondas de calor. Durante o El Niño, ocorreram 124 episódios, equivalente à 33,8% dos registros. Um total de 137 (28,9%) dos eventos foram vistos durante a atuação da La Niña, e 106 (25,2%) eventos quando se teve neutralidade. Mostrando que diferente do observado para as ondas de calor, o maior número de eventos é visto em anos de La Niña, evidenciando que a influência do ENOS nas ondas de calor e de frio na RMSP é diferente entre as suas fases.

Rusticucci et al. (2016) mostraram que em ambas as fases do ENOS se tem registros de eventos extremos de temperatura, sendo maiores para o El Niño para condições de calor excessivo, confirmado pelos resultados do presente estudo, uma vez que em anos de El Niño obtivemos um maior número de eventos nas ondas de calor. De acordo com Ratnam et al. (2016), as condições atmosféricas associadas ao El Niño e La Niña favorecem os eventos de ondas de frio, e Firpo et al. (2012) mostram que se tem um maior número de ondas de frio na presença de La Niña, fase que coincide com o maior número de eventos de ondas de frio registrados na RMSP.

Figura 1 – Porcentagem dos eventos de ondas de calor e de frio registrados na RMSP durante as diferentes fases do ENOS.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que na RMSP teve um elevado número de ondas de calor e de frio, com o maior número de ondas de calor durante a atuação do El Niño e o oposto foi observado para as ondas de frio, que apresentou quantidade maior de episódios em condições de La Niña. Sugere-se que estudos posteriores sejam realizados a fim de verificar se essa relação também pode ser observada em outras cidades brasileiras, assim como se o ENOS também impacta em outras características dessas ondas de calor e de frio como a duração e intensidade.

INSTITUIÇÃO FINANCIADORA E AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- BARNETT, A. G.; HAJAT, S.; GASPARRINI, A.; ROCKLOV, J. Cold and heat waves in the United States. **Environmental research**, 112, 218-224, 2012.
- BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; FRANKE, A. E.; SILVEIRA, R. B.; ALVES, M. P. The climatology of cold and heat waves in Brazil from 1961 to 2016. **International Journal of Climatology**, v. 40, n. 4, p. 2464-2478, 2019.
- BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; MAIA, P. A.; AMORIM, F. T. Frequência, duração, abrangência espacial e intensidade das ondas de calor no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.31, n. 4, n. 1, p. 506-517, 2016.
- CIRINO, P. H.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J.; REIS, E. Assessing the impacts of ENSO-related weather effects on the Brazilian agriculture. **Procedia Economics and Finance**, v. 24, n. 1, p.146-155, 2015.
- FIRPO, M. Â. F.; SANSIGOLO, C. A.; ASSIS, S. V. D. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao ENOS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 1, p. 95-106, 2012. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas>>. Acesso em 28 de maio de 2020.

IX Simpósio da Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
São José dos Campos, Brasil
8 a 11 de Dezembro de 2020

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V.; SOUZA, R. A. Pacific and Atlantic multidecadal variability relations to the El Niño events and their effects on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 40, n. 4, p. 2183-2200, 2019.

McGREGOR, G. R.; BESSEMOULIN, R.; EBI, K.; MENNE, B. **Heatwaves and health: Guidance on warning-system development**. Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization and World Health Organization, 2015.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em 7 de julho de 2020.

PERKINS, S. E.; ALEXANDER, L. V. On the measurement of heat waves. **Journal of Climate**, v. 26, n. 13, p. 4500-4517, 2013.

RATNAM, J. V.; BEHRA, S. K.; ANNAMALAI, H.; RATNA, S. B.; RAJEEVAN, M.; YAMAGATA, T. ENSO's far reaching connection to Indian cold waves. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2016.

RUSTICUCCI, M. Observed and simulated variability of extreme temperature events over South America. **Atmospheric Research**, v. 106, n. 30, p. 1-17, 2012.

RUSTICUCCI, M.; BARRUCAND, M.; COLLAZO, S. Temperature extremes in the Argentina central region and their monthly relationship with the mean circulation and ENSO phases. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 6, p. 3003-3017, 2017.

SILVEIRA, R. B.; ALVES, M. P. A.; SOUSA, C. M.; GONÇALVES, P.; MONTEIRO, A.; FRANKE, A. E. A DPOC na Área Metropolitana do Porto e o efeito das ondas de calor e de frio na enfermidade. **Physis Terrae**, v. 1, n. 1, p. 31-56, 2019.

SINGH, R.; ARRIGHI, E.; STRACHAN, K.; SPIRES, M.; KADIHASANOGLU, A. Heatwave guide for cities (Tech. Rep.). The Hague, Netherlands: Red Cross Red Crescent Climate Centre, 2019.

SUGAHARA, S.; DA ROCHA, R. P.; YNOUE, R. Y.; DA SILVEIRA, R. B. Homogeneity assessment of a station climate series (1933–2005) in the Metropolitan Area of São Paulo: instruments change and urbanization effects. **Theoretical and applied climatology**, v. 107, n. 3, p. 361-374, 2012.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bull Amer Meteor Soc**, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.