



Condições Climáticas e Internações por Doenças Respiratórias em Belém do Pará.

Luana Karolina Cardoso Tavares¹, Gabriela Cacilda Godinho dos Reis², Edson Agnaldo Imbelloni Martins³, Ana Carla dos Santos Gomes⁴.

^{1,3} Graduandos do Curso de Ciências Atmosféricas, Instituto de Engenharia e Geociências/IEG, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém/Pará, Brasil.

²Pós-graduanda do Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento/PPGSND, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém/Pará, Brasil.

⁴ Professora do Curso de Ciências Atmosféricas, Instituto de Engenharia e Geociências/IEG, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém/Pará, Brasil.

Resumo

A condição climática pode desencadear o surgimento de ambientes propícios ao desenvolvimento de doenças do aparelho respiratório (DAR), que representam hoje uma das causas de maior mortalidade no Brasil e no mundo. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar a influência de variáveis meteorológicas (temperatura máxima e precipitação) no número de casos de doenças respiratórias na cidade de Belém do Pará, durante o período de 2000 a 2019. Foram utilizados dados meteorológicos obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) em forma digital de series históricas da rede de estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e as informações de internações por doenças respiratórias no banco de dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Foi utilizada estatística descritiva para resumir e descrever o conjunto de dados. Para medir a correlação entre as séries temporais em diferentes períodos de tempo utilizou-se a função correlação cruzada. Os dados mostraram que há relação entre as variáveis meteorológicas e as internações por DAR. Os meses de maiores índices pluviométricos também apresentaram alta nas taxas de internações. A

temperatura máxima, no entanto, apresentou relação inversa, quando as temperaturas se elevaram, as internações diminuíram. A partir da análise ficou evidente que as condições climáticas influenciam nos casos de internações por DAR, além disso, destaca-se a importância de mais pesquisas que explorem o tema.

Palavras-Chave: Biometeorologia, Clima e Saúde.

Abstract

The climatic condition can trigger the emergence of favorable environments for the development of diseases of the respiratory system (DRS), which represent today one of the causes of higher mortality in Brazil and in the world. Therefore, the aim of this study was to analyze the influence of meteorological variables (maximum temperature and precipitation) on the number of cases of respiratory diseases in the city of Belém do Pará, from 2000 to 2019. Meteorological data obtained through the Meteorological Database (BDMEP) in digital form of historical series of the station network of the National Institute of Meteorology (INMET) and information on admissions for respiratory diseases in the database of the Unified Health System (DATASUS). Descriptive statistics were used to summarize and describe the data set. To measure the correlation between time series in different time periods, the cross-correlation function was used. The data showed that there is a relationship between meteorological variables and hospitalizations for DRS. Months with higher rainfall rates also showed high rates of admissions. The maximum temperature, however, had an inverse relationship, when temperatures increased, hospitalizations decreased. From the analysis, it was evident that the climatic conditions influence the cases of hospitalizations for DRS, in addition, the importance of more research that explores the theme is highlighted.

Keywords: Biometeorology, Climate and Health.

Resumen

La condición climática puede desencadenar la aparición de ambientes favorables para el desarrollo de enfermedades respiratorias (DER), que representan hoy una de las causas de mayor mortalidad en Brasil y en el mundo. Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la



influencia de las variables meteorológicas (temperatura máxima y precipitación) en el número de casos de enfermedades respiratorias en la ciudad de Belém do Pará, de 2000 a 2019. Datos meteorológicos obtenidos a través de la Base de Datos Meteorológicos (BDMEP) en formato digital de serie histórica de la red de estaciones del Instituto Nacional de Meteorología (INMET) e información de ingresos por enfermedades respiratorias en la base de datos del Sistema Único de Salud (DATASUS). Se utilizaron estadísticas descriptivas para resumir y describir el conjunto de datos. Para medir la correlación entre series de tiempo en diferentes períodos de tiempo, se utilizó la función de correlación cruzada. Los datos mostraron que existe una relación entre las variables meteorológicas y las hospitalizaciones por DER. Los meses con mayores tasas de precipitación también mostraron altas tasas de ingresos. La temperatura máxima, sin embargo, mostró una relación inversa, cuando las temperaturas aumentaron, las hospitalizaciones disminuyeron. Del análisis se evidenció que las condiciones climáticas influyen en los casos de hospitalizaciones por DER, además, se destaca la importancia de más investigaciones que exploren el tema.

Palabras Claves: Biometeorología, Clima y Salud.

Introdução

Doenças respiratórias ou doenças do aparelho respiratório (DAR) são infecções que acarretam obstruções na passagem de ar a nível do trato respiratório superior e inferior (Thomazelli, 2007) e apresentam altas taxas de internação e morbimortalidade no Brasil e no mundo (Souza et al., 2012). Diversos fatores podem influenciar a incidência dessas doenças, principalmente aqueles associados ao comportamento, como o tabagismo, e ao ambiente, como a exposição à poluição atmosférica e as variações climáticas (Beber et al., 2020).

Carvalho et al. (2016) afirmam que a saúde humana é fortemente influenciada pelo clima e enfatizam que a temperatura, precipitação e umidade do ar exercem destacada influência sobre a manifestação de muitas doenças. De acordo com Beber et al. (2020), há evidências de que existe relação direta entre as variações meteorológicas e a saúde da população, sobretudo no comprometimento da função pulmonar e na incidência de doenças respiratórias.



Estudos em diferentes regiões são necessários para melhorar o entendimento da relação entre condições climáticas e a ocorrência de doenças respiratórias, pois segundo Mandú et. al (2019), o impacto do componente climático na saúde varia, entre outros fatores, de acordo com a latitude. Ressalta-se também, que no Brasil, as pesquisas que investigam esta relação, apresentam resultados distintos, pela complexidade dos diversos fatores envolvidos (Sales et al., 2018, Alfaia et al., 2018, Mandú et al., 2019).

Outro ponto importante é o cenário de mudanças climáticas, que tem gerado preocupação crescente quanto aos potenciais efeitos à saúde humana, especialmente aqueles relacionados ao sistema respiratório (Rosa et. al., 2008) o que leva a importância do conhecimento da etiologia das doenças respiratórias, para que seja proporcionada maior resolubilidade na atenção primária à saúde e norteio às ações de promoção e prevenção para redução das internações hospitalares, diminuição dos custos públicos, e principalmente a mortalidade por doenças respiratórias (Beber et al., 2020).

Com base nessas informações a hipótese neste estudo é que as condições climáticas influenciam o número de casos de doenças respiratórias. Assim, o objetivo neste estudo foi analisar a influência das condições climáticas (temperatura máxima e precipitação) nas internações por doenças respiratórias em Belém do Pará, no período de 2000 a 2019.

Material e Métodos

A área de estudo é a cidade de Belém (Figura 1), capital do Estado do Pará, com população estimada em 2019 de 1.492.745 hab, densidade demográfica de 1.315,26 hab/km² e área territorial de 1.059,458 km² (IBGE, 2020). Localiza-se em uma das regiões mais chuvosas do leste da Amazônia, com pluviosidade média anual em torno de 2.537 mm com sazonalidade da estação chuvosa (meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio – DJFMAM) (FIGUEROA e NOBRE, 1990), que ocorre principalmente devido à migração latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) nos meses de verão austral. Temperatura média de 26.8 °C e classificação do clima é Af segundo a Köppen e Geiger (1936).



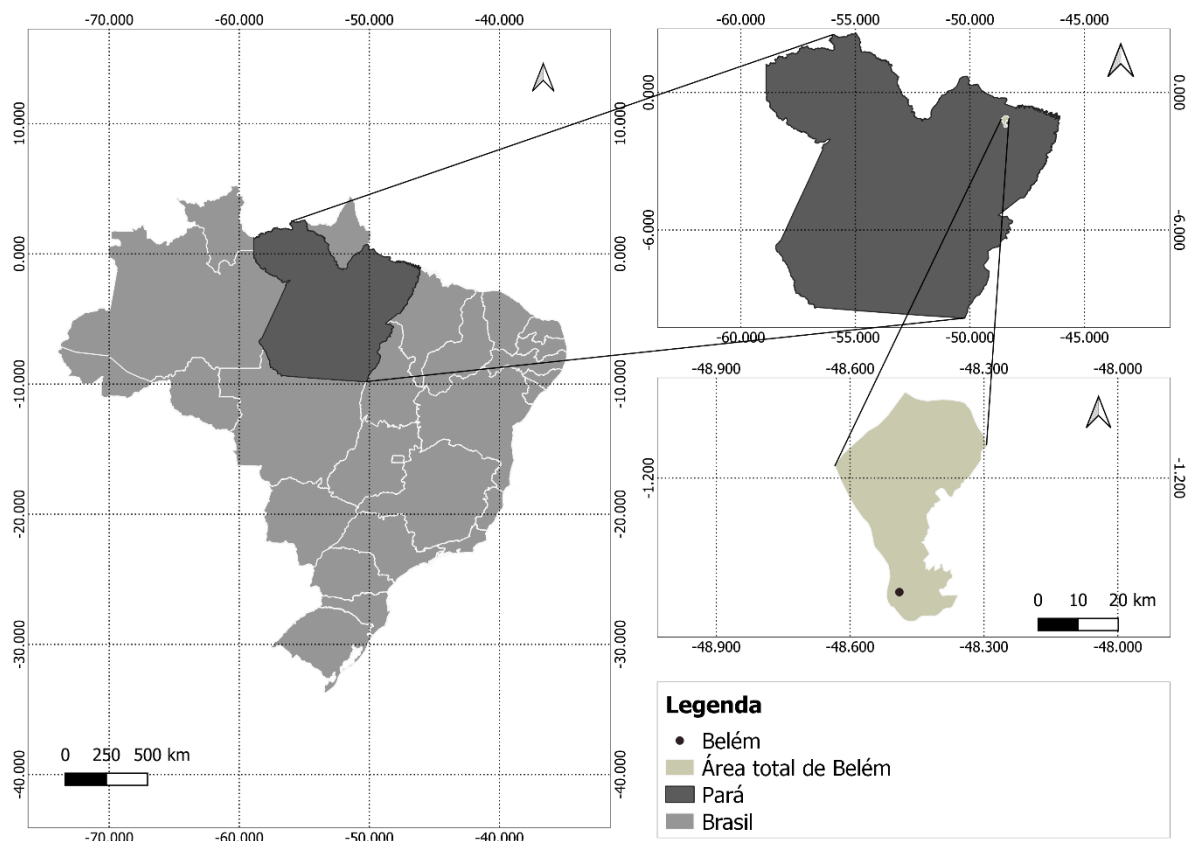


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo. Fonte: Dos autores.

Foram utilizados dados mensais de temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$), precipitação pluvial (mm) obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), que abriga dados meteorológicos em forma digital, referentes a séries históricas da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e as informações sobre as internações por doenças do aparelho respiratório, códigos 165-179 da décima revisão da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas relacionados à Saúde (CID10) disponibilizadas pelo banco de dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS) no período de 2000 a 2019.

A metodologia iniciou por meio da estatística descritiva que nos permite organizar, resumir e descrever o conjunto de dados. Com o propósito de avaliar o tempo de associação utilizaram-se a função correlação cruzada, que mede a correlação entre as séries temporais em diferentes

períodos de tempo. De acordo com Chatfield (2004), o estimador da função correlação cruzada é dado pela fórmula (1):

$$P_{xy}^{(h)} = \frac{\sum_{t=1}^{n-h} (x_{t+h} - \bar{x})(y_t - \bar{y})}{n^{-1} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (1)$$

em que x_t e y_t são as séries temporais; \bar{x} e \bar{y} são as médias; h é o coeficiente de defasagem entre as 4 séries; e n é o número de observações.

Resultados e Discussão

As estatísticas descritivas das variáveis meteorológicas do período estudado podem ser observadas na Tabela 01. Destacam-se as amplitudes de precipitação pluvial e temperatura máxima no período estudado, sendo estas: 4,87 de amplitude na temperatura máxima e 716,1 da precipitação, condizendo com a literatura analisada, pois segundo Santos et al., (2021) em regiões tropicais a variabilidade da precipitação é maior que da temperatura.

Tabela 01: Estatísticas descritivas das variáveis em estudo em Belém no período de 2000 a 2019.

Medidas	Temperatura Máxima do Ar (°C)	Precipitação Pluvial (mm)	Internações DAR
Mínima	29,75	26,4	497,0
Mediana	32,65	242,8	959,0
Média	32,51	284,2	973,2
Máxima	34,62	742,5	1800,0
Desvio Padrão	1,045339	162,6668	259,3693

Na figura 2 (a) observa-se o comportamento da precipitação no período do estudo. Destaca-se os meses de fevereiro e março com médias superiores a 600 mm, e setembro como o mês com menor precipitação (205 mm) e outubro apresenta a menor variabilidade. Dentro do contexto do local, as chuvas em Belém são resultantes das seguintes situações: de dezembro a maio, época da estação chuvosa, a precipitação é ocasionada pela ZCIt e efeitos da mesoescala, de junho a agosto, final do período chuvoso, as chuvas serão provocadas por efeitos locais (BASTOS et al.,2002).

Na figura 2 (b) cinco dos vinte anos estudados apresentaram taxa de precipitação acima de 600 mm (2006, 2012, 2015, 2017, 2018 e 2019). O ano que apresentou maior variabilidade

foi 2017. Uma possível explicação para isto, foi a manifestação do evento La Niña, que segundo Wang et al., (2019) ocorreu neste ano, ocasionando o aumento das chuvas e coincidindo com esta maior variação. O ano de menor variabilidade foi 2002. Esta menor amplitude pode estar relacionada ao dipolo positivo que coincidiu com um evento de El Niño em 2002, no qual observou-se uma diminuição brusca nos potenciais erosivos de chuvas (Costa & Blanco, 2018). De acordo com estudos de diversos autores, as amplas variações na precipitação que ocorrem na cidade são significativas, principalmente em períodos de influência da La Niña (Moreira et al., 2019; Souza et al., 2017), provocando o aumento e volume nas chuvas. No período de 1987 a 2009 o acumulado anual de precipitação variou de 2500 mm a 3900 mm analisado por Campos et al., (2015). De 1968 a 2018 foi constatada ampla variação das chuvas por Lira et al., (2020). No estudo de Moura & Vitorino (2012) em 1999 a 2008, os autores obtiveram valores acima de 3000 mm em seis dos dez anos estudados. Como a cidade está localizada próxima a linha do Equador, há disponibilidade de recursos hídricos e energia solar, com riquezas em rios e florestas, favorecendo as precipitações, todavia, a variabilidade pluviométrica está ligada a sistemas atmosféricos que atuam na região (Campos et al., 2015; Almeida et al., 2017; Oliveira et al., 2017; Fisch et al., 1998).

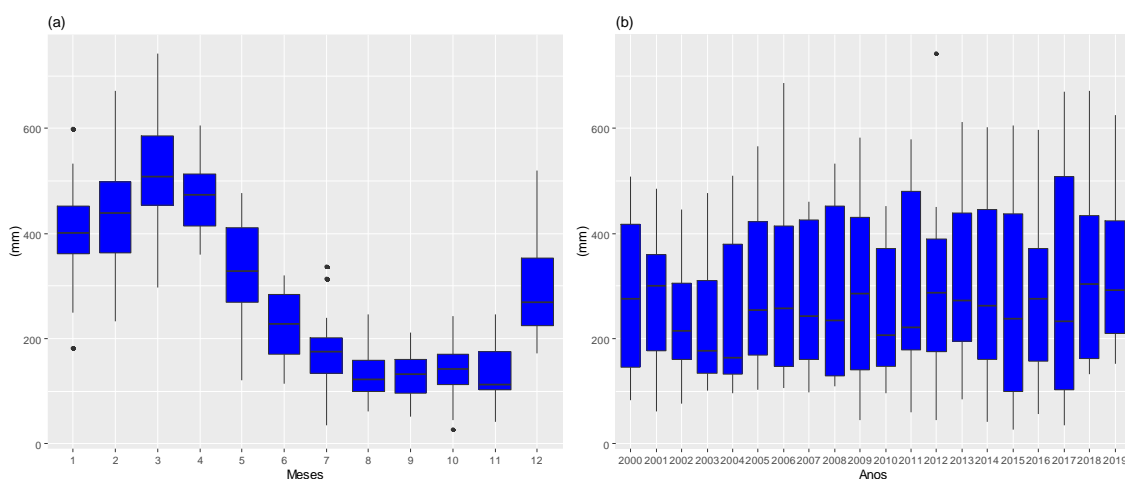


Figura 2. Boxplot mensal (a) e anual (b) da precipitação pluvial em Belém/PA no período de 2000 a 2019.

Na figura 3 (a) e (b) observa-se o comportamento mensal e anual da temperatura nesses 20 anos estudados. Os meses de temperatura mais elevada foram agosto, setembro e novembro, variando entre 34,5°C e 35,3°C. O mês de menor temperatura foi em fevereiro com máxima de 32,8°C. Fevereiro também apresenta a maior variabilidade entre os demais.

Na figura 3 (b) poder ser observado que as temperaturas máximas aumentaram, principalmente a partir de 2014, tanto em relação a máxima quanto em relação a mediana. Lima & Amorim (2006) já haviam identificado esse aumento no padrão de temperaturas máximas na cidade de Belém.

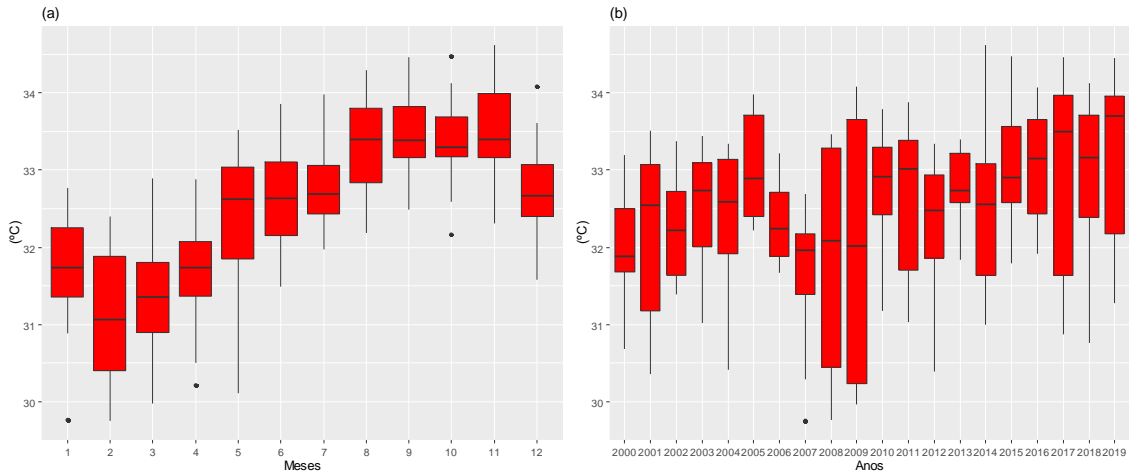


Figura 3. Boxplot mensal (a) e anual (b) da Temperatura máxima do ar em Belém/PA no período de 2000 a 2019.

Na figura 4 observa-se que o mês de maiores internações foi em abril, com máxima de 1800 internamentos, variando entre 1010 e 1380 casos, já fevereiro registrou-se como o mês de menor número de internações, aproximadamente 1180 ocorrências.

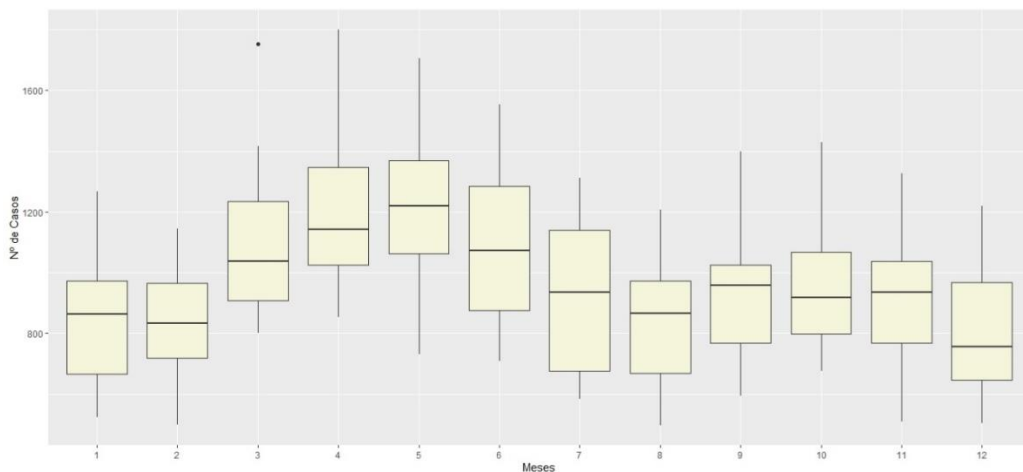


Figura 4. Boxplot mensal das internações por DAR em Belém/PA no período de 2000 a 2019.

Destaca-se que os meses predominantemente de estação chuvosa (março, abril e maio) apresentam maior número de casos. Este resultado contrasta com os resultados descritos por

Gomes et al. (2016) e Santos et al. (2021) que registraram maior número de internações por doenças respiratórias nos meses de transição entre a estação chuvosa e seca, para alguns municípios paraenses (Belterra, Monte Alegre, Itaituba e Santarém).

Os resultados desta pesquisa, entretanto, corroboram com os de Azevedo et al. (2015), que avaliaram o número de casos de doenças respiratórias em crianças nos municípios de Campina Grande e Monteiro. Nestes municípios os meses com maior índice pluviométrico também foram os meses com maior índice de infecções respiratórias.

Na figura 5 observa-se um climograma, no qual a temperatura é representada por um gráfico linear sobreposto a um gráfico de barras (histograma) representando as precipitações ao longo do ano.

Percebe-se na figura 5 um maior índice de chuva em fevereiro, março e abril, meses em que as temperaturas máximas são as menores. Os meses com registro de maior temperatura foram de setembro a novembro, coincidindo com os meses de menor precipitação. Este comportamento corresponde a sazonalidade da região, que apresenta uma estação chuvosa (meses de dezembro a maio) e estação seca (junho a novembro) (FIGUEROA e NOBRE, 1990).

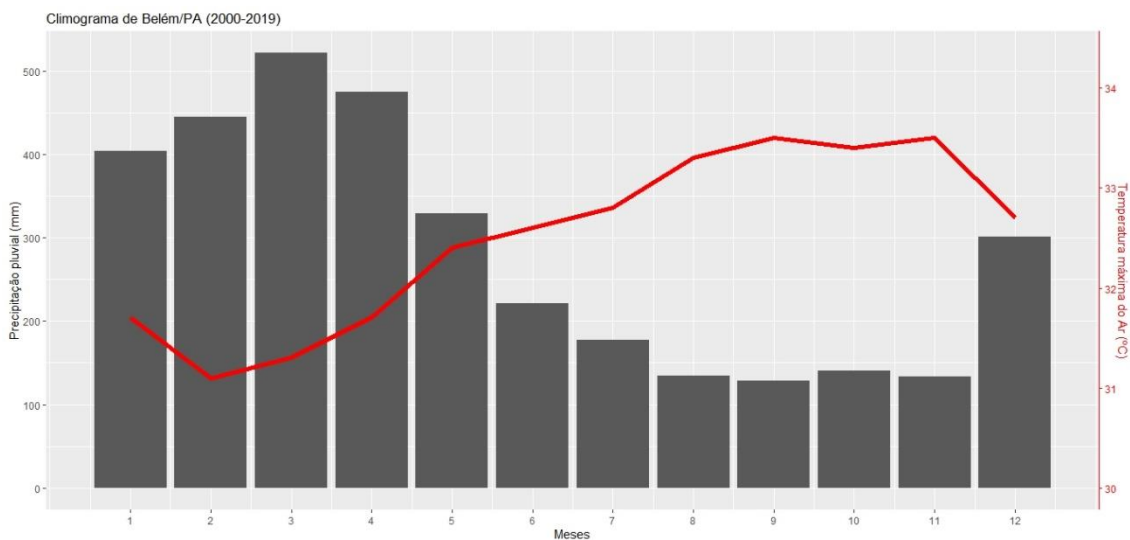


Figura 5. Climograma de Belém/PA no período de 2000 a 2019.

Santos et al. (2021) apontam uma associação entre os índices de precipitação e os casos de doenças respiratória em ambientes tropicais, locais em que a sazonalidade das precipitações

pode ser mais predominante que as oscilações térmicas. Para verificar essa associação foi realizada a análise de correlação cruzada (Figura 6).

É possível observar a presença forte da sazonalidade em ambos os gráficos, e destaca-se que a precipitação influencia para a ocorrência das DAR de forma direta no *lag 0* e indireta no *lag 2*, ou seja, assim que chove há influência no mesmo dia e de maneira inversa com dois meses, isso significa que ao passo que a chuva ocorra dois meses depois as internações por DAR tendem a diminuir. Já na temperatura os sinais com significância foram negativos (inversos), também no *lag 0*. Quando a temperatura máxima diminui aumenta o número de internações por DAR.

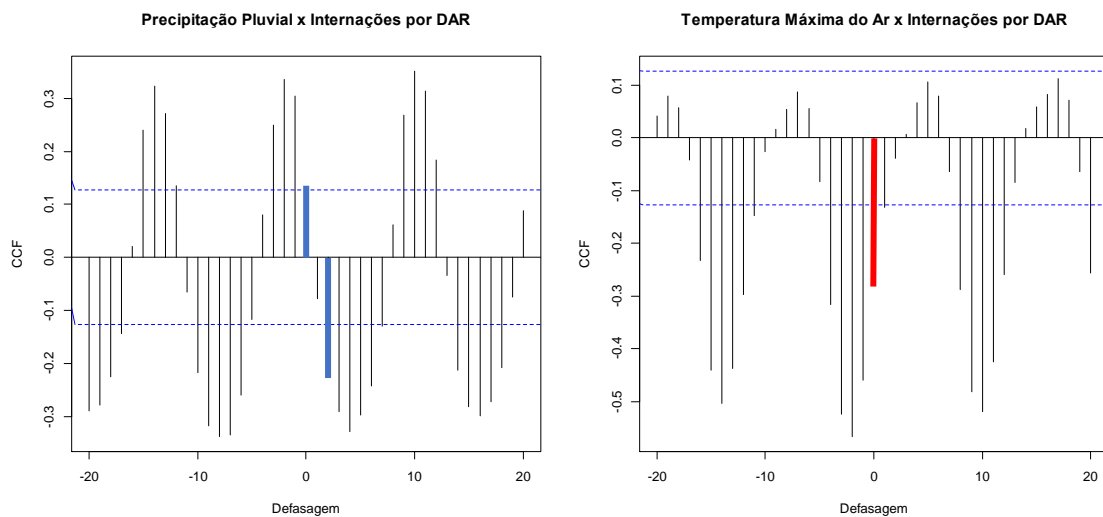


Figura 6. Correlação Cruzada entre a Precipitação pluvial, temperatura máxima do ar e as internações por DAR em Belém/PA no período de 2000 a 2019.

A correlação cruzada entre a temperatura máxima e os casos de DAR reforça o resultado encontrado de que nos meses de menor temperatura máxima, maior é o número de casos de internação por DAR, ou seja, a relação é inversa com a temperatura, que é menor nos meses de maior precipitação. Um estudo feito em Ponta Grossa, fortalece esse resultado, as taxas de internações tanto mensal quanto sazonal foram analisadas, e as menores taxas de internações foram percebidas nos meses de verão (Pontes et al., 2016). Em Ponta Grossa, (dezembro, janeiro e fevereiro) são os meses correspondentes ao verão da cidade (Nodari et al., 2006).

Conclusão

De modo geral, os dados mostraram que há uma relação entre as variáveis climáticas e as internações por DAR. A precipitação afetou de maneira direta e significativa os números de casos. Os meses que apresentaram maior índice pluviométrico em Belém, também apresentaram as maiores taxas de internações do período de estudo. A temperatura máxima, por outro lado, apresentou relação inversa. Quando a temperatura máxima diminui, aumenta as internações.

A partir desta pesquisa foi possível observar que as condições climáticas afetam a saúde pública, todavia, são necessários mais estudos para melhor compreensão desta relação.

Referências Bibliográficas

ALFAIA, Vivianne Martins et al. Estudo da ocorrência de internações por Asma via variáveis climáticas na Região Norte (PA). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 6, p. 147-158, 2018.

ALMEIDA, C. T. et al. Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973–2013. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 4, p. 2013-2026, 2017.

AZEVEDO, Jullianna Vitorio Vieira de et al. Influência do clima na incidência de infecção respiratória aguda em crianças nos municípios de campina grande e monteiro, paraíba, brasil. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 30, p. 467-477, 2015.

BEBER, Lílian Corrêa Costa et al. Fatores de risco para doenças respiratórias em crianças brasileiras: revisão integrativa. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 9, n. 1, p. 26-38, 2020.

Brasil, Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS. Disponível em <http://www.datasus.gov.br>

CAMPOS, Thamiris Luisa de Oliveira Brandão; MOTA, Maria Aurora Santos da; SANTOS, Sergio Rodrigo Quadros dos. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 182-194, 2015.

CARVALHO, Enyedja Kerlly Martins; DANTAS, Renilson Targino; DE CARVALHO, José Ribamar Marques. Análise da influência entre as variáveis meteorológicas e doenças respiratórias na cidade de Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016.



Chatfield C. (2004). The analysis of time series: An introduction. 5. ed. Chapman and Hall/CRC.

COSTA, Carlos Eduardo Aguiar de Souza; BLANCO, Claudio José Cavalcante. Influência da variabilidade climática sobre a erosividade em Belém (PA). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 509-520, 2018.

FIGUEROA, Silvio N.; NOBRE, Carlos A. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise**, v. 5, n. 6, p. 36-45, 1990.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998.

GOMES, Ana Carla dos Santos et al. Índices micrometeorológicos e internações de crianças por doenças respiratórias em Santarém, Oeste do Pará. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 1-6, 2016.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Classificação climática de Köppen. 1936.

LIMA, Valéria; AMORIM, Margarete Cristiane da Costa Trindade. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Formação (Online)**, v. 1, n. 13, 2006.

LIRA, Bruna Roberta Pereira et al. Identificação de Homogeneidade, Tendência e Magnitude da Precipitação em Belém (Pará) entre 1968 e 2018. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p. 426-439, 2020.

MANDÚ, Tiago Bentes et al. Efeito de condições meteorológicas em doenças respiratórias em capitais de diferentes dimensões no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 1, p. 86-100, 2019.

MOREIRA, Fernanda da Silva de Andrade et al. Variabilidade espaço temporal da precipitação na Cidade de Belém-PA e sua relação com a incidência de Leptospirose (Variability temporal space of precipitation in the City of Belém-PA and its relation with the incidence of Leptospirosis). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 071-080, 2019.

MOURA, Maurício do Nascimento; VITORINO, Maria Isabel. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 475-483, 2012.

NODARI, Flávia Regina; LEITE, M. L.; NASCIMENTO, Ederson. Aspectos demográficos, espaciais e temporais dos acidentes escorpionicos ocorridos na área de abrangência da 3ª regional de saúde-Ponta Grossa, PR, no período de 2001 a 2004. **Publ UEPG Cienc Biol Saúde**, v. 12, n. 1, p. 15-26, 2006.

OLIVEIRA, Priscilla Teles de; E SILVA, CM Santos; LIMA, Kellen Carla. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 130, n. 1, p. 77-90, 2017.



PONTES, Catherine Copas et al. Efeitos do Clima na saúde: Análise das interações de crianças menores de cinco anos por pneumonia no município de Ponta Grossa–PR. **Revista brasileira de climatologia**, v. 18, 2016.

ROSA, Antonia Maria et al. Respiratory disease and climatic seasonality in children under 15 years old in a town in the Brazilian Amazon. **Jornal de pediatria**, v. 84, p. 543-549, 2008.

SALES, Denise Marques; ASSIS, Wellington Lopes; FONSECA, Bráulio Magalhães. Clima urbano e saúde: elementos climáticos e doenças respiratórias observadas no município de Belo Horizonte (MG) entre 2013 e 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2018.

SOUZA, Amaury de et al. Potenciais impactos da variabilidade climática sobre a morbidade respiratória em crianças, lactentes e adultos. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, p. 708-715, 2012.

SOUZA, Everaldo Barreiros de et al. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

THOMAZELLI, Luciano M. et al. Vigilância de oito vírus respiratórios em amostras clínicas de pacientes pediátricos no sudeste do Brasil. **Jornal de Pediatria**, v. 83, p. 422-428, 2007.

WANG, Xiaohong et al. Impact of 2015–2016 El Niño and 2017–2018 La Niña on PM2.5 concentrations across China. **Atmospheric Environment**, v. 208, p. 61-73, 2019.

