CAPÍTULO 30: ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E CAUSALIDADE À DADOS DE LEPTOSPIROSE NO RECIFE/PE, BRASIL

CAPÍTULO 30: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y CAUSALIDAD DE DATOS DE LEPTOSPIROSIS EN RECIFE/PE, BRASIL

CHAPTER 30: CORRELATION AND CAUSALITY ANALYSIS OF LEPTOSPIROSIS DATA IN RECIFE/PE, BRAZIL

Jucarlos Rufino de Freitas¹; Leika Irabele Tenório de Santana²; Ruben Vivaldi Silva Pessoa³; Mickaelle Maria de Almeida Pereira⁴; Moacyr Cunha Filho⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-07-2.294-300>

INTRODUÇÃO

A leptospirose é uma doença bacteriana, infecciosa febril, aguda, potencialmente letal, causada pela *Leptospira interrogans*, que afetam os animais domésticos, silvestres e o ser humano (FAINE et al., 1999; CORRÊA et al., 2004). Trata-se de uma *zoonose* endêmica que ocorre no mundo inteiro, exceto nas regiões polares (SCHECHTER, MARANGONI, 1994), sendo transmitida através de ambientes aquáticos infectados pela urina de roedores e carnívoros (PIMENTEL et al., 2009).

A distribuição dos casos de leptospirose ocorre em indivíduos de todas as faixas etárias e ambos os gêneros (GONÇALVES et al., 2016). No entanto, apesar do aparente aspecto benigno (90% dos casos) (LEVETT, 2001), a doença está associada a quadro clínicos mais graves (COSTA et al., 2001; LARA et al., 2019). No Brasil, foram registrados casos nas cinco regiões do país, com uma média anual de 3.693 casos e incidência média de 1,95 casos por 100 mil habitantes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019). Tornando-se epidêmicas em períodos chuvosos, por ocorrências de enchentes e inundações (MATSUSHITA et al., 2018), associada ao intenso processo desordenado de urbanização gerando ambientes insalubres (BLASDELL et al., 2019).

Estudo extensivo realizado por VASCONCELOS et al. (2012), demonstram que os municípios com maior frequência de casos concentram-se na região litorânea do estado, principalmente, nos municípios de Recife e mesorregião metropolitana do Recife,

¹ Pós Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, jucarlos123@hotmail.com

² Pós Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, leikatenorio10@gmail.com

³ Pós Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, rvsp1@de.ufpe.br

⁴ Pós Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, UFRPE, mickaellealmeida1@gmail.com

⁵ Doutor, UFRPE, moacyr.cunhafo@ufrpe.br

responsáveis por 73,1% do total dos casos no estado, devido ao aumento de chuvas ocorre um aumento na frequência de casos.

Uma vez que a disseminação dos casos de leptospirose está fortemente relacionada com variáveis ambientais, o estudo presente objetivou correlacionar e verificar a causalidade da doença no município Recife/PE com a variável precipitação, em busca de encontrar possíveis relações associativas e casuais através de técnicas estatísticas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico, descreve-se, sumariamente, as técnicas estatísticas utilizadas: o coeficiente de correlação de Pearson e o teste de causalidade de Granger. No teste, o nível de significância adotado foi de 5%.

Coeficiente de correlação de Pearson:

O coeficiente de correlação de Pearson (ρ) foi desenvolvido por Pearson (1896), em que quantifica a força de associação linear entre duas variáveis aleatórias X e Y, ou seja, descreve o quão bem uma linha reta se ajusta através de nuvem de pontos, variando entre 1 e -1. O coeficiente de correlação de Pearson é definido como:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \underline{x})(y_i - \underline{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \underline{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \underline{y})^2}}$$

em que x_i e y_i são as observações das variáveis X e Y e $\underline{y}$ e $\underline{x}$ representam as médias das variáveis.

Teste de Causalidade de Granger (TCG)

Uma série temporal é definida por um conjunto de observações ordenadas no tempo cuja notação é definida por $X_t = \{x_t \in R | t = 1, 2, \dots, N\}$ (ou $Y_t = \{y_t \in R | t = 1, 2, \dots, N\}$), não necessariamente igualmente espaçadas.

Supondo que uma variável é dita X causa-Granger uma variável Y, quando uma série temporal X fornece informações estatisticamente significativas sobre os valores futuros de Y, contribuindo em uma melhor previsão em Y (GRANGER, 1969). No mais, se duas séries são cointegradas de existe uma relação de casualidade em pelo menos uma direção GRANGER, 1988). Deste modo, representa-se a causalidade através das seguintes regressões:

$$\begin{aligned}
 X_t &= a_0 + \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m b_i X_{t-i} \\
 &+ u_{1t}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 Y_t &= c_0 + \sum_{i=1}^m c_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m d_i X_{t-i} \\
 &+ u_{2t}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

em que a_i , b_i , c_i , e d_i para $i = 0, 1, \dots, m$ representam os coeficientes do modelo autorregressivo que minimizam a norma quadrática dos erros; u_{1t} e u_{2t} são os erros aleatórios, assumindo serem não-correlacionados, com média zero e variância constante. Portanto, eq.1 postula que os valores presentes de X que estão relacionados aos valores passados de Y assim como os valores defasados de Y. De modo análogo, define-se a equação eq.2.

O TCG de X e Y pode ser facilmente testada através do teste de hipótese F, por intermédio das seguintes hipóteses: $H_0: a_1 = a_2 = \dots = a_m = 0$ *versus* $H_1: a_i \neq 0$, para algum $i = 1, \dots, m$. Segundo Carneiro (1997), demonstra após a estimação, pode-se distinguir quatro casos diferentes, a citar: (i) Causalidade unilateral de X para Y; (ii) Causalidade unilateral de Y para X; (iii) Bicausalidade; (iv) Independência.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa quantitativa, caracterizada como estudo epidemiológico observacional descritivo, no qual torna-se possível analisar os dados da leptospirose, sem intervenções na informação original. Sendo assim, visa determinar a distribuição da doença, examinando como o número de casos notificados está relacionada com a precipitação no município de Recife/PE, Brasil.

Os dados utilizados no presente estudo se referem a número de notificações mensais de leptospirose no Recife/PE, disponibilizadas através do Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN) e a confrontação com dados de precipitação da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2019.

Na base inicial de dados constavam 10 postos de precipitações, em que oito não puderam integrar a análise, pois para tais observações não foi possível ter acesso aos dados, inviabilizando a análise. Dos dois postos restantes (Posto 30 e 265), estávamos interessados

em analisar e correlacionar o número de notificações mensais de leptospirose com a precipitação no Recife/PE. Para a análise estatística dos dados, foram utilizados os softwares estatísticos *R Core Team* e *SPSS Statistics 20*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo revelou uma forte correlação entre a precipitação acumulada mensal dos postos 30 e 265 com o número de casos de leptospirose em Recife/PE, aproximadamente 0.747 e 0.679, isso é favorecido quando ocorre inundações e enchentes na região, tornando-se um ambiente propício à contaminação (DE ANDRADE MOREIRA et al., 2019). Contudo, é necessário relacionar a leptospirose em funções de outros fatores, a citar: saneamento básico e alta densidade demográfica.

Verifica-se que o número de casos mensais de leptospirose tem uma relação causal sobre as precipitações (Posto 30 e 265), captada tanto através da série original ($F = 55.73$ e 15.61 ; $p\text{-valor} < 0.05$). Por outro lado, a causalidade no sentido oposto não é captada ($p\text{-valor} > 0.42$), pois o número de casos não influencia na precipitação.

Figura 1. Correlação entre número de casos mensais e precipitação: posto 30 (a) e posto 265 (b), no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2019, Recife, Pernambuco, Brasil.

Fonte: Própria (2020).

Ao analisar a distribuição do número de casos mensais de leptospirose no Recife/PE, conforme a Figura 2, nota-se que a distribuição da doença apresenta efeito sazonal, assim como para variável precipitação com maiores frequências entre os meses de maio e novembro. Observa-se que os meses que apresentaram maiores frequências de casos são os meses com maiores índices de chuva. Resultado similar ao estudo Duarte e Giatti (2019), demonstrando

que o número de dias com precipitação no mês influenciou de forma significativa na ocorrência da doença, associado a um aumento de 4% na incidência mensal de leptospirose.

Figura 2. Distribuição do número de casos mensal de leptospirose e precipitação (posto 30 e 265), no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2019, Recife, Pernambuco, Brasil.

Fonte: Própria (2020).

CONCLUSÕES

As técnicas aplicadas possibilitaram a integração de dados e podem produzir resultados satisfatórios, cabe na interpretação dos resultados ser considerado as limitações e restrições de cada procedimento. Ainda, esses resultados podem subsidiar o início de um processo de ações preventivas e norteadoras para agências reguladoras no município promovendo intervenções.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada (PPGBEA) e Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN).

REFERÊNCIAS

- BLASDELL, K. R.; MORAND, S.; PERERA, D.; FIRTH, C. Association of rodent-borne *Leptospira* spp. With urban environments in Malaysian Borneo. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 13, n. 2, p. e0007141, 2019.
- BOX, G.E.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C.; LJUNG, G. M. *Time series analysis forecasting and control*. John Wiley & Sons, p. 790, 2015.

- CORRÊA, S. H. R.; VASCONCELLOS, S. A.; MORAIS, Z.; TEXEIRA, A. D. A.; DIAS, R. A.; GUIMARÃES, M. A. D. B. V.; FERREIRA NETO, J. S.; NETO, J. F. S. Epidemiologia da leptospirose em animais silvestres na Fundação Parque Zoológico de São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, n.3, p.189-193, 2004.
- COSTA, E.; COSTA, Y. A.; LOPES, A. A.; Sacramento, E.; Bina, J. C. Formas graves de leptospirose: aspectos clínicos, demográficos e ambientais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 3, p. 261-267, 2001.
- DE ANDRADE MOREIRA F. D. S.; FERREIRA, G. R. B.; DIAS, L. C.; VITORINO, M. I. 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.
- DUARTE, J. L.; GIATTI, L. L. Incidência da leptospirose em uma capital da Amazônia Ocidental brasileira e sua relação com a variabilidade climática e ambiental, entre os anos de 2008 e 2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, p. e2017224, 2019.
- FAINE, S.; ADLER, B.; BOLIN, C.; PEROLAT, P. *Leptospira and leptospirosis*. Melbourne, **Australia: MediSci**, 2. 1999.
- GONÇALVES, N. V.; ARAUJO, E. N. D.; SOUSA JÚNIOR, A. D. S.; PEREIRA, W. M. M.; MIRANDA, C. D. S. C.; CAMPOS, P. S. D. S.; MATOS, M. W. D.; PALÁCIOS, V. R. D. C. M. Distribuição espaço-temporal da leptospirose e fatores de risco em Belém, Pará, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 3947-3955, 2016.
- GRANGER, C. W. J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. **Econometrica**, p. 424-438, 1969.
- GRANGER, C. W. Some recent development in a concept of causality. **Journal of econometrics**, v. 39, n.1-2, p. 199-211, 1988.
- LARA, J. M.; VON ZUBEN, A.; COSTA, J. V.; DONALISIO, M. R.; FRANCISCO, P. M. S. B. Leptospirose no município de Campinas, São Paulo, Brasil: 2007 a 2014. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, p. e190016, 2019.
- LEVETT P. N. Leptospirosis. **Clinical Microbiology Reviews**, v.14, p. 296-326, 2001.
- MATSUSHITA, N.; NG, C. F. S.; KIM, Y.; SUZUKI, M.; SAITO, N.; ARIYOSHI, K.; SALVA, E. P.; DIMAANO, E. M.; VILLARAMA, J. B.; GO, W. S.; HASHIZUME, M. The non-linear and lagged short-term relationship between rainfall and leptospirosis and the intermediate role of floods in the Philippines. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 12, n. 4, p. e0006331, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância em saúde no Brasil 2003|2019: da criação da Secretaria de Vigilância em Saúde aos dias atuais. Bol Epidemiol [Internet]. 2019 set [2020]; 50(n.esp.):1-156. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/setembro/25/boletim-especial-21ago19-web.pdf>.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. *Análise de Series Temporais*. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, p. 535, 2004.

PEARSON, K. VII. Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity, and panmixia. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, containing papers of a mathematical or physical character**, n. 187, p. 253-318, 1896.

PIMENTEL, J. S.; GENNARI, S. M.; DUBEY, J. P.; MARVULO, M. F.; VASCONCELLOS, S. A.; MORAIS, Z. M.; SILVA, J. C. R.; Evêncio Neto, J. Inquérito sorológico para toxoplasmose e leptospirose em mamíferos selvagens neotrópicos do Zoológico de Aracaju, Sergipe. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 29, n. 12, p. 1009-1014, 2009.

SCHECHTER, M.; MARANGONI, D. V. *Doenças infecciosas: conduta diagnóstica e terapêutica*. 2a ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan: Leptospirose. p. 145-152, 1994.

VASCONCELOS, C. H.; FONSECA, F. R.; LISE, M. L. Z.; ARSKY, M. L. N. S. Fatores ambientais e socioeconômicos relacionados à distribuição de casos de leptospirose no Estado de Pernambuco, Brasil, 2001-2009. **Cad Saude Colet**, v. 20, n. 1, p. 49-56, 2012.