ASSOCIAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E INCIDÊNCIA DE DOENÇAS E AGRAVOS NO ESPÍRITO SANTO

Ingrid Lins Noé[1], Jéssica Dutra Ferreira[1], Diego Lacerda de Souza[2], Felipe de Brito Menezes[1], Cristiane dos Santos Vergilio[1].

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, SN, Guararema - 29500-000, Alegre-ES, Brasil, ingridlnoe@gmail.com, jessicadutra017@gmail.com, felipe.menezes.03@edu.ufes.br, cristiane.vergilio@ufes.br.

[2]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil, diegolacerda@uenf.br.

Resumo

Eventos de precipitação intensa, como alagamentos e inundações, podem favorecer a ocorrência de diferentes doenças e agravos, representando um importante problema para a saúde pública. O presente estudo teve como objetivo avaliar a relação temporal entre a precipitação e a ocorrência de doenças e agravos no Espírito Santo, entre 2007 e 2024. Foram utilizados dados epidemiológicos do e-SUS VS referente doenças e agravos com possível relação com a precipitação e os dados de precipitação de estações do ES do INMET entre 2006 e 2026. A associação entre a ocorrência de doenças e agravos e a precipitação média estadual foi avaliada por meio da correlação de Spearman, considerando tanto o mês de ocorrência quanto defasagens temporais de um, dois e três meses. A leptospirose apresentou maior associação com a precipitação no mesmo mês ($\rho = 0,35$), enquanto dengue e Zika apresentaram maiores correlações nos meses subsequentes, atingindo $\rho = 0,22$ após dois meses e $\rho = 0,15$ após três meses, respectivamente. Os resultados evidenciam diferentes padrões temporais entre os agravos e podem contribuir para ações de vigilância e prevenção em saúde.

Palavras-chave: Vigilância epidemiológica. Saúde pública. Eventos climáticos. Chuvas.

Área do Conhecimento: Ciências da Saúde - Saúde Coletiva

Introdução

As mudanças climáticas têm contribuído para alterações na frequência e na intensidade dos fenômenos meteorológicos extremos, representando um desafio crescente para a saúde pública. Eventos associados a chuvas intensas, como alagamentos, enxurradas e inundações, podem modificar as condições ambientais e de exposição de população, favorecendo a ocorrências de diferentes doenças e agravos. No Espírito Santo esses eventos representam riscos relevantes à população e demandam atenção dos sistemas de vigilância e assistência à saúde (Grover et al., 2024; Brasil, 2023).

A precipitação pode estar relacionada a ocorrências de agravos por diferentes mecanismos. Inundações e alagamentos podem ampliar o contato da população com água contaminada, aumentando o risco de doenças de veiculação hídrica, como leptospirose, hepatite A e cólera (Correia et al., 2021). Além disso, o acúmulo de água pode favorecer condições para proliferação de vetores associados a arboviroses, enquanto alterações ambientais decorrentes das chuvas podem aumentar o contato da população com animais peçonhentos (Brasil, 2024). Estudos também demonstram que os efeitos associados às chuvas podem ocorrer após diferentes intervalos de tempo, tornando relevante considerar possíveis defasagens entre a precipitação e o registro dos agravos (Luangnara et al., 2026).

Nesse contexto, a análise conjunta de dados meteorológicos e epidemiológicos pode contribuir para a identificação de padrões temporais e para a formulação de hipóteses sobre doenças e agravos potencialmente sensíveis às variações de precipitação. Entretanto, essas relações são complexas e podem ser influenciadas por fatores ambientais, socioeconômicos, sanitários e relacionados à própria vigilância epidemiológica (Dutra et al., 2015), de modo que associações temporais não implicam necessariamente uma relação causal. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar, de forma exploratória, a associação temporal entre a precipitação e a ocorrência de doenças e agravos no

estado do Espírito Santo, considerando tanto o mês de ocorrência quanto defasagens de um, dois e três meses.

Metodologia

Os dados secundários de doenças e agravos registrados no estado do Espírito Santo foram obtidos a partir do banco de dados e-SUS VS, sendo avaliada as ocorrências mensais de acidentes por animais peçonhentos e os casos confirmados de botulismo, cólera, dengue, doença de Chagas aguda, febre amarela, febre tifoide, hepatite A, leptospirose e Zika, no período entre janeiro de 2007 a dezembro de 2024.

Os dados de precipitação foram obtidos de estações automáticas localizadas no Espírito Santo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período entre 2006 e 2026. Para cada estação, foi calculado o total mensal de precipitação, considerando meses com pelo menos 80% dos dias válidos. Em seguida, foi calculada a média entre as estações do Espírito Santo, mantendo apenas os meses com pelo menos duas estações válidas.

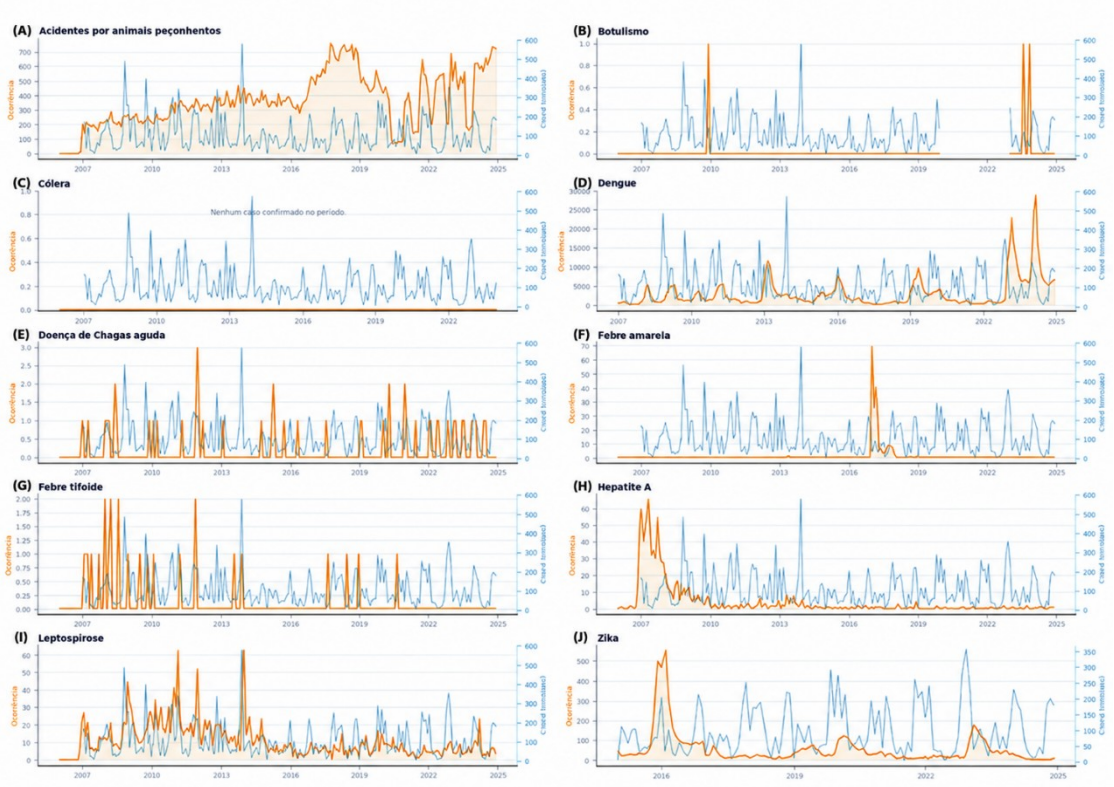
As ocorrências mensais foram comparadas com a precipitação média estadual ao longo do período analisado, sendo calculada a correlação de Spearman (ρ) entre precipitação e número de ocorrências no mesmo mês e com defasagens de um, dois e três meses.

Resultados

A análise da ocorrência dos agravos e da precipitação média estadual evidenciou diferentes padrões temporais ao longo do período de 2007 a 2024 (Figura 1). Foram observadas diferenças entre os agravos quanto à distribuição dos casos ao longo da série e à sua correspondência temporal com os períodos de precipitação, incluindo doenças com ocorrência mais frequente, registros concentrados em períodos específicos e agravos com baixa frequência ou ausência de registros.

A inspeção das séries temporais indica que a leptospirose (Figura 1I), a dengue (Figura 1D) e os acidentes por animais peçonhentos (Figura 1A) apresentaram a correspondência mais evidente com a precipitação. Para a leptospirose (Figura 1I), os períodos de maior ocorrência coincidiram ou sucederam meses de elevada precipitação, sobretudo entre 2008 e 2014. A dengue (Figura 1D) também apresentou aumento de casos durante ou após períodos chuvosos, embora sua dinâmica tenha sido marcada por picos epidêmicos de grande magnitude, especialmente nos anos finais da série. Os acidentes por animais peçonhentos (Figura 1A), por sua vez, mostraram elevação das ocorrências em períodos com maior frequência de chuvas, ainda que também tenham apresentado uma tendência de crescimento ao longo dos anos. Entre as demais doenças, observou-se alguma correspondência temporal para a doença de Chagas aguda (Figura 1E) e febre tifoide (Figura 1G), porém com ocorrências mais esparsas e de menor magnitude. Já hepatite A (Figura 1H), febre amarela (Figura 1F), Zika (Figura 1J), botulismo (Figura 1B) e cólera (Figura 1C) apresentaram padrões menos consistentes em relação à precipitação, em razão da concentração dos casos em períodos específicos ou do reduzido número de registros.

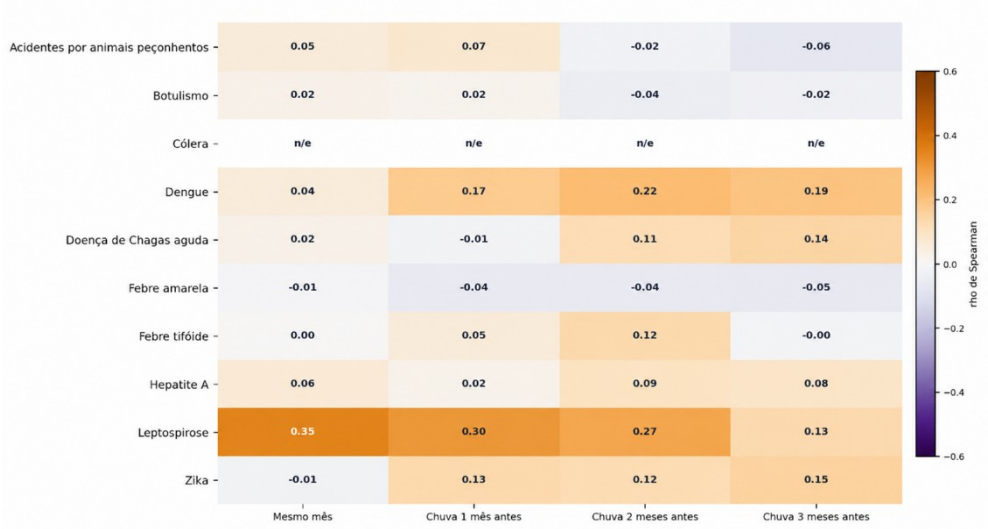
Figura 1 - Ocorrências mensais de doenças e agravos e precipitação média no estado do Espírito Santo.



Fonte: Os autores, com base nos dados disponíveis no e-SUS VS e INMET (2026).

Uma maior correlação com os dados de precipitação foi observada entre a ocorrência de leptospirose, dengue e Zika (Figura 2). Para a leptospirose, foram observadas correlações positivas com a precipitação no mesmo mês ($\rho = 0,35$) e com defasagens de um ($\rho = 0,30$), dois ($\rho = 0,27$) e três meses ($\rho = 0,13$), com redução progressiva da força da associação ao longo do tempo. Para a dengue, as correlações positivas foram mais elevadas nas defasagens de um ($\rho = 0,17$), dois ($\rho = 0,22$) e três meses ($\rho = 0,19$) do que no mesmo mês da precipitação ($\rho = 0,04$), sendo a maior associação observada após dois meses. Para a Zika, as correlações positivas foram mais elevadas nas defasagens de um ($\rho = 0,13$), dois ($\rho = 0,12$) e três meses ($\rho = 0,15$) do que no mesmo mês da precipitação ($\rho = -0,01$), evidenciando um padrão temporal semelhante ao observado para a dengue, embora com associações de baixa magnitude.

Figura 2 – Correlação de Spearman entre precipitação e ocorrências mensais de doenças e agravos no Espírito Santo.



Fonte: Os autores, com base nos dados disponíveis no e-SUS VS e INMET

Legenda: Valores positivos indicam que meses mais chuvosos tendem a coincidir com mais ocorrências; valores negativos indicam movimento oposto. n/e = não estimável por ausência de variação suficiente.

Discussão

Os resultados demonstraram padrões distintos de associação entre a precipitação e os agravos analisados, com destaque para leptospirose, dengue e Zika. A análise das defasagens temporais permitiu identificar diferenças importantes entre esses agravos, uma vez que a leptospirose apresentou maior associação com a precipitação no mesmo mês, enquanto dengue e Zika apresentaram maiores coeficientes nos meses subsequentes. Esses achados evidenciam a relevância da análise temporal para compreender como a ocorrência de diferentes doenças e agravos pode acompanhar as variações de precipitação.

A leptospirose apresentou a associação mais evidente com a precipitação, com maior coeficiente de correlação no mesmo mês, seguido de redução progressiva nas defasagens de um, dois e três meses. Esse padrão é coerente com a forma de transmissão da doença, uma vez que períodos de chuvas intensas e inundações podem aumentar a exposição da população à água contaminada. Estudos realizados no Brasil também demonstram relação entre precipitação, inundações e ocorrência de leptospirose. Ghizzo Filho et al. (2018), ao analisarem dados de Santa Catarina, identificaram associação positiva entre precipitação e incidência da doença, enquanto Silva et al. (2022) observaram picos de incidência de leptospirose no mês de ocorrência de desastres relacionados às chuvas ou no mês subsequente. Esses achados corroboram o padrão temporal observado no Espírito Santo.

Além da precipitação, as condições de saneamento podem contribuir para aumentar a vulnerabilidade da população durante episódios de alagamentos e inundações. Nessas situações, águas contaminadas podem se misturar às águas pluviais e ao esgoto, ampliando a exposição da população a agentes infecciosos (BRASIL, 2024). No Espírito Santo, as limitações relacionadas à coleta e ao tratamento de esgoto representam um fator relevante nesse contexto, especialmente diante da possibilidade de contaminação dos corpos hídricos e do aumento da exposição durante eventos de inundação (ANA, 2020).

Para dengue e Zika, embora as correlações tenham sido menores que as observadas para leptospirose, foi identificado um padrão temporal relevante. Para dengue, a correlação no mesmo mês foi baixa ($\rho = 0,04$), aumentando nas defasagens e atingindo o maior valor dois meses após a precipitação ($\rho = 0,22$). Para Zika, a correlação passou de $-0,01$ no mesmo mês para valores positivos nos meses subsequentes, atingindo $\rho = 0,15$ após três meses. Esse comportamento pode estar

relacionado à dinâmica de transmissão das arboviroses, uma vez que a precipitação pode favorecer o aumento da disponibilidade de criadouros de *Aedes aegypti* e, consequentemente, influenciar a ocorrência de casos em períodos posteriores. Gomes et al. (2012), ao analisarem a relação entre variáveis meteorológicas e dengue no município do Rio de Janeiro entre 2001 e 2009, identificaram associação entre a precipitação e os casos de dengue considerando uma defasagem de um mês, demonstrando a importância de incorporar intervalos temporais na avaliação da influência das condições climáticas sobre a ocorrência da doença.

Para os demais agravos, foram observadas associações menos expressivas ou ausência de um padrão temporal evidente com a precipitação. Algumas séries também apresentaram baixa frequência de registros, como botulismo e febre tifoide, enquanto não foram registrados casos confirmados de cólera no período analisado, limitando a avaliação de possíveis associações. Dessa forma, os resultados reforçam que os agravos apresentam dinâmicas epidemiológicas distintas, com maior destaque, neste estudo, para as relações observadas entre precipitação e leptospirose, dengue e Zika.

A análise realizada permitiu identificar diferentes padrões de associação entre a precipitação e a ocorrência de doenças e agravos no Espírito Santo, considerando tanto o mesmo período quanto os meses subsequentes. Os resultados destacam principalmente a relação da precipitação com a leptospirose e os padrões observados para dengue e Zika, demonstrando a importância de considerar as variações climáticas no acompanhamento desses agravos. Essas informações contribuem para ampliar o conhecimento sobre a ocorrência dessas doenças no estado e podem auxiliar no planejamento de ações de vigilância e prevenção, especialmente em períodos de maior precipitação.

Conclusão

O estudo permitiu identificar diferentes padrões temporais entre a precipitação e a ocorrência de doenças e agravos no Espírito Santo no período de 2007 a 2024. Entre os agravos avaliados, a leptospirose apresentou a associação mais evidente com a precipitação, principalmente no mesmo mês, enquanto dengue e Zika apresentaram maiores associações nos meses subsequentes. Esses resultados demonstram que os efeitos relacionados às variações de precipitação podem apresentar comportamentos distintos entre os agravos, reforçando a importância de considerar não apenas a ocorrência simultânea, mas também as defasagens temporais em análises epidemiológicas.

A análise também evidenciou que outros agravos apresentaram associações menos expressivas ou padrões temporais distintos em relação à precipitação, demonstrando a diversidade das respostas epidemiológicas observadas no estado. Dessa forma, os resultados ampliam o conhecimento sobre a relação entre precipitação e ocorrência de doenças e agravos no Espírito Santo e fornecem informações que podem contribuir para o planejamento e direcionamento de ações de vigilância e prevenção em saúde, especialmente diante de períodos de maior precipitação.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Atlas esgotos: atualização da base de dados de estações de tratamento de esgotos no Brasil*. Brasília, DF: ANA, 2020. 44 p.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. *Atlas Digital de Desastres no Brasil*. Brasília, DF: MIDR, 2023. Disponível em: Atlas Digital de Desastres no Brasil. Acesso em: 3 set. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Enchentes e inundações – leptospirose*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: Ministério da Saúde – Enchentes e Inundações: Leptospirose. Acesso em: 3 set. 2026.

CORREIA, C. V.; HUSZCZ, G. B.; PAES, B. A.; SANTOS, A. G. E.; MARTENS, L. B. Doenças de veiculação hídrica e seu grande impacto no Brasil: consequência de alterações climáticas ou ineficiência de políticas públicas? *Brazilian Medical Students*, v. 5, n. 8, 2021. DOI:

10.53843/bms.v5i8.100. Disponível em: Brazilian Medical Students – artigo original. Acesso em: 3 set. 2026

DUTRA, Flávia Regina Lacerda Suassuna; VALADÃO, Roberto Célio; CONFALONIERI, Ulisses Eugênio; MULLER, Gabriela Viviana; QUADRO, Mário Francisco Leal de. A influência da variabilidade da precipitação no padrão de distribuição dos casos de leptospirose em Minas Gerais, no período de 1998–2012. *Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 11, n. 20, p. 106–126, jun. 2015.

GHIZZO FILHO, J.; NAZÁRIO, N. O.; FREITAS, P. F.; PINTO, G. A.; SCHLINDWEIN, A. D. Temporal analysis of the relationship between leptospirosis, rainfall levels and seasonality, Santa Catarina, Brazil, 2005-2015. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 60, e39, 2018. DOI: 10.1590/S1678-9946201860039. Disponível em: PubMed – Ghizzo Filho et al. (2018). Acesso em: 3 set. 2026.

GOMES, A. F.; NOBRE, A. A.; CRUZ, O. G. Temporal analysis of the relationship between dengue and meteorological variables in the city of Rio de Janeiro, Brazil, 2001-2009. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 28, n. 11, p. 2189-2197, 2012. DOI: 10.1590/S0102-311X2012001100018. Disponível em: Cadernos de Saúde Pública – Gomes et al. (2012). Acesso em: 3 set. 2026.

GROVER, E. N.; CROOKS, J. L.; CARLTON, E. J.; PAULL, S. H.; ALLSHOUSE, W. B.; JERVIS, R. H.; JAMES, K. A. Investigating the relationship between extreme weather and cryptosporidiosis and giardiasis in Colorado: a multi-decade study using distributed-lag nonlinear models. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 260, 114403, 2024. DOI: 10.1016/j.ijheh.2024.114403. Disponível em: PubMed – Grover et al. (2024). Acesso em: 3 set. 2026.

LUANGNARA, A.; TOWACHIRAPORN, S.; WIWATKUNUPAKARN, N.; THONGWITOKOMARN, H. Impact of flooding events on waterborne and vector-borne infections: a systematic review. *BMC Infectious Diseases*, v. 26, n. 1, 1148, 2026. DOI: 10.1186/s12879-026-13442-z. Disponível em: BMC Infectious Diseases – Luangnara et al. (2026). Acesso em: 3 set. 2026.

SILVA, A. E. P.; LATORRE, M. R. D. O.; CHIARAVALLOTI NETO, F.; CONCEIÇÃO, G. M. S. Tendência temporal da leptospirose e sua associação com variáveis climáticas e ambientais em Santa Catarina, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 27, n. 3, p. 849-860, 2022. DOI: 10.1590/1413-81232022273.45982020.

Agradecimentos

O presente estudo foi realizado com apoio financeiro do EDITAL FAPES/CNPq/Decit -SECTICS-MS/SESA nº 17/2024 – PPSUS (1338/2025 - P: 2025-2R36L).