

INFLUÊNCIA DO CLIMA NA INCIDÊNCIA DE ENVENENAMENTO POR *Bothrops* spp. NO SUL DO BRASIL

Wellyngton Vieira Eufrazio¹, Edenilson Osinski Francisco^{1, 3}, Millena Fernandes^{1, 2},
Josiane Somariva Prophiro^{1, 2, 3} (orientadora).

wellyngtonvieiraeufrazio@hotmail.com; of.edenilson@gmail.com;
millena.bn.f@gmail.com; josiane.prophiro@hotmail.com.

¹ Grupo de Pesquisa em Imunoparasitologia, Universidade do Sul de Santa Catarina,
Av. Acácio Moreira 787, Dehon, Tubarão, SC, 88704-900, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade do Sul de
Santa Catarina, Universidade do Sul de Santa Catarina, Av. Acácio Moreira 787,
Dehon, Tubarão, SC, 88704-900, Brasil.

³ Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Sul de
Santa Catarina, Universidade do Sul de Santa Catarina, Av. Acácio Moreira 787,
Dehon, Tubarão, SC, 88704-900, Brasil.

RESUMO:

O envenenamento por picada de serpente é uma Doença Tropical Negligenciada. O ambiente desempenha um papel crucial nas interações interespecíficas que levam ao envenenamento por ofidismo, modulada principalmente por fatores climáticos. O estudo teve como objetivo analisar a interação entre a incidência de envenenamento causado por serpentes do gênero *Bothrops* e variáveis climáticas no estado do Rio Grande do Sul, entre o período de 2007 a 2020. Utilizou-se uma Análise de Regressão Binominal negativa com os dados tendo origem em base de acesso aberto, como SINAN. Conclui-se que as diferentes variáveis ambientais analisadas tiveram um impacto significativo na incidência de envenenamento por serpentes do gênero *Bothrops* no Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO:

O envenenamento por picada de serpente (*Snakebite Envenoming - SBE*) é uma doença ignorada, apesar de seu significativo impacto (Kasturiratne et al., 2008). Ocorrem em regiões tropicais, afetando mais comunidades marginalizadas (Williams et al., 2019). Em 2017, esse grupo de doenças foi reinstituído na lista da Organização Mundial da Saúde de Doenças Tropicais Negligenciadas (DTN) como uma doença de alta prioridade (Chippaux, 2017). Até esta reinclusão, todas as DTN eram doenças infecciosas, com a maioria sendo causada por vetores invertebrados, como as arboviroses dengue e leishmaniose (Lindoso & Lindoso, 2009; Power et al., 2022).

O impacto socioeconômico desses envenenamentos é de difícil mensuração por atingir desproporcionalmente comunidades negligenciadas, como trabalhadores rurais (Mise et al., 2019) e grupos afastados de grandes centros urbanos (Alcoba et al., 2022). O impacto de *SBE* também é maior em populações indígenas, que possuem 3,5 vezes

mais chances de um encontro fatal com serpentes peçonhentas. Esses grupos também possuem uma maior incidência da doença quando comparado a pessoas brancas (Schneider et al., 2021).

O ambiente desempenha um papel crucial nas interações interespecíficas que levam ao envenenamento por ofidismo, com até 35% da variação desses acidentes relacionada à dispersão de cobras peçonhentas, controlada principalmente por fatores climáticos (Martín et al., 2021; Yañez-Arenas et al., 2014; Moraes et al., 2019). O clima não só influencia a dispersão de serpentes, mas também desempenha um papel importante nas ocorrências de envenenamento por ofidismo, afetando não apenas as serpentes, mas também outras espécies envolvidas, especialmente quando as vítimas são pessoas (Martín et al., 2021; Bolon et al., 2021; Bravo-Vega et al., 2022). Além disso, as atividades agrícolas, que frequentemente resultam em acidentes ofídicos, são fortemente influenciadas por fatores climáticos. Embora os efeitos dessas mudanças ainda não sejam completamente compreendidos, estudos estão sendo realizados para avaliar como estas doenças reagem a padrões climáticos. Embora ainda exista uma escassez de pesquisas sobre o ofidismo com esta ênfase devido à falta de dados históricos em locais afetados por essa doença (Tidman et al., 2021; Gutiérrez, 2014; Hand, 2019).

Dentro deste contexto, o estudo teve como objetivo analisar a interação entre a incidência de envenenamento causado por serpentes do gênero *Bothrops* e variáveis climáticas, no estado do Rio Grande do Sul entre 2007 a 2020.

PALAVRAS-CHAVE: *Bothrops*, Clima, Ofidismo.

MÉTODO:

Coleta de dados:

Os dados de acidentes ofídicos no Rio Grande do Sul, ocorridos entre 2007 e 2020, foram obtidos por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) do Ministério da Saúde do Brasil, foram considerados apenas os casos que envolveram serpentes do gênero *Bothrops*, e esses casos foram classificados por município, mês e ano de ocorrência.



Os dados relativos à população e área de cada município foram coletados a partir de informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), utilizando o Estudo de Estimativas Populacionais por Município, Idade e Sexo 2000-2021 – Brasil, cujas projeções podem ser encontradas em <<https://datasus.saude.gov.br/>>.

Para investigar as relações climáticas, foram utilizadas variáveis obtidas de bases de dados de satélites climáticos globais integradas no sistema Giovanni (Goddard Earth Sciences Data). Essas variáveis incluíram umidade específica a 2 metros da superfície, temperatura a 2 metros da superfície, temperatura máxima diária do ar a 2 metros da superfície, temperatura mínima diária do ar a 2 metros da superfície, todas provenientes do satélite M2TMNXFLX (Global Modeling And Assimilation Office & Pawson, 2015). Além disso, a temperatura do solo (0-10 cm) foi coletada do NLDAS_NOAH0125_M (NLDAS Project, 2020), a cobertura de nuvem foi obtida do MYD08_M3.006 (MODIS Science Team, 2014), e o total mensal de precipitação foi adquirido da versão 3.2 do GPCP Satellite-Gauge (Huffman, 2021).

Esses dados foram adquiridos por meio do método do mapa de médias recorrentes da Plataforma Giovanni, salvos no formato geotiff, com um total de 12 imagens para cada ano, representando cada mês. A extração de dados das imagens foi conduzida usando o programa QGis (QGis Development Team, 2009). Para todas as variáveis, exceto temperatura do solo, os dados foram extraídos com base no centroide dos municípios. No entanto, para a temperatura do solo, utilizou-se o valor médio dos pixels dentro do polígono de cada município, devido à incompatibilidade do centroide em alguns municípios.

Análise:

Utilizamos uma análise de regressão binomial negativa, tendo o município como unidade amostral e a incidência de envenenamento como variável dependente e as climáticas como independentes. As análises foram conduzidas no ambiente R, utilizando o pacote MASS. Inicialmente, foram realizadas análises univariadas para selecionar variáveis com $p < 0.20$ para inclusão no modelo multivariado. O fator de inflação de variância (VIF) foi usado para avaliar a colinearidade entre as variáveis, e as variáveis com VIF mais elevado foram eliminadas até que nenhuma delas tivesse $VIF > 5$, empregando a função *vif* do pacote *car*.



Após essa pré-seleção, as variáveis foram submetidas a um processo de seleção *stepwise*, utilizando a função *stepAIC* do pacote MASS, que seleciona o modelo com o menor valor de Critério de Informação de Akaike (*Akaike Information Criterion -AIC*). O método escolhido foi o “*both*”, que combina a abordagem de seleção *forward* e *backward*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A temperatura desempenha um papel fundamental na ecologia e incidência de acidentes ofídicos envolvendo serpentes do gênero *Bothrops* no Rio Grande do Sul, bem como em outras regiões do mundo. Padrões climáticos recentes têm evidenciado uma diminuição na época de temperaturas frias e um aumento nos períodos com temperaturas mais altas (Wang et al., 2021). Essas mudanças climáticas têm implicações diretas na atividade das serpentes, tornando-as mais ativas durante um período mais prolongado do ano. No entanto, a mera influência da temperatura na ecologia das serpentes não resultaria em uma maior ocorrência de acidentes ofídicos se não houvesse uma sobreposição na distribuição geográfica de serpentes e comunidades humanas.

Variável	Coefficiente de Regressão simples (IC 95%)	p
Cobertura de Nuvem	-0.7702 (-1.1582877; -0.3825613)	0.000144
Precipitação	0.0007769 (0.0002848044; 0.001277721)	0.0017
Temperatura do solo	0.206838 (0.1954255; 0.21823)	<0.0001
Temperatura máxima	0.190415 (0.1800195; 0.2008016)	<0.0001
Temperatura média	0.19909 (0.1884357; 0.2097295)	<0.0001
Temperatura mínima	0.190517 (0.1793291; 0.201693)	<0.0001
Umidade específica	322.2403 (302.866793; 341.68515)	<0.0001
Coefficiente de Regressão multivariada (IC 95%)		
Precipitação	0.0003565 (-0.0001162828; 0.0008362253)	0.139
Temperatura máxima	0.1414548 (0.1221442994; 0.1605756142)	<0.0001
Temperatura mínima	0.0601623 (0.1221442994; 0.1605756142)	<0.0001

Tabela 1- Resultado das análises de Regressão univariadas e multivariada.

Todas as variáveis estudadas se mostram significantes em análises bivariadas. As variáveis precipitação, temperatura máxima e mínima formaram o modelo multivariado final (Tabela 1). No entanto, Temperatura máxima e mínima se mostraram significantes, ambas apresentando uma relação positiva com a incidência. Isso sugere que essas duas variáveis têm um impacto mais substancial na incidência



de envenenamento ofídico em relação as demais variáveis estudadas. Portanto, a temperatura máxima e mínima pode desempenhar um papel mais relevante na explicação de incidência dessa doença, de acordo com os resultados obtidos. A relação das alterações de temperatura com a incidência pode ser observada além da análise de Regressão (Gráfico 1);

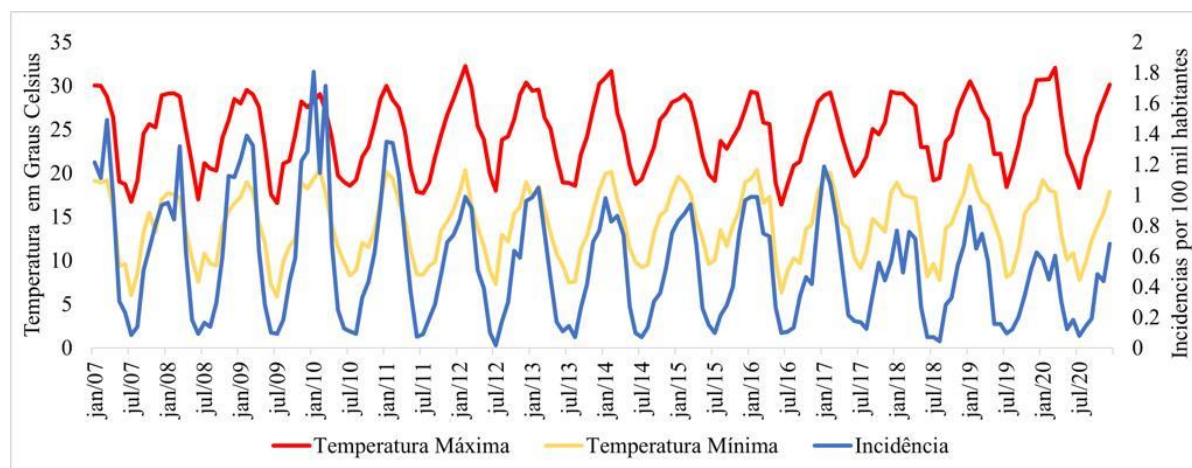
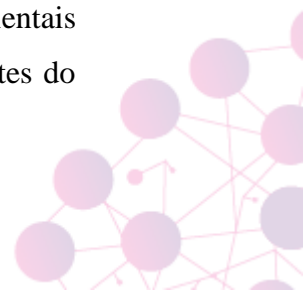


Gráfico 1- Temperatura máxima, Temperatura mínimas e Incidência mensal de acidentes com *Bothrops* spp. No Rio Grande do Sul entre 2007 e 2020.

Na análise univariada, a variável Cobertura de nuvem demonstrou uma significativa relação negativa com a incidência de envenenamento por serpentes *Bothrops*. Em contraste, a precipitação apresentando uma relação positiva significativa com a incidência de envenenamento em uma análise univariada, mas perdeu sua significância na análise multivariada quando considerada junto com outras variáveis. Tanto a temperatura máxima quanto a do solo mostraram relações positivas significativas com a incidência de envenenamento em ambas as análises univariada e multivariada. Além disso, as variáveis de temperatura média, temperatura mínima e umidade específica também exibiram relações positivas significativas com a incidência de envenenamento em ambas as análises. Esses resultados ressaltam a importância das variáveis de temperatura e umidade na explicação da incidência de envenenamento por serpentes *Bothrops* spp. na região do Rio Grande do Sul.

CONCLUSÕES:

Através deste trabalho é possível confirmar que diferentes variáveis ambientais tiveram um impacto significativo na incidência de envenenamento por serpentes do



gênero *Bothrops* no Rio Grande do Sul. No entanto, ao considerar todas as variáveis simultaneamente no modelo multivariado, apenas a temperatura máxima e mínima se mostrou significativa, indicando que esses dois fatores têm uma influência mais substancial na explicação da ocorrência de acidentes ofídicos na região. Esses resultados ressaltam a importância da temperatura como um fator crítico na ecologia e na dinâmica dos acidentes ofídicos envolvendo *Bothrops* spp., enfatizando a necessidade de medidas específicas de prevenção e intervenção relacionadas a essas condições climáticas.

REFERÊNCIAS:

- Alcoba, G., Sharma, S. K., Bolon, I., Ochoa, C., Babo Martins, S., Subedi, M., Shah, B., Ghimire, A., Gignoux, E., Luquero, F., Ruiz de Castañeda, R., Ray, N., & Chappuis, F. (2022). Snakebite epidemiology in humans and domestic animals across the Terai region in Nepal: A multicluster random survey. *The Lancet Global Health*, 10(3), e398–e408. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(22\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00028-6)
- Bravo-Vega, C., Santos-Vega, M., & Cordovez, J. M. (2022). Disentangling snakebite dynamics in Colombia: How does rainfall and temperature drive snakebite temporal patterns? *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 16(3), e0010270. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010270>
- Chippaux, J.-P. (2017). Snakebite envenomation turns again into a neglected tropical disease! *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 23(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s40409-017-0127-6>
- Gutiérrez, J. (2014). Current challenges for confronting the public health problem of snakebite envenoming in Central America. *Journal of Venomous Animals and*



Toxins Including Tropical Diseases, 20(1), 7. <https://doi.org/10.1186/1678-9199-20-7>

Hand, E. (2019). Snakebites, a globally neglected killer, get a ‘transformational’ injection of research funds. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.aay0508>

Kasturiratne, A., Wickremasinghe, A. R., de Silva, N., Gunawardena, N. K., Pathmeswaran, A., Premaratna, R., Savioli, L., Lalloo, D. G., & de Silva, H. J. (2008). The Global Burden of Snakebite: A Literature Analysis and Modelling Based on Regional Estimates of Envenoming and Deaths. *PLoS Medicine*, 5(11), e218. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0050218>

Lindoso, J. A. L., & Lindoso, A. A. B. P. (2009). Neglected tropical diseases in Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 51(5), 247–253. <https://doi.org/10.1590/S0036-46652009000500003>

Mise, Y. F., Lira-da-Silva, R. M., & Carvalho, F. M. (2019). Fatal Snakebite Envenoming and Agricultural Work in Brazil: A Case–Control Study. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 100(1), 150–154. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.18-0579>

Martín, G., Yáñez-Arenas, C., Rangel-Camacho, R., Murray, K. A., Goldstein, E., Iwamura, T., & Chiappa-Carrara, X. (2021). Implications of global environmental change for the burden of snakebite. *Toxicon: X*, 9–10. <https://doi.org/10.1016/j.toxcx.2021.100069>

Moraes, R. L. de, Lansac-Toha, F. M., Schwind, L. T. F., Arrieira, R. L., Rosa, R. R., Terribile, L. C., Lemes, P., Fernando Rangel, T., Diniz-Filho, J. A. F., Bastos, R. P., & Bailly, D. (2019). Climate change will decrease the range size of snake species under negligible protection in the Brazilian Atlantic Forest



hotspot. *Scientific Reports*, 9(1), 8523. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44732-z>

Power, G. M., Vaughan, A. M., Qiao, L., Sanchez Clemente, N., Pescarini, J. M., Paixão, E. S., Lobkowicz, L., Raja, A. I., Portela Souza, A., Barreto, M. L., & Brickley, E. B. (2022). Socioeconomic risk markers of arthropod-borne virus (arbovirus) infections: A systematic literature review and meta-analysis. *BMJ Global Health*, 7(4), e007735. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-007735>

Schneider, M. C., Vuckovic, M., Montebello, L., Sarpy, C., Huang, Q., Galan, D. I., Min, K.-D., Camara, V., & Luiz, R. R. (2021). Snakebites in Rural Areas of Brazil by Race: Indigenous the Most Exposed Group. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9365.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18179365>

Tidman, R., Abela-Ridder, B., & de Castañeda, R. R. (2021). The impact of climate change on neglected tropical diseases: A systematic review. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 115(2), 147–168. <https://doi.org/10.1093/trstmh/traa192>

Williams, D. J., Faiz, M. A., Abela-Ridder, B., Ainsworth, S., Bulfone, T. C., Nickerson, A. D., Habib, A. G., Junghanss, T., Fan, H. W., Turner, M., Harrison, R. A., & Warrell, D. A. (2019). Strategy for a globally coordinated response to a priority neglected tropical disease: Snakebite envenoming. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 13(2), e0007059.

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007059>



Wang, J., Guan, Y., Wu, L., Guan, X., Cai, W., Huang, J., Dong, W., & Zhang, B.

(2021). Changing Lengths of the Four Seasons by Global Warming.

Geophysical Research Letters, 48(6). <https://doi.org/10.1029/2020GL091753>

Yañez-Arenas, C., Peterson, A. T., Mokondoko, P., Rojas-Soto, O., & Martínez-

Meyer, E. (2014). The Use of Ecological Niche Modeling to Infer Potential

Risk Areas of Snakebite in the Mexican State of Veracruz. *PLoS ONE*, 9(6),

e100957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100957>

FOMENTO:

O trabalho teve o fomento do Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições Comunitárias de Educação Superior (PROSUC) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

