



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA
TERRA E DO MEIO AMBIENTE – PPGM**

Mahysa Ferreira Costa

**Além da picada: Estudo preditivo do comportamento espaço-temporal dos
acidentes provocados por escorpião no Estado da Bahia**

Feira de Santana - BA
2025



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA
TERRA E DO MEIO AMBIENTE – PPGM**

Mahysa Ferreira Costa

**Além da picada: Estudo preditivo do comportamento espaço-temporal dos
acidentes provocados por escorpião no Estado da Bahia**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Aristeu Vieira da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Nogueira de Vasconcelos

Feira de Santana - BA
2025

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS

Costa, Mahysa Ferreira
C874a Além da picada: estudo predutivo do comportamento espaço-temporal dos acidentes provocados por escorpião no Estado da Bahia / Mahysa Ferreira Costa. - 2025.
145f.: il.

Orientador: Aristeu Vieira da Silva
Coorientador: Rodrigo Nogueira de Vasconcelos

Tese(doutorado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.
Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, 2025.

1. Escorpionismo. 2. Epidemiologia. 3. Bibliometria. 4. Saúde pública. 5. Escorpionismo – Determinantes ambientais e sociais. I. Silva, Aristeu Vieira da, orient. II. Vasconcelos, Rodrigo Nogueira de, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. IV. Título.

CDU: 595.794:504

Mahysa Ferreira Costa

“Além da Picada: Estudo Preditivo do Comportamento Espaço-temporal dos Acidentes Provocados por Escorpião no Estado da Bahia”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito para obtenção do título de doutor em Ciências Ambientais na Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais e Geotecnologias.

Orientação: Prof. Dr. Aristeu Vieira da Silva

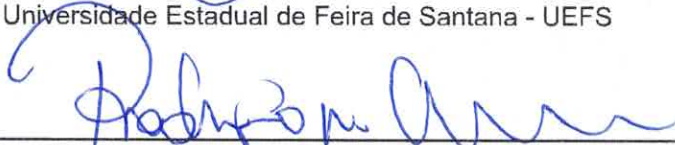
Coorientação: Prof. Dr. Rodrigo Nogueira de Vasconcelos

Data de aprovação: 06 de outubro de 2025.

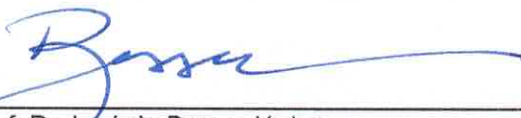
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Aristeu Vieira da Silva
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS



Prof. Dr. Rodrigo Nogueira de Vasconcelos
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS



Prof. Dr. José de Bessa Júnior
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS



Profª Drª Ynara Bosco de Oliveira Lima Arsati
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS



Profª Drª Maricélia Maia de Lima
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS



Profª Drª Joelande Esquivel Correia
Secretaria de Educação da Bahia - SEC/BA

"Nem sempre seguimos a estrada que planejamos, mas sempre chegamos ao destino quando caminhamos com persistência, determinação e amor."

AGRADECIMENTOS

Ao longo desta caminhada, marcada por desafios, mudanças e conquistas, muitas pessoas estiveram ao meu lado e tornaram possíveis a realização desta tese.

Agradeço imensamente ao meu orientador, professor Aristeu, pela confiança, pela orientação sempre firme e generosa, e por me acompanhar em cada etapa, mesmo diante da necessidade de redirecionar meu projeto inicial. Estendo minha gratidão ao meu coorientador, Rodrigo, pelas valiosas contribuições e pela parceria no desenvolvimento desta pesquisa. Registro também meu reconhecimento à equipe do Laboratório de Análises Clínicas (LAC)/Grupo de Pesquisa em Zoonoses e Saúde Única da UEFS, pelo apoio técnico, infraestrutura disponibilizada e pelo ambiente de colaboração, essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa, bem como ao Programa de Pós-graduação Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente pela sólida formação acadêmica recebida ao longo desta jornada. Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado, durante todo o período do doutorado, fundamental para a realização desta pesquisa, e meu crescimento acadêmico e profissional.

Esta tese não seguiu o caminho originalmente traçado, pois a descoberta da minha gestação, em 2021, transformou também o meu percurso acadêmico. Deixar o estudo sobre morcegos e abraçar o tema do escorpionismo significou conciliar a vida pessoal com a profissional, aprendendo que a pesquisa também se faz de escolhas e resiliência.

Mas nada disso teria sido possível sem a base de amor e incentivo da minha família. Aos meus pais, agradeço por sempre acreditarem em mim e por me ensinarem a persistir nos meus sonhos. Ao meu esposo, Luan, pelo apoio incondicional, compreensão e presença em todos os momentos, especialmente nos mais difíceis. E, sobretudo, à minha filha Maia, que, mesmo antes de nascer, já me deu força e inspiração para seguir adiante.

A todos vocês, minha eterna gratidão.

RESUMO

O escorpionismo é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde como Doença Tropical Negligenciada e constitui grave problema de saúde pública em países tropicais, associado ao aumento de casos e elevada morbimortalidade. A revisão da literatura evidencia que, embora haja abundância de estudos clínicos e epidemiológicos, ainda são escassos os trabalhos que integram fatores ambientais, climáticos e antrópicos para compreender os padrões de risco. Esta tese teve como objetivo analisar a evolução do conhecimento científico sobre o escorpionismo e, em seguida, investigar os padrões espaço-temporais, determinantes ambientais e sociais e áreas prioritárias de risco no estado da Bahia, entre 2007 e 2022. Inicialmente foi realizada uma revisão bibliométrica de 145 publicações indexadas na base Scopus (1952–2022), identificando autores, periódicos, redes de colaboração e termos mais frequentes, além de avaliar a presença de variáveis ambientais e antrópicas nos estudos. A seguir um estudo observacional retrospectivo foi realizado sobre os dados do SINAN (2007–2022) nos 417 municípios baianos, integrados a indicadores socioambientais (IVS, IDA, uso e cobertura da terra, variáveis climáticas). Foram aplicadas análises espaciais (LISA, MULTISPATI), temporais e modelagem GAM. O levantamento bibliométrico demonstrou crescimento sustentado da produção científica, com destaque para Brasil e Irã como países mais produtivos, mas também revelou lacunas na associação entre escorpionismo e determinantes ambientais, sendo a maioria das pesquisas voltada a aspectos clínicos. Já na Bahia, foram registrados mais de 200 mil casos no período, com pico em 2019 e predomínio em áreas urbanizadas. Identificaram-se clusters persistentes de alto risco no centro-sul, sudoeste e extremo oeste, associados a urbanização desordenada, desmatamento, agroindústria e elevada vulnerabilidade social. As análises multivariadas confirmaram a relevância de fatores climáticos (variação térmica, precipitação, sazonalidade), ambientais (degradação, expansão de pastagens) e sociais (capital humano do IVS) como determinantes do risco. Aproximadamente 16% dos municípios foram classificados como de alta prioridade para ações de vigilância. A integração entre revisão bibliométrica e análise epidemiológica confirma o escorpionismo como agravo em expansão, ainda pouco explorado sob a ótica de fatores ambientais e sociais. Os resultados reforçam a importância de abordagens interdisciplinares e análises espaço-temporais para compreender sua dinâmica. Conclui-se que políticas públicas eficazes devem articular saúde, meio ambiente, planejamento urbano e saneamento, visando reduzir desigualdades estruturais e mitigar o impacto do escorpionismo, especialmente em regiões tropicais com acelerada transformação socioambiental.

Palavras-chave: Escorpionismo; Epidemiologia; Bibliometria; Saúde Pública; determinantes ambientais e sociais.

ABSTRACT

Scorpionism is recognized by the World Health Organization as a Neglected Tropical Disease and constitutes a serious public health problem in tropical countries, associated with an increasing number of cases and high morbidity and mortality. A review of the literature shows that, although there is an abundance of clinical and epidemiological studies, few works integrate environmental, climatic, and anthropogenic factors to understand risk patterns. This thesis aimed to analyze the evolution of scientific knowledge on scorpionism and, subsequently, to investigate the spatiotemporal patterns, environmental and social determinants, and priority risk areas in the state of Bahia, Brazil, between 2007 and 2022. Initially, a bibliometric review of 145 publications indexed in the Scopus database (1952–2022) was carried out, identifying authors, journals, collaboration networks, and the most frequent terms, in addition to evaluating the presence of environmental and anthropogenic variables in the studies. Subsequently, a retrospective observational study was conducted using SINAN data (2007–2022) from 417 municipalities in Bahia, integrated with socio-environmental indicators (IVS, IDA, land use and land cover, climatic variables). Spatial (LISA, MULTISPATI), temporal, and GAM modeling analyses were applied. The bibliometric survey demonstrated sustained growth in scientific production, with Brazil and Iran standing out as the most productive countries, but also revealed gaps in the association between scorpionism and environmental determinants, with most research focusing on clinical aspects. In Bahia, more than 200,000 cases were recorded during the study period, peaking in 2019 and predominating in urbanized areas. Persistent high-risk clusters were identified in the south-central, southwestern, and far western regions, associated with unplanned urbanization, deforestation, agroindustry, and high social vulnerability. Multivariate analyses confirmed the relevance of climatic (thermal variation, precipitation, seasonality), environmental (degradation, pasture expansion), and social factors (IVS – human capital) as determinants of risk. Approximately 16% of the municipalities were classified as high priority for surveillance actions. The integration of bibliometric review and epidemiological analysis confirms scorpionism as an expanding health problem, still little explored from the perspective of environmental and social factors. The results reinforce the importance of interdisciplinary approaches and spatiotemporal analyses to understand its dynamics. It is concluded that effective public policies must integrate health, environment, urban planning, and sanitation in order to reduce structural inequalities and mitigate the impact of scorpionism, especially in tropical regions undergoing rapid socio-environmental transformation.

Keywords: Scorpionism; Epidemiology; Bibliometrics; Public Health; Environmental and social determinants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Morfologia externa do escorpião.	15
Figura 2.	Mapa A: Índice Geral de Degradação para cada município da Bahia (2006) baseado na aplicação de análise multivariada. Mapa B: Agrupamento dos municípios a partir dos escores fatoriais obtidos na análise fatorial, com formação de 5 grupos homogêneos quanto ao padrão de degradação	31
Figura 3.	Mapa de localização do Estado da Bahia	77
Figura 4.	Percentis 25, 50 (mediana) e 75 da mediana das incidências do Escorpionismo nos municípios do Estado da Bahia, segundo o ano, e frequência absoluta de municípios com casos, no período de 2001 a 2022.	86
Figura 5.	Incidência anual de casos notificados de Escorpionismo na Bahia (2007-2022)	88
Figura 6.	Incidência Acumulada de casos notificados de Escorpionismo na Bahia do período 2007-2022.	90
Figura 7.	Análise univariada da autocorrelação espacial local (LISA - <i>Local Indicators of Spatial Association</i>) da incidência acumulada dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o período de 2007 a 2022.	91
Figura 8.	Análise univariada da autocorrelação espacial local (Local Indicators of Spatial Association – LISA) da incidência acumulada ano a ano dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o período de 2007 a 2022.	93
Figura 9.	Distribuição espacial dos escores MULTISPATI obtidos para cada município, a partir do eixo CS1 sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, 2007 a 2022.	99
Figura 10.	Distribuição espacial dos escores MULTISPATI obtidos para cada município, a partir do eixo CS2 sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, 2007 a 2022.	99
Figura 11.	Distribuição espacial dos escores MULTISPATI obtidos para cada município, a partir do eixo CS3 sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, 2007 a 2022.	100
Figura 12.	Distribuição espacial dos resíduos (PCA – MULTISPATI) obtidos para cada município, a partir do eixo CS1, sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia. 2017 a 2022.	100
Figura 13.	Distribuição espacial dos resíduos (PCA – MULTISPATI) obtidos para cada município, a partir do eixo CS2, sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia. 2017 a 2022.	101
Figura 14.	Distribuição espacial dos resíduos (PCA – MULTISPATI) obtidos para cada município, a partir do eixo CS3, sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia. 2017 a 2022.	101
Figura 15.	Classificação dos municípios da Bahia quanto à prioridade para ações de vigilância do escorpionismo, conforme análise MULTISPATI e incidência log-transformada (loginesc). Cores: vermelho (alta prioridade), amarelo (média), verde claro (baixa).	103
Figura 16.	Análise de correlação entre as variáveis avaliadas para os modelos epidemiológicos do Escorpionismo no Estado da Bahia no período de 2007 a 2022 testados.	118
Figura 17.	Comparação dos principais modelos estatísticos ajustados para a incidência de Escorpionismo no estado da Bahia entre 2007 e 2022, com base no R^2 .	120
Figura 18.	Comparação dos principais modelos estatísticos ajustados para a incidência de Escorpionismo no estado da Bahia entre 2007 e 2022, com base no RMSE.	121
Figura 19.	Distribuição espacial dos riscos residuais de ocorrência de escorpionismo após o controle estatístico das variáveis socioambientais incluídas no modelo GAM reduzido, segundo o ano em análise. Bahia, 2007 a 2020...	124
Figura 20.	Comparação das variâncias da análise MULTISPATI e variâncias dos componentes principais da PCA dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o período de 2007 a 2022.	125
Figura 21.	Correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o eixo 1 (CS1) no período de 2007 a 2020.	126
Figura 22.	Correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o eixo 2 (CS2) no período de 2007 a 2020.	127
Figura 23.	Correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o eixo 3 (CS3) no período de 2007 a 2020.	128
Figura 24.	Comparações dos escores MULTISPATI entre os períodos (2007–2016 e 2017–2020) dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para a diferença espacial dos escores em dois períodos do eixo CS1.	129
Figura 25.	Comparações dos escores MULTISPATI entre os períodos (2007–2016 e 2017–2020) dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para a diferença espacial dos escores em dois períodos do eixo CS2.	130
Figura 26.	Comparações dos escores MULTISPATI entre os períodos (2007–2016 e 2017–2020) dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para a diferença espacial dos escores em dois períodos do eixo CS3.	131
Figura 27.	Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2007-2016 para o Eixo 1 (CS1).	132
Figura 28.	Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2017-2020 para o Eixo 1 (CS1).	133
Figura 29.	Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2007-2016 para o Eixo 2 (CS2).	134

Figura 30.	Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2017-2020 para o Eixo 2 (CS2).	135
Figura 31.	Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2007-2016 para o Eixo 3 (CS3).	136
Figura 32.	Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2017-2020 para o Eixo 3 (CS3).	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Número de acidentes escorpiônicos e óbitos, coeficientes de incidência e taxa de letalidade segundo a região e a Unidade da Federação de ocorrência – Brasil 2022.	18
Tabela 2.	Pesos relativos das variáveis significativas no modelo aditivo generalizado (GAM - <i>Generalized Additive Model</i>) reduzido, com base nas estatísticas F e nos graus de liberdade efetivos (edf) para a Incidência do Escorpionismo no Estado da Bahia (2007 – 2022).	95
Tabela 3.	Cargas fatoriais por Eixo (CS1, CS2 e CS3) em cada componente espacial dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia.	97
Tabela 4.	Comparação dos principais modelos estatísticos ajustados para a incidência de Escorpionismo no estado da Bahia entre 2007 e 2022, com base em diferentes R ² , RMSE e AIC	120
Tabela 5.	Comparação dos modelos estatísticos GAM (geral e reduzido) e GLMM para a incidência de Escorpionismo no estado da Bahia entre 2007 e 2022, com base em diferentes AIC e desvio explicado.	122
Tabela 6.	Escores dos Componentes Espaciais 1 (CS1), e classificação por prioridade das incidências de acidentes por escorpião para os municípios do estado da Bahia, conforme análise MULTISPATI com dados agregados do período de 2007 a 2020. (<i>continua...</i>)	138

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Indicadores que compõem cada dimensão do Índice de Vulnerabilidade Social (i. infraestrutura urbana, ii. capital humano, e iii. renda e trabalho)	27
Quadro 2.	Denominações originais ORIGINAL), denominações de uso em análises (tabela) e descrição das variáveis avaliadas no estudo da incidência do Escorpionismo no Estado da Bahia, no período de 2007 a 2022.	117

FIGURES

- Figure 2. *Methodological Approach and Data Analysis Strategy used for the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, conducted in two stages, during the period from 1952 to 2022. Phase I corresponds to carrying out the search and pre-processing in the databases for identification and selection of documents, while Phase II corresponds to bibliometric analysis.* 49
- Figure 3. *Graphical analysis of the relationship between the number of documents published per year and the absolute frequency of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, covering the period from 1950 to 2022..* 50
- Figure 4. *Network of co-occurrence of words presented in titles, abstracts and keywords, with 1,601 terms and general information (regarding the top 10 journals, authors, countries and affiliations with the highest productivity) of articles published and selected for the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, during the period from 1952 to 2022.* 51
- Figure 5. *Co-occurrence network of words presented in titles, abstracts and keywords of published and selected articles, for each decade of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, from 1980 to 2022. The image refers to: (a) 1980s-1989 and (b) 1990s-1999.* 59
- Figure 6. *Co-occurrence network of words presented in titles, abstracts and keywords of published and selected articles, for each decade of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, from 1980 to 2022. The image refers to: (c) 2000s-2009 and (d) 2010s-2019.* 60
- Figure 7. *Co-occurrence network of words presented in titles, abstracts and keywords of published and selected articles, for each decade of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, from 1980 to 2022. The image refers to 2020s-2022.* 61
- Figure 8. *Map of Collaboration between countries that protect knowledge about the Epidemiology of Scorpionism, extracted from bibliometric analysis, during the period from 1950 to 2022.* 64
- Figure 9. *Analysis graph of the top 10 cited studies on the Epidemiology of Scorpionism, based on bibliometric analysis, referring to the period 1950-2022.* 64

BOXES

- Box 1. *Description of metadata through the relationship between the questions of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism and the analyzes used together with the data extraction source, for each problem question, in the period from 1952 to 2022.* 46
- Box 2. *Documents selected for metadata extraction (title, authors, year and country) based on reading 10% of the articles, for each decade, on the Epidemiology of Scorpionism, covering the period from 1982 to 2022.* 53
- Box 3. *Documents selected for metadata extraction (age group of the injury, location of the bite, clinical signs, treatment, species of scorpion, period of the year of notification and severity by sex) based on reading 10% of the articles, for each decade, on the Epidemiology of Scorpionism, covering the period from 1982 to 2022. (continue...) 56*

LISTA DE ABREVIATURAS

AIC – Akaike Information Criterion

BIO – Variáveis bioclimáticas do WorldClim (ex.: BIO01, BIO02 etc.)

BRMS – Bayesian Regression Models using Stan (pacote R para modelos bayesianos)

CAR – Companion to Applied Regression (pacote R para diagnósticos, incluindo VIF)

GAM – Generalized Additive Model

GLMM – Generalized Linear Mixed Model

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDA – Índice de Degradação Ambiental

IVS – Índice de Vulnerabilidade Social

IVS_CH – Capital Humano

IVS_IU – Infraestrutura Urbana

IVS_RT – Renda e Trabalho

LISA – Local Indicators of Spatial Association

LME4 – Linear and Generalized Linear Mixed Effects Models (pacote R)

LUC – Land Use and Cover (uso e cobertura da terra, ex.: LUC01, LUC02-1 etc.)

MASS – Modern Applied Statistics with S (pacote R, inclui função glmmPQL)

MGCV – Mixed GAM Computation Vehicle (pacote R para GAM)

MULTISPATI – Multivariate Spatial Analysis (componentes principais espaciais)

PCA – Principal Component Analysis

PATCHWORK – Pacote R para combinação de gráficos

PERFORMANCE – Pacote R para sumarização e comparação de modelos estatísticos

READXL – Pacote R para importação de dados do Excel

RMSE – Root Mean Square Error

R² – Coeficiente de Determinação

SCOPUS – Base de dados bibliográfica internacional

SF – Simple Features for R (manipulação de dados espaciais)

SINAN – Sistema de Informação de Agravos de Notificação

SPDEP – Spatial Dependence (pacote R para estatísticas de vizinhança e autocorrelação)

TMAP – Thematic Maps (pacote R para cartografia temática)

TIDYVERSE – Coleção de pacotes R para manipulação e visualização de dados

VIF – Variance Inflation Factor (Fator de Inflação da Variância)

VOSviewer – Software para análise bibliométrica (redes de co-ocorrência e colaboração)

WAIC – Widely Applicable Information Criterion

WOS – Web of Science (base de dados bibliográfica)

Sumário

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1	Animais peçonhentos e os Escorpiões de interesse para a Saúde Médica no Brasil.....	14
2.2	Escorpionismo no Brasil: aspectos clínicos, epidemiológicos, ambientais e antrópicos relacionados aos acidentes por escorpiões	17
2.3	Importância dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e medidas de prevenção e controle do Escorpionismo	19
2.4	Sistemas de informações, indicadores de saúde e o uso de Modelagem para a análise do escorpionismo	25
2.5	Referências	33
3	OBJETIVOS.....	37
3.1	Objetivo Geral	37
3.2	Objetivos Específicos	37
4	CAPÍTULO 1: A Bibliometric Analysis of Scorpionism Epidemiology in Tropical Health ...	38
4.1	ABSTRACT	39
4.2	INTRODUCTION.....	40
4.3	METHODOLOGY	42
4.4	RESULTS	47
4.5	DISCUSSION	62
4.6	CONCLUSION	67
4.7	ACKNOWLEDGMENT	68
4.8	CONFLICT OF INTEREST	68
4.9	REFERENCES.....	68
5	CAPÍTULO 2: Escorpionismo na Bahia: Padrões de risco moldados pelo ambiente e ação humana (2007-2022).....	72
5.1	Resumo	73
5.2	Abstract	74
5.3	Introdução	75
5.4	Materiais e Métodos.....	76
5.5	Resultados	85
5.6	Discussão.....	104
5.7	Conclusão	109
5.9	Referências	109
6	APÊNDICES E ANEXOS.....	114
6.1	APÊNDICE A – Ficha de Notificação de Animais Peçonhentos do SINAN	115
6.2	APÊNDICE B - Dados suplementares sobre Escorpionismo na Bahia	117
6.2	APÊNDICE C - Análise comparativa de modelos epidemiológicos para Escorpionismo no Estado da Bahia	118
6.3	APÊNDICE D - Apresentação cartográfica do resíduo do modelo GAM	123
6.4	APÊNDICE E: Correlações entre scores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia	125
6.5	APÊNDICE F: Classificação dos municípios do Estado da Bahia segundo a prioridade de ações de controle da LTA	138

1 INTRODUÇÃO GERAL

Esta tese apresenta a construção do conhecimento acerca do escorpionismo, termo esse entendido como o conjunto de acidentes provocados pela picada de escorpiões, que representa um importante desafio à saúde pública no Brasil, especialmente em regiões com altas taxas de incidência desses acidentes, como ocorre no Estado da Bahia. A cada ano, observa-se um crescimento no número de casos registrados, o que evidencia a necessidade urgente de compreender os fatores que influenciam a ocorrência desses eventos e a distribuição geográfica dos acidentes. Este estudo teve como objetivo analisar a incidência dos acidentes ocasionados por escorpiões nos municípios baianos entre os anos de 2007 e 2022, com ênfase na relação entre variáveis ambientais e antrópicas que podem contribuir para a dinâmica de ocorrência desses acidentes. Dado o contexto de urbanização acelerada, alterações no uso do solo e elevadas taxas de vulnerabilidade social, é fundamental explorar como essas variáveis podem potencializar ou mitigar o risco de escorpionismo. Para isso, buscou-se responder à pergunta central deste trabalho: **Qual a distribuição espaço-temporal do escorpionismo no estado da Bahia e quais os fatores ambientais e antrópicos estão associados ao aumento da incidência desse acidente nos municípios baianos?**

A análise dos padrões de incidência, ao longo dos 16 anos de observação, permitiu não apenas entender as dinâmicas de ocorrência dos acidentes, mas também fornecer subsídios para a formulação de estratégias eficazes de prevenção e controle, fundamentais para a redução da morbidade e da mortalidade associadas a este acidente. Dessa forma, este estudo pretende contribuir para o aprimoramento das políticas públicas voltadas ao controle do escorpionismo, com base em um diagnóstico mais preciso e integrado dos fatores que influenciam sua incidência no território baiano.

Diante do exposto, a tese está desenvolvida em fundamentação teórica e dois capítulos. A fundamentação teórica serviu para embasar e explicar os conceitos, teorias, variáveis e modelos existentes sobre o tema da pesquisa, fornecendo uma base sólida e justificativa para sua importância. Ao apresentar e

discutir o que já foi escrito sobre o assunto, a fundamentação ajuda a orientar e estruturar a pesquisa, mostrando como ela se insere no contexto do conhecimento atual. Ou seja, é parte crucial do estudo para demonstrar que a pesquisa não é isolada, mas que faz parte de um debate acadêmico e científico, e que suas escolhas metodológicas e teóricas têm embasamento e justificativa sólida.

O primeiro capítulo refere-se a um artigo publicado na Revista de Pesquisa Cienciométrica (*Journal of Scientometric Research*), sobre a epidemiologia do escorpionismo, utilizando análises bibliométricas, que têm sido empregadas como uma técnica importante para estudar e quantificar a produção científica de uma área de conhecimento. Por meio de ferramentas estatísticas e matemáticas, analisou dados bibliográficos para entender o cenário científico, identificar as principais contribuições e lacunas, avaliar o impacto da produção acadêmica e direcionar futuras pesquisas ou investimentos. O artigo apresentado é pioneiro na abordagem do contexto bibliométrico, ao aplicar essa técnica de forma inovadora na área da epidemiologia do escorpionismo.

O segundo capítulo teve como ponto chave conhecer o padrão de distribuição espaço-temporal da incidência do escorpionismo no estado da Bahia, no período de 16 anos entre 2007 a 2022 e, a partir disso, foi realizada a correlação de fatores ambientais, climáticos e antrópicos que influenciam esse comportamento, para construção do modelo descritivo/explicativo. Os dados de notificação foram extraídos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), complementados por indicadores como o Índice de Degradação Ambiental (IDA), Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), dados de uso e cobertura da terra e dados climáticos. O estudo revelou achados relevantes acerca dessa temática, bem como sobre a importância das ferramentas espaciais na identificação de áreas prioritárias para intervenção, compreensão dos fatores determinantes do escorpionismo e orientação de políticas públicas eficazes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Animais peçonhentos e os Escorpiões de interesse para a Saúde Médica no Brasil

Alguns animais produzem substâncias tóxicas para própria defesa ou captura de presas; tais substâncias são denominadas venenos (Brasil, 2021). Apesar de frequentemente confundidos, os termos "animais venenosos" e "animais peçonhentos" têm diferenças conceituais importantes (Brasil, 2024). Os animais venenosos obtêm toxinas do ambiente ou de outros organismos e as armazenam para se protegerem de predadores; essas toxinas são eficazes apenas quando ingeridas, a exemplo dos sapos que possuem glândulas capazes de liberar veneno quando pressionadas (Brasil, 2024; Brasil, 2021). Por essa razão, ao expor seus predadores ao veneno, sem injetá-lo diretamente, o sapo é classificado como um animal venenoso (Brasil, 2024). Por outro lado, animais peçonhentos possuem mecanismos para injetar ativamente substâncias tóxicas em suas presas (caça), ou em predadores (defesa) (Brasil, 2024). Esses mecanismos de inoculação incluem estruturas especializadas como presas, ferrões, quelíceras, cerdas urticantes, esporões etc. (Brasil, 2024).

No Brasil, os animais peçonhentos de interesse em saúde pública são algumas espécies de serpentes (gêneros *Bothrops*, *Bothrocophias*, *Crotalus*, *Lachesis*, *Micrurus* e *Leptomicrurus*), algumas espécies de escorpiões do gênero *Tityus*, aranhas dos gêneros *Loxosceles*, *Phoneutria* e *Latrodectus*, abelhas do gênero *Apis* e lagartas do gênero *Lonomia* (Brasil, 2024). Diante disso, todas as aranhas e escorpiões são definidos como animais peçonhentos, porém nem todos os animais peçonhentos causam acidentes nos humanos, apenas aqueles capazes de produzir um veneno tóxico o suficiente para causar danos e que também tenham a capacidade para injetá-lo, como exemplo a falsa-coral (*Oxyrhopus guibei*) (Brasil, 2024). Outros animais peçonhentos, embora não sejam considerados de importância em saúde pública, podem causar acidentes graves, o que inclui as vespas e marimbondos, lacraias, arraias, bagres, entre outros (Brasil, 2024).

Os escorpiões são animais pertencentes ao filo Arthropoda (arthro: articuladas/podos: pés), classe Arachnida (por terem oito pernas) e ordem Scorpiones (Brasil, 2009; Brasil, 2024). Os Arthropoda correspondem a mais de 80% das espécies

animais existentes, dentre os principais grupos estão os aracnídeos, representados pelas aranhas e os escorpiões (Brasil, 2024). Os aracnídeos possuem o corpo dividido em duas regiões principais: cefalotórax e abdome. No cefalotórax, ou protossoma, estão localizados quatro pares de patas, um par de pedipalpos e um par de quelíceras, diferenciando-se dos outros artrópodes pela ausência de antenas e mandíbulas. Já o abdômen, chamado opistossoma, é dividido em duas partes: o tronco (mesossoma) e a cauda (metassoma) (Brasil, 2024). No mesossoma, na face ventral, encontram-se o opérculo genital, apêndices sensoriais em forma de pentes para detectar estímulos mecânicos e químicos, e os espiráculos, que funcionam como aberturas dos pulmões (Brasil, 2024). O metassoma termina em uma estrutura chamada telson, que possui um ferrão para injetar veneno. No telson, há duas glândulas produtoras de peçonha, cada uma com uma abertura próxima à ponta do aguilhão (Brasil, 2024). A Figura 1 representa a morfologia do escorpião.

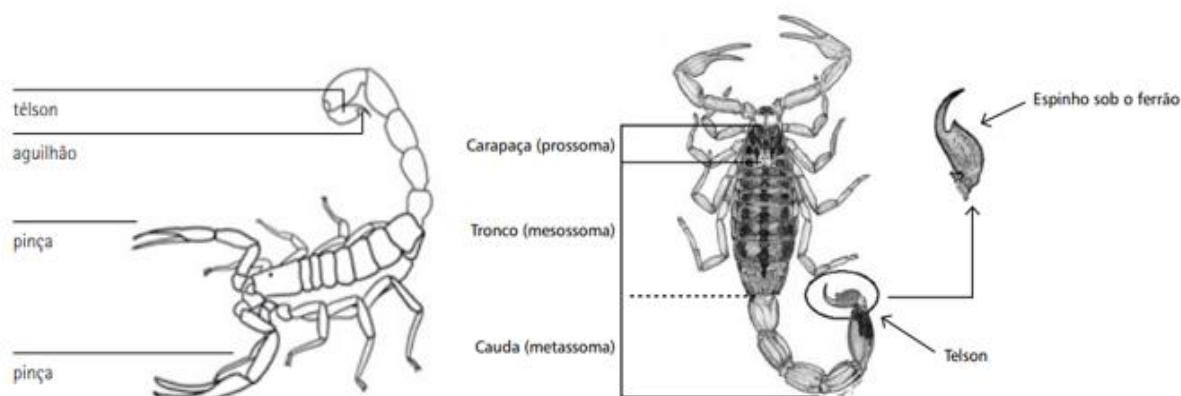


Figura 1. Morfologia externa do escorpião.

Fonte: BRASIL, 2009

Os escorpiões são animais carnívoros que se alimentam principalmente de insetos vivos, como grilos, baratas, aranhas, pequenos vertebrados e até outros escorpiões (Brasil, 2009). Com hábitos noturnos, passando o dia escondidos sob pedras, troncos, dormentes de ferrovia, em meio a entulhos, telhas ou tijolos (Brasil, 2009). Muitas espécies se adaptaram a áreas urbanas, onde encontram abrigo em residências ou em seus arredores, além de fácil acesso a alimentos (Brasil, 2009). Por isso, áreas densamente povoadas apresentam maior probabilidade de acidentes com escorpiões (Brasil, 2009). Os escorpiões são altamente resistentes, conseguindo sobreviver 400 dias sem comida, 87 dias sem água, e até mais 30 dias sem comida e água, o que dificulta muito o controle desses animais (Brasil, 2009; Brasil, 2024;

Butantan, 2025). Eles são frequentemente encontrados em terrenos baldios com vegetação alta, entulho ou lixo; também próximos ou dentro das residências, onde encontram abrigo e alimento em abundância, especialmente baratas, que são seu alimento preferido nas áreas urbanas (Brasil, 2009; Brasil, 2024). Além disso, os escorpiões podem habitar galerias de águas pluviais, esgoto, canais, bocas de lobo, fossos de elevador, caixas de passagem, caixas de gordura, pontos de energia, lixeiras e fosso de lixo (Brasil, 2009; Brasil, 2024).

Os escorpiões são vivíparos, logo os filhotes já nascem formados e são carregados pela mãe em seu dorso. A maioria das espécies de escorpiões apresenta dimorfismo sexual, com diferenças visíveis entre fêmeas e machos (Brasil, 2009). No entanto, algumas espécies, como o *T. serrulatus* e *T. stigmurus*, também conseguem se reproduzir por partenogênese, processo em que os ovos se desenvolvem sem a necessidade de fecundação por um espermatozóide, característica que conferem a esses animais o baixo investimento parental (Brasil, 2009).

O escorpionismo é o termo utilizado para se referir ao agravo provocado pelo envenenamento da picada do escorpião. Os escorpiões de importância médica no Brasil pertencem ao gênero *Tityus*, que é o mais rico em espécies, representando cerca de 60% da fauna escorpiônica neotropical (Brasil, 2009; Brasil, 2021; Brasil, 2024).

Escorpião-amarelo, *Tityus serrulatus*, com pernas e cauda amarelo-claro (a parte inferior do final da cauda apresenta coloração escura). É característica a presença de uma serrilha nos 3º e 4º segmentos da cauda. Mede até 7 cm de comprimento (Brasil, 2009; Brasil, 2021; Brasil, 2024). Esta espécie ocorre na Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, São Paulo, Sergipe, Rio Grande do Sul e Paraná (Brasil, 2009; Brasil, 2021; Brasil, 2024). O escorpião-marrom, *Tityus bahiensis*, de tronco escuro, pernas e palpos com manchas escuras e cauda marrom avermelhada. Não possui serrilha na cauda, e o adulto mede cerca de 7 cm. Ocorre na Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso, Goiás, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Brasil, 2009; Brasil, 2021; Brasil, 2024). O escorpião-amarelo-do-Nordeste, *Tityus stigmurus*, que possui

pernas, tronco e cauda amarelo claro, apresenta uma faixa escura na parte superior do tronco e uma mancha triangular na parte dianteira do corpo. Outra característica é uma mancha escura na parte inferior do último segmento da cauda e uma serrilha nos 3º e 4º anéis da cauda (Brasil, 2009; Brasil, 2021; Brasil, 2024). É encontrado no Nordeste, Paraná e Santa Catarina. E o escorpião-preto-da-Amazônia, *Tityus obscurus*, o animal adulto possui coloração preta, por vezes um pouco avermelhada, e pode chegar a 9 cm de comprimento. Quando jovem, o corpo e os apêndices são castanhos e apresentam manchas escuras. Esta espécie ocorre apenas na região Norte (Brasil, 2009; Brasil, 2021; Brasil, 2024).

2.2 Escorpionismo no Brasil: aspectos clínicos, epidemiológicos, ambientais e antrópicos relacionados aos acidentes por escorpiões

O agravo causado por escorpiões no Brasil, particularmente no Nordeste e no estado da Bahia, representa um importante problema de saúde pública. No Nordeste, os casos de escorpionismo somam uma parte significativa dos registros nacionais, com uma taxa de incidência elevada devido ao clima quente e úmido, favorável à reprodução de espécies como o *Tityus stigmurus*, que tem alta presença na região.

De acordo com o boletim epidemiológico do Sistema de Informação de Agravos de Notificação – Sinan (Brasil, 2024) os acidentes por animais peçonhentos levaram a notificação de 292.440 registros no ano de 2022, sendo este um dos acidentes com mais registros nos sistemas de notificação do Ministério da Saúde. Os acidentes escorpiônicos foram responsáveis por 183.738 registros, o que correspondeu a 62,83% do total de registros de animais peçonhentos (Tabela 1). O Estado de São Paulo continua sendo o maior notificador de acidentes escorpiônicos no Sinan: em 2022 foram 42.757 acidentes notificados. Outros estados que se destacaram pelo volume de notificações de acidentes foram Minas Gerais (36.202), Bahia (19.890), Pernambuco (15.416), Alagoas (11.470), Ceará (6.451), Paraíba (6.326) e Goiás (5.891). Minas Gerais foi o berço da principal espécie causadora de acidentes no Brasil: *Tityus serrulatus*, e a partir de lá está espécie passou a ocupar todas as regiões brasileiras. Cerca de 86% das notificações de escorpionismo

concentraram-se nas Regiões Nordeste e Sudeste em 2022 (Brasil, 2024). O coeficiente de incidência no Brasil foi de 90,48/100 mil habitantes (Brasil, 2024).

A gravidade da picada de escorpiões depende da espécie envolvida, seu tamanho, idade e nutrição, condições climáticas do habitat, quantidade de peçonha injetada e atraso na busca por tratamento (Brasil, 2024).

Tabela 1. Número de acidentes escorpiônicos e óbitos, coeficientes de incidência e taxa de letalidade segundo a região e a Unidade da Federação de ocorrência – Brasil 2022.

2022	Casos		Óbitos		Coeficiente de incidência (acidentes/100 mil hab.)	Taxa de letalidade (%)
	N (183.738)	%	N (92)	%		
Região Norte	6.900	3,76	6	6,52	39,77	0,09
Rondônia	290	0,16	1	1,09	18,34	0,34
Acre	258	0,14	0	0,00	31,08	0,00
Amazonas	549	0,30	0	0,00	13,93	0,00
Roraima	157	0,09	0	0,00	24,67	0,00
Pará	3.472	1,89	3	3,26	42,78	0,09
Amapá	418	0,23	0	0,00	56,99	0,00
Tocantins	1.756	0,96	2	2,17	116,18	0,11
Região Nordeste	72.708	39,57	37	40,22	133,06	0,05
Maranhão	2.342	1,27	0	0,00	34,57	0,00
Piauí	4.076	2,22	3	3,26	124,68	0,07
Ceará	6.451	3,51	0	0,00	73,38	0,00
Rio Grande do Norte	4.244	2,31	5	5,43	128,51	0,12
Paraíba	6.326	3,44	3	3,26	159,16	0,05
Pernambuco	15.416	8,39	7	7,61	170,19	0,05
Alagoas	11.470	6,24	1	1,09	366,75	0,01
Sergipe	2.493	1,36	0	0,00	112,83	0,00
Bahia	19.890	10,83	18	19,57	140,70	0,09
Região Sudeste	85.090	46,31	43	46,74	100,29	0,05
Minas Gerais	36.202	19,70	32	34,78	176,26	0,09
Espírito Santo	5.451	2,97	0	0,00	142,19	0,00
Rio de Janeiro	680	0,37	1	1,09	4,24	0,15
São Paulo	42.757	23,27	10	10,87	96,26	0,02
Região Sul	5.851	3,18	0	0,00	19,55	0,00
Paraná	4.926	2,68	0	0,00	43,05	0,00
Santa Catarina	374	0,20	0	0,00	4,91	0,00
Rio Grande do Sul	551	0,30	0	0,00	5,06	0,00
Região Centro-Oeste	13.189	7,18	6	6,52	80,97	0,05
Mato Grosso do Sul	3.891	2,12	0	0,00	141,15	0,00
Mato Grosso	1.231	0,67	1	1,09	33,64	0,08
Goiás	5.891	3,21	4	4,35	83,50	0,07
Distrito Federal	2.176	1,18	1	1,09	77,24	0,05
Brasil	183.738	100,00	92	100,00	90,48	0,05

Fonte: SINAN. Dados atualizados até 22/11/2023.

A partir da análise descritiva de alguns indicadores sobre acidentes por escorpiões ocorridos na Bahia, observou-se 72,6% dos registros dos acidentes por animais peçonhentos inseridos no Sinan nos últimos 10 anos (Brasil, 2024). No período de 2014 a 2023 foram registrados no Sinan 169.939 acidentes por escorpiões na Bahia, uma média de 16.993,9 casos/ano (Brasil, 2024). Em 2022, a Bahia registrou cerca de 19.890 casos de picadas de escorpião, o maior número no Nordeste, com uma taxa de letalidade em torno de 0,09% (Brasil, 2024). Em 2023, ano com o maior número de casos de escorpionismo no Sinan, foram notificadas 22.982 ocorrências (35,2% acima da média anual), o que representou um coeficiente de incidência de 165,4 casos/ 100 mil habitantes (Brasil, 2024). Os escorpiões representam o grupo mais envolvido em acidentes por animais peçonhentos na Bahia (Brasil, 2024).

Os acidentes com escorpiões são considerados graves devido ao veneno potente de algumas espécies, que pode provocar sintomas sistêmicos graves, como taquicardia, hipertensão, e, em casos mais extremos, edema pulmonar e choque cardiogênico, particularmente em crianças e idosos. Os dados do SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação) mostram que o escorpionismo foi responsável por mais de 70% das notificações de acidentes com animais peçonhentos na Bahia, reforçando a necessidade de ações preventivas e de estrutura de atendimento para reduzir a letalidade e os impactos dos acidentes.

2.3 Importância dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e medidas de prevenção e controle do Escorpionismo

Os diferentes tipos de climas, biomas, espécies envolvidas e condições dos incidentes favorecem distintos cenários epidemiológicos relacionados aos agravos por animais peçonhentos (Brasil, 2024). Essa heterogeneidade está diretamente associada às distintas populações, períodos e locais impactados, incluindo aquelas comunidades mais vulneráveis a esses acidentes (Brasil, 2024).

Os acidentes por animais peçonhentos são agravos de notificação compulsória pelo Ministério da Saúde, registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) por meio de uma ficha específica. Esse instrumento é essencial para identificar fatores de risco, tipo de envenenamento, classificação

clínica, necessidade de soroterapia, entre outros aspectos de vigilância. No Brasil, o antiveneno para picadas de escorpião é distribuído principalmente por meio do Sistema Único de Saúde (SUS). O antiveneno é disponibilizado em hospitais públicos e unidades de saúde de todo o território nacional, especialmente em áreas de maior incidência de escorpiões, como o Nordeste e o Sudeste. Além disso, o Instituto Butantan, em São Paulo, é o principal responsável pela produção do soro antiescorpiônico, que é distribuído para os estados conforme a demanda (Butantan, 2025).

O escorpionismo, com maior número de casos ocorrendo em zonas urbanas, tem aumentado em todo o Brasil, especialmente nos estados das Regiões Sudeste e Nordeste (Brasil, 2024). Desde meados dos anos 2000, os escorpiões são os principais responsáveis por acidentes envolvendo animais peçonhentos no país, com o número de casos crescendo anualmente (Brasil, 2024). Esses incidentes ocorrem com mais preponderância durante períodos de calor e chuva, principalmente à noite, quando os escorpiões estão mais ativos em busca de alimento e reprodução (São Paulo, 2021; Brasil, 2024). Em outras épocas, os casos ainda acontecem, mas em menor proporção. Agravos escorpiônicos acometem de forma semelhante homens e mulheres, embora haja variações em alguns estados (São Paulo, 2021; Brasil, 2024). A maioria dos acidentes tem maior preponderância nas mãos e nos pés. No Brasil, os acidentes são mais frequentes nas faixas etárias economicamente ativa e em pessoas que se autodeclaram como pardas (São Paulo, 2021; Brasil, 2024). Em sua maioria, os casos de escorpionismo apresentam apenas manifestações locais e tem evolução benigna. Casos graves e óbitos são mais frequentes em crianças menores de 10 anos, principalmente quando causados pela espécie *Tityus serrulatus* (São Paulo, 2021; Brasil, 2024). Contudo, os agravos escorpiônicos segundo as faixas de tempo decorrido entre o acidente e o atendimento, demonstra que quanto mais rápido for administrado o antiveneno, maior será a eficácia da evolução clínica, e, portanto, maior serão as chances de cura (São Paulo, 2021; Brasil, 2024).

A investigação epidemiológica dos acidentes causados por animais peçonhentos é crucial para monitorar mudanças e tendências, orientar medidas de prevenção e redução da morbimortalidade e das sequelas, além de subsidiar programas de saúde do trabalhador e ambiental (São Paulo, 2021; Brasil, 2024).

Alterações ambientais e antrópicas, como o aumento das temperaturas, desmatamento, ocupação desordenada e acelerada dos centros urbanos, mudanças no uso e cobertura da terra, bem como o aumento do índice de degradação ambiental e a alta vulnerabilidade social e econômica da população, principalmente em áreas com menor investimento em infraestrutura básica são fatores que podem ser pensados para explicar o aumento das incidências escorpiônicas e influenciam diretamente na dinâmica de ocorrência dos agravos (Brasil, 2024).

Para compreender o aumento das incidências dos acidentes em qualquer comunidade, é necessário entender a dinâmica entre os fatores físicos, ambientais, biológicos, geográficos, sociais e econômicos (Brasil, 2024). Essa interação promove os fatores condicionantes e determinantes, estabelecendo a ocorrência do agravo no ambiente.

Segundo as Nações Unidas (2015), os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) representam um chamado global à ação, buscando erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, além de assegurar que todas as pessoas, em qualquer lugar, vivam com paz e prosperidade, por meio de metas apoiada pelas Nações Unidas para alcançar a Agenda 2030 no Brasil. O objetivo da atual pesquisa, através das seguintes ODS e metas, pode contribuir para alcançar tais propostas:

- ODS 3 – Saúde e Bem-estar
 - Meta 3.3: Até 2030, acabar com as epidemias de doenças transmissíveis e combater doenças tropicais negligenciadas. A pesquisa visa identificar padrões e prever incidências de escorpionismo, permitindo ações de controle e mitigação que possam reduzir o impacto na saúde da população.
 - Meta 3.d: Fortalecer a capacidade de alerta precoce, redução de riscos e gestão de riscos para a saúde global. O desenvolvimento de um modelo preditivo de incidência de agravos de escorpiões fortalecerá a vigilância e resposta a eventos de saúde pública.
- ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis

- Meta 11.5: Reduzir substancialmente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por desastres. Escorpionismo é uma ameaça à saúde pública, e o mapeamento das áreas de risco pode ajudar a reduzir incidências e preparar melhor as comunidades para preveni-las.
- Meta 11.6: Reduzir o impacto ambiental negativo das cidades, incluindo a gestão adequada dos resíduos. O estudo pode sugerir práticas ambientais que minimizem os fatores antrópicos que facilitam a presença de escorpiões, como saneamento e controle de resíduos.
- ODS 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima
 - Meta 13.1: Fortalecer a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e desastres naturais em todos os países. Ao correlacionar a incidência de escorpiões com fatores climáticos, o estudo pode orientar estratégias para adaptar-se a mudanças ambientais e minimizar riscos.
 - Meta 13.3: Melhorar a educação e a conscientização sobre mitigação, adaptação e impactos da mudança climática. A pesquisa pode promover maior conhecimento sobre como fatores climáticos e ambientais influenciam os riscos de escorpionismo.
- ODS 15 – Vida terrestre
 - Meta 15.5: Adotar medidas urgentes para reduzir a degradação de habitats naturais e impedir a perda de biodiversidade. O estudo, ao analisar a relação dos escorpiões com o meio ambiente, pode sugerir práticas de manejo ambiental que protejam habitats naturais e previnam o desequilíbrio ecológico. Visto que, os escorpiões são importantes tanto para o equilíbrio ecológico quanto para a medicina. Eles controlam populações de outros animais, servem de alimento para diversos predadores e contribuem com compostos bioativos que podem ser explorados para a criação de novos tratamentos médicos.

Embora sua picada possa representar um risco, os benefícios médicos do veneno e o papel ecológico positivo tornam os escorpiões criaturas de grande relevância para os ecossistemas e para a saúde humana.

Esses ODS e metas apoiam uma visão de desenvolvimento sustentável e podem ser complementados pelas descobertas e intervenções sugeridas pelo presente estudo, possibilitando uma abordagem integrada para minimizar os impactos do escorpionismo e melhorar a qualidade de vida na Bahia.

Medidas de controle e prevenção de escorpiões são essenciais para reduzir os riscos de acidentes envolvendo esses aracnídeos, o que torna fundamental monitorar as populações de escorpiões devido aos riscos que apresentam à saúde humana, uma vez que a eliminação completa dessas espécies é inviável (Brasil, 2009; Brasil 2024). No entanto, a implementação de medidas de controle pode reduzir a ocorrência de acidentes, resultando na diminuição dos índices de morbimortalidade, especialmente em áreas urbanas e rurais onde suas populações podem ser mais densas devido a fatores ambientais e antrópicos (Brasil, 2009; Brasil 2024). As principais estratégias incluem:

- Controle Ambiental e Sanitário: Manter o ambiente limpo é fundamental, pois restos de construção, entulhos, madeiras, folhas secas e lixo acumulado podem servir de abrigo para escorpiões e suas presas (como baratas e outros insetos). Eliminar esses materiais e reduzir o acúmulo de entulho ajuda a controlar o habitat favorável à sua proliferação.
- Medidas Arquitetônicas: Evitar que escorpiões entrem nas residências e construções é outra medida importante. Recomenda-se vedar frestas, instalar telas em portas e janelas, usar rodos vedantes nas portas e, se possível, revisar as estruturas das edificações para impedir a entrada de escorpiões.
- Vigilância e Monitoramento: Mapear as áreas de maior incidência e realizar monitoramento periódico ajudam a entender os padrões de distribuição e facilitar intervenções preventivas. Em regiões endêmicas,

ações de vigilância ativa podem identificar e capturar escorpiões em locais de risco.

- Educação e Conscientização Comunitária: Informar a população sobre os riscos, as formas de prevenir acidentes e os cuidados em caso de picada é essencial. Campanhas de conscientização, realizadas por agentes de saúde e entidades públicas, são eficazes em reduzir acidentes e orientar sobre as ações imediatas em casos de emergência.
- Controle de Pragas: Reduzir a presença de insetos, especialmente baratas, que são presas naturais dos escorpiões, contribui para o controle indireto desses aracnídeos. A utilização de inseticidas específicos pode ser recomendada, sempre sob orientação de autoridades de saúde para evitar impactos ambientais adversos.

Tais medidas são elementos fundamentais em um plano estratégico para o manejo do escorpionismo, ressaltando a relevância de uma abordagem integrada e contínua para minimizar os riscos à saúde pública em regiões susceptíveis (Brasil, 2009; Brasil, 2024). Algumas espécies de escorpiões são altamente adaptadas a ambientes modificados pelo ser humano e desempenham um papel crucial no equilíbrio ecológico ao controlar outras populações de seres vivos, sendo importantes para a preservação da natureza (Brasil, 2009; Brasil, 2024).

Contudo, nas áreas urbanas, é necessário adotar medidas de controle, como a captura ativa e o manejo ambiental, para evitar sua proliferação (Brasil, 2009; Brasil, 2024). Conhecer a distribuição das espécies de escorpiões predominantes em uma região é essencial para planejar estratégias eficazes de controle e promover ações de conscientização e prevenção de acidentes com esses animais. As estratégias de controle e mitigação incluem campanhas de conscientização sobre medidas preventivas e melhoria do acesso ao soro antiescorpiônico em locais estratégicos (Brasil, 2009; Brasil, 2024). O aumento das notificações pode ser atribuído tanto ao crescimento populacional quanto à urbanização e expansão das áreas de habitação em locais que antes eram habitats naturais dos escorpiões, sendo um indicador de qualidade ambiental, o que reforça a importância de medidas de saúde pública integradas (Brasil, 2009; Brasil, 2024).

2.4 Sistemas de informações, indicadores de saúde e o uso de Modelagem para a análise do escorpionismo

O Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) foi criado no início da década de 90 com o objetivo de coletar e processar dados sobre agravos de notificação no Brasil, permitindo a análise epidemiológica e a tomada de decisões em níveis municipal, estadual e federal (Brito, 1993). A implantação gradual do Sinan começou em 1993, com testes em alguns estados, mas só foi regulamentada em 1998, tornando obrigatório o preenchimento do sistema pelos municípios e estados (Brasil, 1997). A falta de uma padronização federal gerou o desenvolvimento de sistemas locais, limitando a confiabilidade dos dados. O Sinan foi inicialmente concebido para armazenar informações sobre doenças de notificação compulsória, mas, com o tempo, outras doenças foram incluídas sem critérios definidos, sobrecarregando o sistema (Laguardia et al, 2004). Em resposta, a Funasa criou uma comissão para aprimorar o Sinan, resultando no projeto Sinan-Windows, que visava melhorar sua capacidade de execução e análise (Laguardia et al, 2004).

Desenvolvido pelo Ministério da Saúde do Brasil, é uma ferramenta essencial para a coleta, armazenamento e análise de dados relacionados a agravos e doenças de notificação compulsória no país. Seu objetivo é fornecer dados atualizados que orientem políticas públicas e intervenções em saúde. Através do SINAN, é possível monitorar a prevalência de doenças, como dengue, tuberculose e hanseníase, além de realizar um acompanhamento das condições de saúde da população em tempo real (Brasil, 2024). Portanto, tal plataforma é um componente crucial para a vigilância epidemiológica, permitindo não só a identificação de surtos, mas também a avaliação da eficácia de programas de controle de doenças.

Um dos agravos notificados no SINAN é o acidente com escorpiões, um problema de saúde pública crescente em muitas regiões urbanas e periurbanas (Brasil, 2024). A ficha de notificação de acidentes por escorpiões contém informações detalhadas sobre o caso, como dados demográficos (idade, sexo, endereço do paciente), a localização do acidente, o tipo de escorpião envolvido (se identificado), a gravidade do acidente, os sintomas apresentados pelo paciente, o tratamento administrado, e a evolução do caso (Brasil, 2024). Esses dados são essenciais para

entender a distribuição geográfica dos acidentes, identificar padrões sazonais, como aumento no número de casos durante o período de chuvas, e avaliar a eficácia das medidas de controle e prevenção adotadas pelas autoridades de saúde.

De acordo com o Ministério da Saúde, 2021, a ficha de notificação de acidentes por escorpiões permite que as autoridades de saúde monitorem, de maneira mais eficaz, os surtos de acidentes e implementem intervenções rápidas para minimizar os impactos na saúde da população. A vigilância e o monitoramento por meio do SINAN são fundamentais não apenas para a identificação precoce de surtos, mas também para a criação de políticas públicas direcionadas à prevenção de acidentes, como campanhas educativas sobre o controle do ambiente urbano e a redução de focos de escorpiões (Ministério da Saúde, 2021). A coleta de dados de forma sistemática e a análise das informações geradas pelo sistema contribuem significativamente para o planejamento de ações de saúde pública e para a alocação de recursos nos locais mais afetados.

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) foi lançado em 2015 na plataforma Atlas da Vulnerabilidade Social, como resultado de um edital da Rede Ipea, reunindo instituições parceiras (Funari. et al, 2024). Esse indicador sintético visa oferecer uma medida objetiva para o grau de vulnerabilidade de diferentes áreas, levando em consideração fatores como pobreza, educação, saúde, saneamento e condições de habitação (Funari. et al, 2024). Utilizando uma metodologia semelhante à do Atlas de Desenvolvimento Humano (ADH) e do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), elaborados da parceria entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud), o Ipea e a Fundação João Pinheiro (FJP), o IVS é um instrumento valioso para a formulação de políticas públicas e ações voltadas para a redução das desigualdades sociais no Brasil (Costa & Marguti, 2015). Segundo o atlas desenvolvido por Costa e Marguti (2015), "o IVS é uma ferramenta eficaz para identificar regiões mais necessitadas de intervenção, especialmente nas áreas urbanas de grandes metrópoles". Esse índice fornece uma visão holística da realidade socioeconômica, sendo crucial para o planejamento e execução de políticas sociais direcionadas às populações em situação de risco.

O Índice de Vulnerabilidade Social foi desenvolvido com base nos censos demográficos de 2000 e 2010 do IBGE, visando traduzir a ausência ou insuficiência de recursos essenciais para o bem-estar da população. O IVS busca fornecer subsídios para análise e proposição de políticas públicas focadas na redução das desigualdades no Brasil. O índice é composto por 16 indicadores, organizados em três dimensões: infraestrutura urbana, capital humano, e renda e trabalho (Marguti. et al, 2018; Funari. et al, 2024) (Tabela 1). Quanto maior o valor do IVS, maior a vulnerabilidade social e as condições precárias de vida da população, com valores próximos a zero indicando baixa vulnerabilidade (Marguti et al, 2018; Funari et al, 2024)).

Quadro 1. Indicadores que compõem cada dimensão do Índice de Vulnerabilidade Social (i. infraestrutura urbana, ii. capital humano, e iii. renda e trabalho)

IVS	
IVS infraestrutura urbana	Porcentagem de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.
	Porcentagem da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo.
	Porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário-mínimo (de 2010) e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retomam diariamente do trabalho.
IVS capital humano	Mortalidade até um ano de idade.
	Porcentagem de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola.
	Porcentagem de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola.
	Porcentagem de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos.
	Porcentagem de mães chefes de família sem o ensino fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mulheres chefes de família.
	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade.
	Porcentagem de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo.
IVS renda e trabalho	Porcentagem de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário-mínimo (de 2010), na população total dessa faixa etária.
	Proporção de pessoas com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário-mínimo (2010).
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade.
	Porcentagem de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal.
	Porcentagem de pessoas em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário-mínimo (de 2010) e dependentes de idosos.
	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade.

Fonte: Ipea (2015a; 2015b).

Diferentes estudos sobre o Índice de Vulnerabilidade Social (Marguti et al., 2018; Funari et al., 2022; Funari et al., 2024) apresentam uma análise evolutiva da vulnerabilidade social no Brasil com base nos dados da PNAD Contínua, abrangendo diferentes períodos. O primeiro estudo, referente à série histórica da PNAD (2011-

2015), trouxe uma análise inicial da vulnerabilidade social, com foco em desagregações por sexo, cor e situação de domicílios, destacando as disparidades sociais em termos de acesso a recursos essenciais. A atualização do IVS a partir dos dados de 2020 e 2021, reflete uma abordagem mais recente, com ênfase nas metodologias utilizadas para incluir variáveis atualizadas (como a renda e o acesso a serviços de saúde), evidenciando a continuidade das desigualdades estruturais no Brasil, especialmente em relação à pandemia e seus impactos socioeconômicos. Por fim, a atualização de 2022, apresentada no terceiro estudo, proporciona uma leitura mais detalhada dos dados mais recentes (como aspectos de emprego informal e vulnerabilidade à insegurança alimentar, e a utilização de dados mais recentes para refletir as mudanças pós-pandemia), confirmando a persistência de altos índices de vulnerabilidade, com algumas mudanças nas configurações de vulnerabilidade, mas sem alterações substanciais nas regiões e grupos mais afetados.

As diferenças nos resultados apresentados nos estudos estão principalmente nas metodologias de atualização e nos períodos analisados (Marguti et al., 2018; Funari et al., 2022; Funari et al., 2024). Enquanto os primeiros estudos comparam as variáveis ao longo de períodos mais distantes (2011-2015), os estudos mais recentes, de 2020-2022, refletem as mudanças sociais e econômicas mais imediatas, como os efeitos da pandemia de COVID-19. Além disso, o terceiro estudo (2022) destaca uma maior precisão na coleta de dados, o que pode ter revelado nuances que não foram capturadas nas análises anteriores. Porém, uma constância observada entre os estudos é a alta vulnerabilidade social nas mesmas regiões e grupos populacionais, como as populações negras e as áreas periféricas, o que indica que, apesar das atualizações metodológicas, as desigualdades estruturais continuam presentes, exigindo políticas públicas mais eficazes para a redução dessas vulnerabilidades (Marguti et al., 2018; Funari et al., 2022; Funari et al., 2024).

O Índice Geral de Degradação (IGD) é um indicador desenvolvido para medir os impactos ambientais em diferentes regiões, baseado em variáveis como desmatamento, queimadas e degradação do solo, seja pela agricultura ou pecuária (Pais et al., 2012). Esse índice permite a identificação de áreas críticas que necessitam de intervenção urgente para mitigar os danos ambientais. De acordo com Pais e colaboradores (2012), seu estudo analisa a degradação ambiental no estado

da Bahia, a partir de duas técnicas, a análise fatorial, com o objetivo de construir o índice geral de degradação, e a análise de agrupamento, com o intuito de verificar a existência de semelhanças entre o padrão de degradação dos municípios do estado, para avaliar os principais fatores que contribuem para o processo de degradação no território. Os autores aplicam o IGD para identificar e quantificar os impactos ambientais em diferentes municípios do Estado da Bahia.

Para a construção do Índice Geral de Degradação para os municípios da Bahia foram utilizadas 21 variáveis, obtidas por meio do Censo Agropecuário de 2006, calculado e disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006). Tais variáveis foram descritas em relação à área total dos estabelecimentos, em hectares (AT), ou ao número total de estabelecimentos (NE), para uma amostra de 396 municípios (por falta de dados em alguns municípios) (Pais et al., 2012): X1 – Áreas queimadas dos estabelecimentos/AT, X2 – Áreas com pastagens degradadas dos estabelecimentos/AT, X3 – Áreas degradadas dos estabelecimentos/AT, X4 – Nos estabelecimentos com controle de pragas e doenças/NE, X5 – Nos estabelecimentos com uso de adubos/NE, X6 – Nos estabelecimentos que aplicam corretivos/NE, X7 – Nos estabelecimentos que utilizam agrotóxicos/NE, X8 – Nos estabelecimentos que deixam as embalagens de agrotóxicos no campo/NE, X9 – Nos estabelecimentos que depositam embalagens de agrotóxicos no lixo comum/NE, X10 – Nos estabelecimentos queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos/NE, X11 – Valor das despesas com adubação total/NE, X12 – Valor das despesas com corretivos/NE, X13 – Valor das despesas com agrotóxico total/NE, X14 – Valor das despesas com medicamentos veterinários/NE, X15 – Valor das despesas com combustível/NE, X16 – Nos estabelecimentos com nascentes não protegidas por matas/NE, X17 – Nos estabelecimentos com rios ou riachos não protegidos por matas/NE, X18 – Nos estabelecimentos com lagos naturais ou açudes não protegidos por matas/NE, X19 – Número de colheitadeiras/AT, X20 – Número de tratores/AT, X21 – Efetivo bovino em relação às pastagens naturais e plantadas.

O Estado da Bahia apresenta uma variedade de características edafoclimáticas (regiões de clima úmido e outras de clima árido e três tipos de vegetação, que são caatinga, floresta tropical úmida e cerrado), o que permite à atividade agrícola a produção de diversos produtos, como soja, frutas, cana-de-açúcar

e eucalipto (Pais et al., 2012). Durante as décadas de 1990 e 2000, houve uma grande expansão dessa atividade, mas, apesar dos benefícios, esse crescimento ocorreu de maneira desorganizada, sem as devidas precauções técnicas em relação ao meio ambiente (Pais et al., 2012). Para avaliar os impactos ambientais dessa atividade, foram empregadas duas abordagens: a análise fatorial, com o objetivo de elaborar o índice geral de degradação, e a análise de agrupamento, para identificar semelhanças nos padrões de degradação dos municípios do estado (Pais et al., 2012). Observou-se uma complementaridade nos resultados obtidos pelas duas técnicas, apontando para conclusões semelhantes (Pais et al., 2012). Entre os principais achados, destaca-se, de forma positiva, o baixo nível de degradação nos municípios da região central do estado e, de forma negativa, as mesorregiões Centro Sul e Sul da Bahia, que apresentam alto grau de degradação ambiental (Pais et al., 2012).

Resultados importantes são expressos no trabalho de Pais et al (2012), a exemplo dos municípios que apresentaram os menores índices de degradação, concentrados na região central do estado, enquanto aqueles que apresentaram os piores índices estão distribuídos entre a região Metropolitana de Salvador, Centro Sul e Extremo Oeste Baiano (Figura 2). A atividade agrícola intensiva do estado, seja em capital ou em mão-de-obra, está concentrada nas regiões que apontaram o maior número de municípios dentre os piores valores do índice (Figura 2).

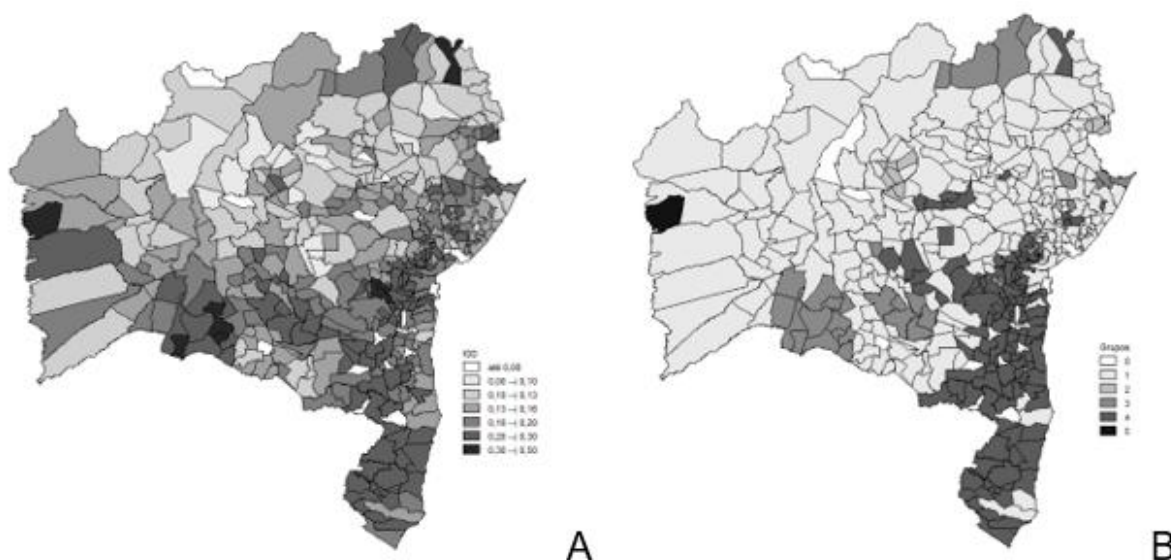
A pesquisa destaca que o IGD permite uma análise integrada das condições ambientais, facilitando a identificação de áreas mais críticas e fornecendo subsídios para a formulação de políticas públicas voltadas à recuperação ambiental. A aplicação do índice, combinada com técnicas de análise multivariada de Análise Fatorial em Componentes Principais, proporciona uma visão detalhada dos padrões de degradação e das relações entre as variáveis ambientais, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos naturais no estado. A medição da degradação ambiental, em sua forma integrada, é importante para entender o processo de degradação dos ecossistemas e auxiliar no planejamento de medidas corretivas e preventivas.

Os resultados demonstram a eficácia do IGD como um índice de diagnóstico e monitoramento ambiental, sendo uma ferramenta útil para a

planejamento territorial e a implementação de ações de recuperação ambiental no estado da Bahia (Pais et al., 2012). O uso do índice, ao integrar diferentes variáveis ambientais, possibilita uma análise mais precisa das causas e consequências da degradação, contribuindo para a sustentabilidade na gestão dos recursos naturais (Pais et al., 2012).

As análises apresentaram consistência quando comparadas à realidade econômica e agrícola dos municípios. Contudo, para investigações futuras, recomenda-se estudar a evolução dessa degradação ao longo do tempo, visando identificar a dinâmica de degradação dos municípios (Pais et al., 2012). Foi identificado como limitação do estudo a falta de dados para alguns municípios da Bahia, o que impediu a análise do padrão de degradação nessas localidades (Pais et al., 2012). Para estudos futuros, sugeriu-se avaliar o impacto da degradação ambiental sobre a economia dos municípios baianos, além de corrigir essas limitações (Pais et al., 2012).

Figura 2. Mapa A: Índice Geral de Degradação para cada município da Bahia (2006) baseado na aplicação de análise multivariada. Mapa B: Agrupamento dos municípios a partir dos escores fatoriais obtidos na análise fatorial, com formação de 5 grupos homogêneos quanto ao padrão de degradação



Fonte: Pais e colaboradores (2012)

O MapBiomass é uma plataforma que utiliza imagens de satélite e outras fontes de dados geoespaciais para mapear e analisar o desmatamento, pastagem, fogo, mineração, água, mosaicos, corais e o uso e a cobertura do solo no Brasil (MapBiomass, 2024). Desde 1985, o projeto gera mapas anuais, proporcionando uma

visão detalhada das mudanças no território ao longo do tempo. Seu principal objetivo é oferecer um retrato preciso e contínuo das transformações no país, com destaque para o desmatamento, a expansão agrícola, a urbanização e outros fatores que alteram a paisagem (MapBiomas, 2024).

Essa ferramenta tem se mostrado essencial para a compreensão e visualização das transformações ambientais e territoriais, sendo fundamental tanto para a pesquisa científica quanto para a formulação de políticas públicas relacionadas à gestão do território e à conservação ambiental (MapBiomas, 2024). O MapBiomas tem sido amplamente utilizado no monitoramento do desmatamento, na avaliação de áreas de proteção ambiental e nas mudanças nas áreas de vegetação nativa, entre outras questões ambientais.

A modelagem é o processo de representar um sistema ou ambiente de forma simplificada, mas com o máximo de detalhes possível, a fim de refletir as características mais importantes do contexto real. Para isso, utiliza-se uma combinação de dados empíricos, ferramentas computacionais e conhecimentos técnicos para criar representações tridimensionais (3D) ou matemáticas do cenário. Esses modelos podem variar desde simples representações geométricas até modelos altamente complexos que simulam processos dinâmicos e interações entre os elementos do sistema. Em um contexto ambiental, modelos climáticos podem prever mudanças de temperatura, precipitação e outros fatores, ajudando na tomada de decisões sobre mitigação de desastres naturais, planejamento sustentável ou mesmo condições epidemiológicas. Modelos matemáticos vêm sendo utilizados como ferramenta de diagnóstico e predição de casos e surtos de diversas doenças pelo mundo (BAKACH et al., 2015; OKOSUN; WANG, 2020), incluindo o escorpionismo (Molaei et al., 2014; Rafinejad et al., 2020; Ureta et al., 2020; Ghorbani et al., 2021; Chiaravalloti-Neto et al., 2023; Zenia et al., 2023; Rostampor et al., 2024), permitindo a análise da situação da enfermidade em determinado local, bem como sugerindo medidas de prevenção e controle direcionadas.

As análises espaço-temporais são abordagens fundamentais em diversas áreas do conhecimento, permitindo estudar e compreender como os fenômenos se distribuem e evoluem tanto no espaço quanto ao longo do tempo. Essas

análises são essenciais para examinar processos dinâmicos, entender interações entre diferentes variáveis e prever comportamentos futuros de sistemas complexos. Elas envolvem a integração de dados espaciais e temporais para identificar padrões, relações e tendências, oferecendo uma visão mais holística e detalhada dos fenômenos investigados (Ghorbani et al., 2021; Chen, 2022), incluindo também o escorpionismo (Kotviski e Barbola, 2013; Shahi et al., 2016; Machado et al., 2023)

Em resumo, a modelagem e as análises permitem não apenas a recriação de panoramas do contexto real, mas também a antecipação de futuros cenários e a tomada de decisões mais informadas. Com o avanço da tecnologia e o uso crescente de inteligência artificial e aprendizado de máquina, essas práticas tendem a se tornar ainda mais precisas e indispensáveis em um mundo cada vez mais complexo e dinâmico.

2.5 Referências

BAKACH, I. et al. Typhoid transmission: A historical perspective on mathematical model development. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 109, n. 11, p. 679–689, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Notificação compulsória*. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/notificacao-compulsoria>. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Acidentes por escorpiões*. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/animais-peconhentos/acidentes-por-escorpioes>. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia de animais peçonhentos do Brasil*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/animais-peconhentos/publicacoes/guia-animais-peconhentos-do-brasil.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Acidentes escorpiônicos no Brasil em 2022. *Boletim Epidemiológico*, volume 55, n. 03. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2024/boletim-epidemiologico-volume-55-no-03>. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Painel de monitoramento de escorpiões no Brasil. 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiMTM5ZjM5MjYtNmZmMC00ZjhmLWJjN2EtMWJmY2EzZjRiNDM4IiwidCI6IjRjZDgzNWY0LTU0NDAtNDA4Zi05M2EzLTk3NWZjMTdjMzg0YSIsImMiOiJR9>. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Guia de Vigilância em Saúde: 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://www.saude.ba.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Guia-de-Vigilancia-em-Saude_5ed_21nov21_isbn5.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Manual de controle de escorpiões*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2009. Disponível em: https://www.saude.ba.gov.br/wp-content/uploads/2017/08/Manual_Control_Escorpioes-MS_2009-1.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

Brasil. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria N.º 1882, de 18 de dezembro de 1997. Estabelece o Piso da Atenção Básica – PAB e sua composição. [acessado em 19 de maio de 2004] [Monografia na Internet]. Disponível em <http://www.saude.gov.br>

Brito, L.S.F. (1993). Sistema de informações de agravos de notificação - Sinan. In: Fundação Nacional de Saúde. Anais do Seminário de Vigilância Epidemiológica. Brasília: Ministério da Saúde. P.145-146.

Chen, S. (2022). Spatial and temporal dynamic analysis of rabies: A review of current methodologies. *Geospatial Health*, 17(2).

Chiaravalloti-Neto, F., Lorenz, C., Lacerda, A. B., de Azevedo, T. S., Cândido, D. M., Eloy, L. J., ... & Pirani, M. (2023). Spatiotemporal bayesian modelling of scorpionism and its risk factors in the state of São Paulo, Brazil. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 17(6), e0011435.

Costa, M. A., & Marguti, B. O. E. (2015). Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros.

Funari, A. P.; Simões, P. R.; Dias, T; Costa, M. A. (2022). Atualização do ivs a partir da PNAD contínua 2020 e 2021: aspectos metodológicos e breves comentários sobre seus resultados.

Funari, A. P., Dias, T. T. R., Teixeira, L. C. M., & Costa, M. A. (2024). Atualização do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) a partir dos dados da PNAD contínua 2022: breve comentário metodológico e resultados gerais.

Ghorbani, A., Mansouri, B., & Baradaran, M. (2021). Effects of climate variables on the incidence of scorpion stings in Iran for five years. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 27, e20200110.

Kotviski, B. M., & Barbola, I. D. F. (2013). Spatial distribution of scorpion stings in Ponta Grossa, Paraná state, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 29, 1843-1858.

Laguardia, J., Domingues, C. M. A., Carvalho, C., Lauerman, C. R., Macário, E., & Glatt, R. (2004). Information system for notifiable diseases (Sinan): challenges in developing a national health information system. *Epidemiol. Serv. Saúde*, 13(3), 135-146.

Machado, J. P. V., Lima, P. D., Alencar, V. J. B., Costa, L. M. L., da Paz, W. S., Ramos, R. E. S., ... & Bezerra, L. P. (2023). Incidence related to accidents caused by venomous animals in the Northeast Region of Brazil: a spatial approach and spatio-temporal retrospective (2008 to 2017). *Acta tropica*, 239, 106786.

MapBiomas. Projeto MapBiomas –Entre (1985 e 2022). Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/>>. Acessado em 22/11/2024.

Marguti, B. O.; Pinto, C. V. S.; Rocha, B. N.; Costa, M. A.; Curi, R. L. C. (2018). A nova plataforma da vulnerabilidade social: primeiros resultados do índice de vulnerabilidade social para a série histórica da pnad (2011-2015) e desagregações por sexo, cor e situação de domicílios. Rio Janeiro.

Molaei, S. M., Ahmadi, K. A., Vazirianzadeh, B., & Moravvej, S. A. (2014). A climatological study of scorpion sting incidence from 2007 to 2011 in the Dezful area of Southwestern Iran, using a time series model. *Journal of Insect Science*, 14(1), 151.

NAÇÕES UNIDAS. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 17 metas para transformar o nosso mundo*. Nova Iorque: Nações Unidas, 2015. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

OKOSUN, K. O.; MAKINDE, O. D. A co-infection model of malaria and cholera diseases with optimal control. *Mathematical Biosciences*, v. 258, p. 19–32, 2014.

PAIS, P. S. M. et al. Degradação ambiental no estado da Bahia: uma aplicação da análise multivariada. *Revista Geonordeste*, v. 1, p. 1-21, 2012.

Rafinejad, J., Shahi, M., Navidpour, S., Jahanifard, E., & Hanafi-Bojd, A. A. (2020). Effect of climate change on spatial distribution of scorpions of significant public health importance in Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 13(11), 503-514.

Rostampor, F., Mousavi, S. A., Heidari, M., Faramarzi, A., Rashidi, H., Shojaei, S., & Barati, B. (2024). Modeling the time series of Scorpion sting in Southwestern Iran. *Archives of Razi Institute*, 79(3), 651-658.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Saúde. *Boletim Escorpionismo*, nov. 2021. São Paulo, SP: Secretaria da Saúde, 2021. Disponível em: https://saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-de-transmissao-por-vetores-e-zoonoses/boletim/peconhentos/boletim_escorpionismo_nov21.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

Shahi, M., Moosavy, S. H., Hanafi-Bojd, A. A., Navidpour, S., Zare, S., Madani, A., & Rafinejad, J. (2016). Spatial distribution of scorpion sting in a high-risk area of southern Iran. *Journal of medical entomology*, 53(5), 1198-1204.

Ureta, C., González, E. J., Ramírez-Barrón, M., Contreras-Félix, G. A., & Santibáñez-López, C. E. (2020). Climate change will have an important impact on scorpion's fauna in its most diverse country, Mexico. *Perspectives in ecology and conservation*, 18(2), 116-123.

WordClim. Disponível em <<https://worldclim.org/>>. Acessado em 22/11/2024.

Zenia, S., L'Hadj, M., & Selmane, S. (2023). A Hybrid Approach Based on Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average and Neural Network Autoregressive Models to Predict Scorpion Sting Incidence in El Oued Province, Algeria, From 2005 to 2020. *Journal of Research in Health Sciences*, 23(3), e00586.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar o comportamento espaço-temporal da distribuição e incidência do escorpionismo e a sua correlação com os fatores antrópicos e ambientais na Bahia, 2007-2022.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliométrica da literatura sobre a epidemiologia do escorpionismo, abordando as principais publicações científicas e tendências sobre a incidência e os fatores determinantes do agravo;
- Espacializar a distribuição dos casos de escorpionismo no Estado da Bahia, utilizando dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) para mapear as incidências ao longo de 16 anos (2007-2022);
- Analisar a relação entre a incidência do escorpionismo e fatores ambientais e antrópicos, considerando variáveis como temperatura, precipitação, degradação ambiental, índices socioeconômicos e mudanças no uso e cobertura da terra;

4 CAPÍTULO 1: A Bibliometric Analysis of Scorpionism Epidemiology in Tropical Health¹

¹ Artigo publicado no periódico *Journal of Scientometric Research* em Março/2025, JCR IF em 2023 é 0,8, CiteScore em 2023 é 1,7. Disponível em: <https://jscires.org/10.5530/jscires.20251090>

4.1 ABSTRACT

Scorpionism has driven studies around the world on data relating to epidemiological and clinical aspects in humans. From this perspective, a bibliometric review was carried out to analyze the historical and evolutionary construction of the epidemiology of scorpionism to identify the main authors, journals, countries and years of emphasis, as well as the most cited studies and most frequent terms, through quantitative and qualitative data extracted from the manuscripts. The review also investigated studies that explored the association of the topic with environmental, climatic and anthropogenic factors. The analysis was based on publications indexed in the Scopus database, covering the period from 1952 to 2022. The result of the global analysis, based on 145 articles, demonstrates a growing evolution of the topic. Brazil (17.93%) and Iran (17.24%) emerged as the most productive countries in terms of research production. However, the US, Mexico, Algeria and Canada (11.11%) have the most substantial collaborative efforts. The magazine "Toxicon" stands out as the predominant source of scientific dissemination (25%). Only eight authors have unique authorship and the author Semlali Ilham emerged as the most prominent. Universities were the affiliations with the highest productivity. The results of the metadata extraction analysis, based on a sample of 14 documents, revealed consistent and sustained epidemiological data since 1982. Of these, only one study (7.1%) from French Guiana used environmental variables to elucidate data on the occurrence of scorpion stings. The genera *Tityus*, *Centruroides* and *Androctonus* emerged as the most representative among the works compiled and evaluated.

Keywords: Sting, Envenomation, Scorpion, Bibliometric Methods, Scorpionism.

4.2 INTRODUCTION

Scorpionism refers to poisoning caused by scorpion stings. Investigations in the Scopus database related to the arthropod invertebrate and epidemiology are confirmed in over 300 published articles worldwide. The same report's publications date back to the 1950s, addressing the scorpion issue in Ribeirão Preto São Paulo, Brazil [1].

Accidents caused by venomous animals are a global silent threat, included by the World Health Organization (WHO) in the list of Neglected Tropical Diseases, of public health importance due to the increasing number of human injuries resulting in high rates of mortality and morbidity [2], as well as epidemiological significance. In 2010, the injury was included in Brazil's List of Compulsory Notifications (LNC) due to the high number of notifications recorded in the Notifiable Diseases Information System (SINAN), with venomous animal accidents being one of the most reported [3].

Targeted searches for studies related to scorpionism epidemiology show that the published literature can provide content related to clinical, epidemiological, and prophylactic aspects [4 – 11], as well as control measures, monitoring, and cases of death caused by scorpionism [12 – 15]. However, there needs to be more studies that associate the occurrence of scorpionism with environmental and anthropogenic factors, especially from a bibliometric perspective.

From ancient times to the present day, poisoning resulting from the bite and sting of venomous animals has not lost its significance; quite the opposite, data demonstrate the high and increasing number of cases of scorpion envenomation [10], especially in subtropical and tropical regions characterized by high temperatures [16, 17]. Comparative studies aimed at describing symptoms, epidemiological signs, and some common clinical signs among affected humans have become more numerous to analyze, understand, or establish possible patterns for occurrences of injuries caused by different scorpion species in various locations around the world [18]. Compiled case studies demonstrate greater systemic severity of envenomation in children under ten years of age and the elderly, as they associate weight and the strength of the immune system with the amount of injected venom and how harmful the venom of each species

is to the human body [19 – 22]. Urgency in seeking medical attention within the first few hours and at specialized facilities is crucial to increase the chances of survival [8, 21]. Clinical manifestations are classified as mild, moderate, or severe, with severe cases being rarer, especially among those aged 20 to 50 years, and rarely observed in individuals weighing over 55 kg [23, 24]. The size of the scorpion is also a relevant factor in the aggravation of clinical manifestations [23]. Studies highlight the importance of species-specific antivenom treatment and the timing of post-sting administration [21].

The synanthropic nature and diverse habitats of scorpions, combined with the high incidence of scorpion stings worldwide and the danger of envenomation, demand greater attention from humans in their interactions with these animals [25]. Therefore, studies draw attention to prevalent and potentially fatal underreporting, especially in remote areas with limited access to healthcare for proper treatment in severe cases [26]. Additionally, there is a need for educational and informational campaigns for the population regarding early treatment after scorpion stings, which can be potentially valuable in reducing emergency room admissions. The inverse proportion of the number of studies to decipher the clinical characteristics and therapeutic response of available antivenoms in envenomations caused by the abundant and diverse scorpion fauna worldwide constitutes a medical emergency.

Bibliometrics is a critical written communication tool that allows the measurement of scientific production through statistical and mathematical analyses, including author productivity, citation counts, journals with the highest number of publications, frequency of the most commonly used terms, and countries with the highest productivity, among other metrics [27]. Through this analysis tool, it was possible to quantify the trend in the epidemiological study of scorpionism and identify knowledge gaps related to the metrics in question and those established by the authors. Since the theme of the present study had yet to be explored in the bibliometric context, even though it is a topic of such relevance to public health. This review aims to bring together and present the historical and evolutionary construction of the epidemiology of scorpion injuries through quantitative and qualitative research extracted from manuscripts from the last 70 years, highlighting the need for further studies on the distribution behavior of injuries, the possible factors that may be

influencing the high incidence rates, as well as predictive studies from the perspective of the probability of occurrence of diseases in different scenarios, since the vast majority of studies involve the epidemiological and/or clinical part of scorpionism.

While many studies address the clinical and epidemiological aspects of scorpion envenomation, more significant efforts are needed to understand the importance of environmental and anthropogenic changes in the occurrence and increase of lesions. This review aims to answer questions about the epidemiology of scorpionism described worldwide over the last 70 years, conducting exploratory research based on questions such as: Who are the most prolific authors? In which countries are there more publications on the subject? How many documents? What is the trend of the most frequent terms over the decades?

4.3 METHODOLOGY

Search Strategy

The bibliometric review study was conducted in two stages. The first, conducted in July 2023, involved searching and pre-processing in the electronic database Scopus, including different exploratory searches and defining the best search string containing the following set of keywords and their combinations: TITLE-ABS-KEY (("scorpion*" AND "epidemiology*")) AND PUBYEAR>1951 AND PUBYEAR<2023 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, "final")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j")), without date restrictions (from 1952 to 2022), language, area, source, keyword, affiliation, sponsor, or country. The returned documents had their titles and abstracts examined, and the screening included only global publications related to scorpionism epidemiology.

The search in the Scopus database was justified by its status as the largest repository of peer-reviewed literature, covering a comprehensive collection of research conducted worldwide in various fields. It also offers intelligent tools for monitoring, analyzing, and visualizing diverse and relevant publications [28].

The second stage consisted of a bibliometric analysis of the data from readable documents. As well as using systematic elements, according to criteria, the analysis of the metadata extracted from the complete reading of 10% of the selected

manuscripts in descending order based on the number of citations for each decade of the study was carried out, with manuscripts published before 1982 being excluded, as they were not found for full download. The approach resulted in a bibliometric review that, according to Quevedo-Silva and collaborators (2016), aims to quantitatively analyze scientific or technical activity through mathematical and statistical investigations to examine and map the prominent authors, countries, affiliations, funders and address other questions posed by researchers from different areas of study.

Selection and Data Extraction Criteria

The bibliographic software Zotero was used to inventory the preliminary results of the literature search and manage citations. Initially, titles and abstracts relevant to the explored topic were evaluated, followed by defining the search string containing combinations of terms and Boolean operators. Next, the selected documents were inventoried by decades, from 0 to 9, covering the years from 1950 to 2022, with the last decade remaining incomplete. The top 10% of scientific publications with the highest citation counts were listed to extract relevant data.

Epidemiological data were extracted, including age groups with higher severity, sting locations, clinical signs, treatment methods, scorpion species, peak attack times, and severity by gender. The methodologies, analyses, and variables used in the study were extracted from manuscripts that relate epidemiological information about scorpionism to environmental, climatic, and anthropogenic factors.

The included documents followed the following criteria: global publications, journal articles published until 2022 in any language, and works focused exclusively on scorpionism epidemiology. Studies that did not meet the selection criteria based on the following principles were excluded: documents without an epidemiological description of scorpions, related to venomous animals, on venom poisoning, as well as duplicated data, studies conducted in 2023, with unavailability for download (criteria used only for the analysis and metadata extraction in open-access articles), and publications classified as gray literature (e.g., reviews, letters, notes, book chapters, books). The extraction of information from all studies, including author

names, study years, geographical research locations, journal names, and sample sizes, is presented through graphs, networks, and tables (Figure 1 and Table 1).

Literature Search Results

One hundred and forty-five documents, mainly in English and in the final stages of publication, were retrieved from the Scopus database. General analyzes were carried out on the productivity of publications over the years, authors, sources, affiliations and countries where studies were carried out throughout the entire period. After a manual classification of documents produced in each decade and selection of the 10% of the most cited articles within each decade, 14 articles were chosen (1980-2022) to address and analyze the intended objectives in relation to the epidemiology of scorpionism around the world. Based on the pre-established criteria for selecting documents, from which metadata would be removed, from a total of 140 articles (1980-2022), only one article was selected in the 80s, 90s and the last period of 2020, four articles in the period 2000-2009 and seven documents in the period 2010-2019.

Data Analysis

The total sample of documents retrieved from Scopus and analyzed included the following extracted metrics: the number of publications per year, authors, source, affiliation, and the country of each study. To the data, annual citation counts and the trend of the most frequent terms over the review period were added. The analysis of the documents generated from the electronic database led to the creation of graphs to establish the journals that published the most on the subject, authors, affiliations, and the most cited studies over the review period, using the Bibliometrix software [29], developed in the R language. In R Studio, a graph was created to depict the yearly documents produced from 1950 to 2022.

The analysis of trends in the most frequently presented terms related to the explored knowledge, extracted from the titles, abstracts, and keywords of eligible articles over time, was established through the VOSviewer tool (available at www.vosviewer.com) [30]. By forming networks, VOSviewer (van Eck and Waltman, 2023) groups similar items and illustrates the relationships between them, highlighting the most frequent terms aiming for a better visualization of the historical and

evolutionary analysis of knowledge produced in the last 70 years. The choice to create a network of co-occurring terms was based on words in the titles, abstracts, and keywords of the documents, adopting the binary method and a minimum number (1) of occurrences for each word. A thesaurus file was developed for this analysis to remove term redundancy and exclude unnecessary or inappropriate terms. Initially, it comprised 3,215 terms for the general network, 214 terms (decade 80-89), 296 terms (decade 90-99), 1,080 terms (decade 2000-2009), 1,988 terms (decade 2010-2019), and 551 terms (decade 2020-2022) for specific networks of each decade.

The items that make up the network are the terms extracted from the studies, called vertices, while the edges or links are structures that establish connections between these vertices (van Eck and Waltman, 2023). The decision to use the global network with title terms, abstracts, and keywords, and the creation of specific networks for each decade, was justified to assess when the subject was first reported, what information and investigations the studies aimed to address more broadly, and to analyze more directly and objectively if the epidemiological profile remained unchanged and what elements were added to the subject. The resolution parameters were adjusted as suggested by the tool's manual.

For the sample based on the reading of the top 10% of the most cited articles in each decade, the following were extracted: title, authors, publication year, and the country where the study was conducted, as well as additional information of interest to the research, including data on scorpions epidemiology, as mentioned in the data extraction criteria, and the methodologies, analyses, and variables used in the study that relate environmental, climatic, and anthropogenic factors to the incidence of scorpion stings. The results were presented as descriptive tables organized in Excel 2018®.

Box 1. Description of metadata through the relationship between the questions of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism and the analyzes used together with the data extraction source, for each problem question, in the period from 1952 to 2022.

Questions Analysis	Type Data	Processor	Data extraction source
Which journals publish the most content?	Graph	Bibliometrix	All articles: 145
Which authors publish the most?	Graph	Bibliometrix	All articles: 145
What is the number of documents produced per year?	Graph	R studio	All articles: 145
Which studies are the most cited?	Graph	Bibliometrix	All articles: 145
Who are the major funding sources for the research?	Graph	Bibliometrix	All articles: 145
In which countries is there a higher quantity of publications on the topic?	Graph	Bibliometrix	All articles: 145
What is the trend of the most frequent terms over the decades?	Co-word general network	VOSviewer	All articles: 145
What is the trend of the most frequent terms by decade?	Co-word network	VOSviewer	All articles: 145
Epidemiological data of scorpionism: age group, location of sting, severity, species, between others	Descriptive table	Excel	Post-screening articles: 14
Identify which studies relate scorpion incidents to environmental, climatic, and/or anthropic factors	Descriptive table	Excel	Post-screening articles: 14
Identify the methodologies, analyses, and variables used in the correlational studies	Descriptive table	Excel	Articles with data correlation: 1

4.4 RESULTS

General productivity analyzes

The linear function graph depicts a consistent upward trend in the studies developed and published from 1950 to 2022. Over the eight decades covered by this review study, there was an average of 18.12 publications per decade and a standard deviation of 24.87. However, a notable publication surge (84.82%) is observed, particularly from the 21st century onward. The decade from 2010 to 2019 stands out as the most prolific, contributing 71 publications (48.9%), whereas the 1950s and 1960s only yielded one publication. Surprisingly, despite being incomplete and spanning only two years, the last decade boasts nearly the same number of publications as the sum of the 1980s and 1990s and represents over a third of the total publications recorded from 2000 to 2009 (Figure 2).

Out of 76 sources of information, the highest number of publications throughout the period was from the journal "Toxicon" (25.0%), accounting for a quarter of all publications during this time frame. Following closely was the "Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases" (15.8%) (Figure 3). Assessing publications by authors and co-authors, 611 researchers were accounted for, including eight single-author publications. Authors Semlali, I. and Soulaymani, A. demonstrated the highest productivity, contributing to 9 (6.2%) and 7 (4.8%) of the documents published throughout the entire period, respectively. Most of these works originated from Morocco and were published in the "Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases." Notably, no Brazilian author ranked among the top 10 regarding productivity (Figure 3). Of the 32 countries examined, Brazil and Iran emerged as the leading producers in scorpionism epidemiology, with 26 documents (17.93%) and 25 documents (17.24%) of the publications, respectively. The combined output of the other major countries, including Morocco, Algeria, Turkey, the United States, France, Egypt, Mexico, and Saudi Arabia, totaled 70 documents (48.27%) published throughout the study period. The top 10 most productive countries collectively accounted for 84% of the publications during the review period (Figure 3).

The analysis revealed that universities represented 80% of the affiliations. The Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, a medical school in the Khuzestan province of Iran, was the leading contributor in terms of production on the subject, with 11 documents (7.5%). In Brazil, the Federal University of Minas Gerais represented 2.7% of the documents (4), securing the ninth position in the ranking of top affiliations (Figure 3).

Analysis of frequent terms extracted from text data, as illustrated in Figure 4, displays terms extracted from the titles, abstracts, and keywords of manuscripts published from 1950 to 2022, indicating locations, times of the year, and themes applied by authors. Comprising 1,601 items categorized into 33 clusters, the network features 64,266 links and an edge strength of 92,776. The five most frequently occurring words throughout the study period were "escorpião" (scorpion) with 136 occurrences, "picada" (sting) with 130, "estudo epidemiológico" (epidemiological study) with 114, "estudo de caso" (case study) with 104, and "person" with 90. The prominence of the term "escorpião" highlights its significance in the literature as the primary focus of various researchers. Through the analysis of these terms, significant regions of the world are identified concerning the topic, including Brazil (29 occurrences), Iran (25), Morocco (15), Turkey (9), Argentina (6), Mexico (5), Tunisia (5), the United States (4), Colombia (2), and France (2) (Figure 3).

The top 10 most frequent terms collectively represent approximately 52.8% of the network. The 10 clusters with the highest number of items are color-coded as red (120), green (84), dark blue (82), yellow (80), purple (75), light blue (74), orange (69), brown (64), magenta (64), and pink (60). The three primary clusters address different aspects of scorpionism as follows:

Cluster 1: Concentrates on the geographical distribution, primary months of incidents, scorpionism as a public health issue with high incidence, socioeconomic conditions, anthropogenic factors, and the use of analyses and software.

Cluster 2: Primarily focuses on the results and clinical conditions of individuals affected by scorpion stings.

Cluster 3: Addresses institutions and strategies for monitoring and controlling scorpionism, emphasizing the risk of mortality and morbidity;

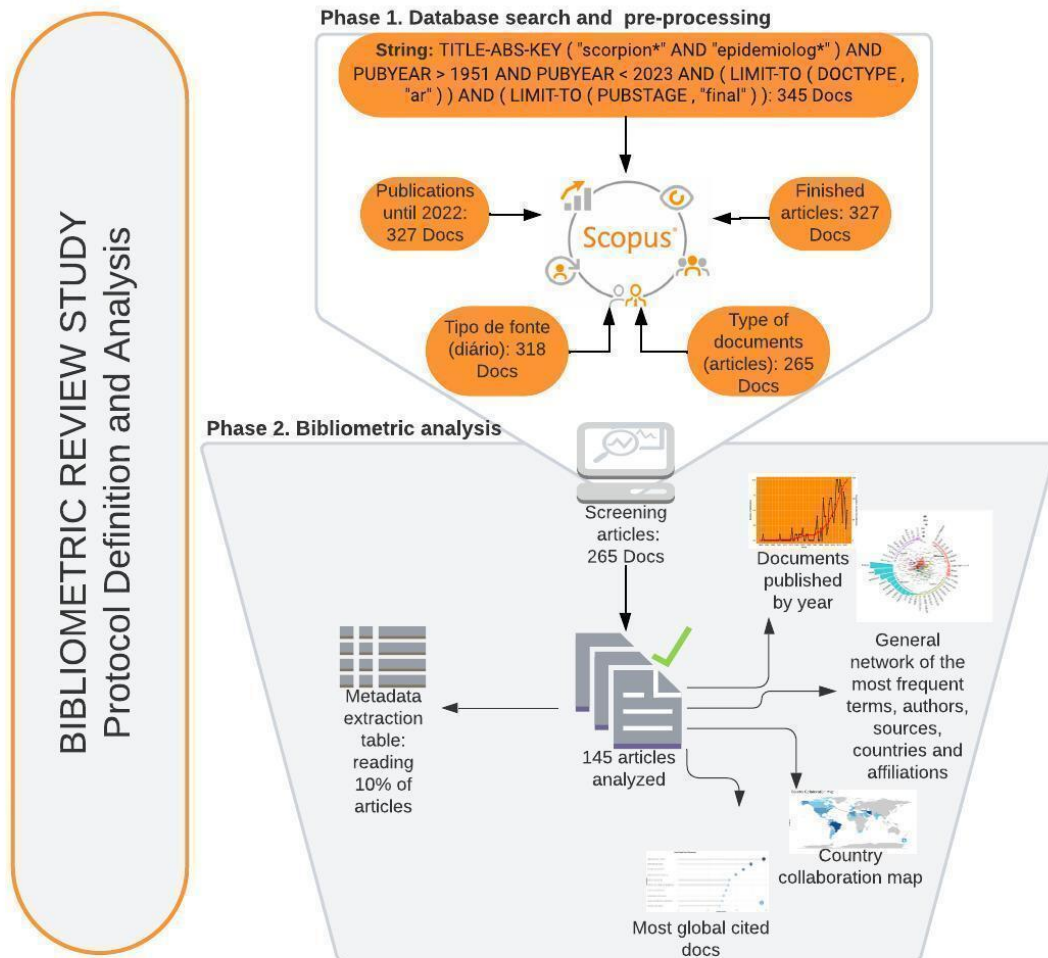


Figure 1. Methodological Approach and Data Analysis Strategy used for the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, conducted in two stages, during the period from 1952 to 2022. Phase I corresponds to carrying out the search and pre-processing in the databases for identification and selection of documents, while Phase II corresponds to bibliometric analysis.

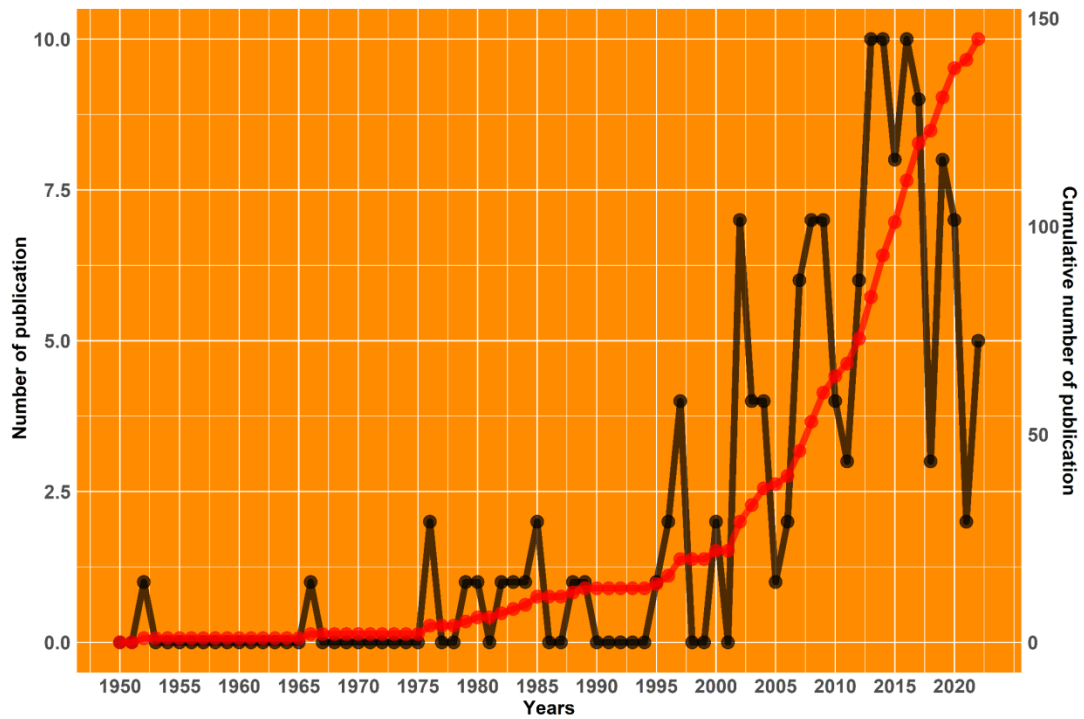


Figure 2. Graphical analysis of the relationship between the number of documents published per year and the absolute frequency of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, covering the period from 1950 to 2022..

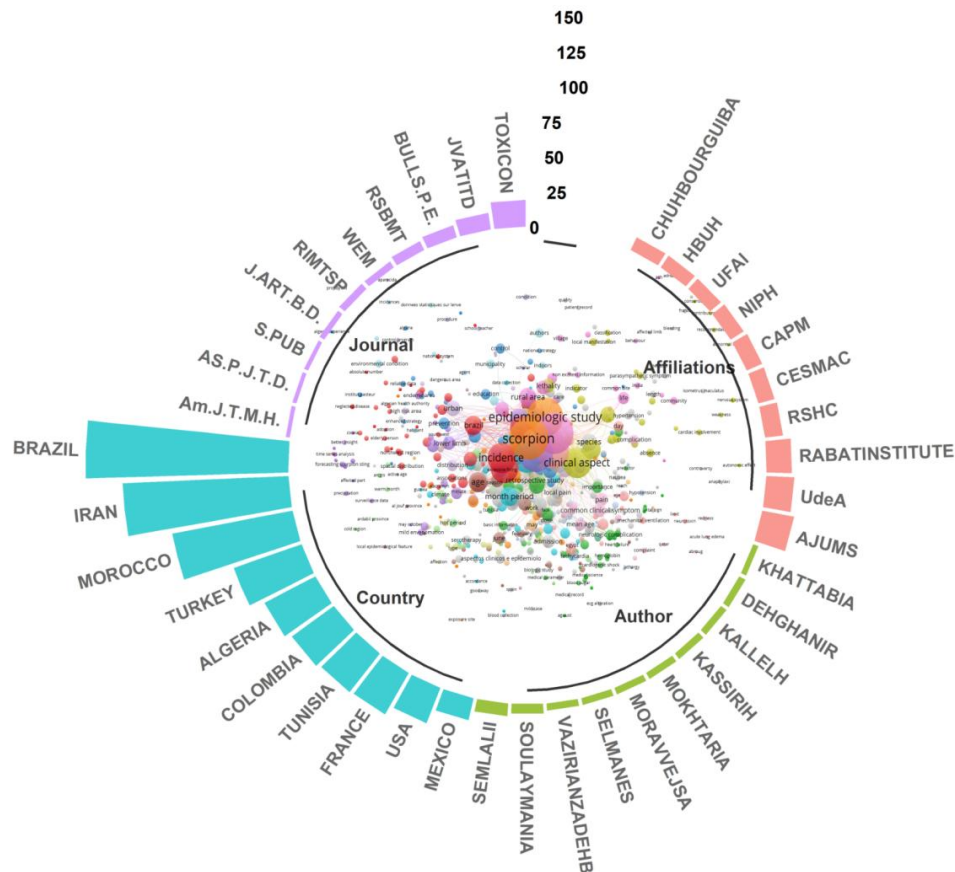


Figure 3. Network of co-occurrence of words presented in titles, abstracts and keywords, with 1,601 terms and general information (regarding the top 10 journals, authors, countries and affiliations with the highest productivity) of articles published and selected for the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, during the period from 1952 to 2022.

Based on the results generated from the co-occurrence networks of terms found in titles, abstracts, and keywords analyzed in each decade, a clear upward trend in the number of terms used is evident, consistently maintaining scorpion, sting, and epidemiological study as the focal points in scorpionism-related research (Figure 4).

The co-word network for the 1980s consisted of 141 terms distributed across 7 clusters, with the most frequent terms being "sting" (8), "scorpion" (7), and "epidemiological study" (5). The top 5 clusters with the highest number of items are

color-coded in red (32), green (25), dark blue (25), yellow (18), and purple (16) (Figure 4a).

The co-word network for the 1990s comprises 200 terms distributed among 6 clusters, with the most frequent terms being "scorpion" (7), "sting" (6), and "case study" (6). The top 5 clusters with the highest number of items are color-coded in red (61), green (41), dark blue (32), yellow (27), and purple (23) (Figure 4b).

The co-word network for the 2000s is composed of 592 terms spread across 19 clusters, with the most frequent terms being "scorpion" (38), "sting" (34), and "epidemiological study" (30). The top 5 clusters with the highest number of items are color-coded in red (44), green (44), dark blue (42), yellow (41), and purple (39) (Figure 4c).

The co-word network for the 2010s comprises 1033 terms distributed among 23 clusters, with the most frequent terms being "scorpion" (68), "sting" (67), and "epidemiological study" (61). The top 5 clusters with the highest number of items are color-coded in red (81), green (71), dark blue (66), yellow (66), and purple (64) (Figure 4d).

The co-word network for the 2020s consists of 321 terms distributed across 11 clusters, with the most frequent terms being "scorpion" (14), "sting" (12), and "case study" (12). The top 5 clusters with the highest number of items are color-coded in red (39), green (37), dark blue (34), yellow (33), and purple (33) (Figure 4e).

Based on the analysis of collaboration between countries/territories of 145 documents, the collaboration map among countries highlights Brazil as the primary producer and disseminator of scientific content on the topic at hand, closely followed by Iran. Interestingly, the United States and Mexico (11.11%), as well as Canada and Algeria (11.11%), are the countries with the most significant collaborative efforts (Figure 5).

Box 2. Documents selected for metadata extraction (title, authors, year and country) based on reading 10% of the articles, for each decade, on the Epidemiology of Scorpionism, covering the period from 1982 to 2022.

	TITLE	AUTHORS	YEAR	COUNTRY
1	EPIDEMIOLOGICAL AND CLINICAL CHARACTERISTICS OF THE SCORPION ENVENOMATION IN TUNISIA	M, Goyffon, M. Vaehon . and N, Broglio	1982	TUNÍSIA
2	CLINICAL DESCRIPTION OF PARABUTHUS TRANSVAALICUS SCORPIONISM IN ZIMBABWE	NILS J. BERGMAN*	1997	ZIMBABWE
3	An epidemiological and a clinical study on scorpionism by the Iranian scorpion Hemiscorpius lepturus	Mohammad H. Pipelzadeha, Amir Jalalib, Mohammad Tarazb, Roya Pourabbasb, Abbas Zaremirakabadic	2007	Iran
4	Epidemiological and clinical aspects of scorpionism by Tityus trivittatus in Argentina	Adolfo R. de Roodta*, Susana I. Garcí ab, Oscar D. Salomo nc, Liliana Segrea, Jorge A. Dolaba, Rau l F. Funesa, Ernesto H. de Tittob	2003	ARGENTINA
5	Epidemiological, clinical characteristics and outcome of severe scorpion envenomation in South Tunisia: Multivariate analysis of 951 cases	Mounir Bouaziz, Mabrouk Bahloul*, Hatem Kallel, Mohamed Samet, Hichem Ksibi, Hassan Dammak, Mohamed Nouri Ben Ahmed, Kamilia Chtara, Hedi Chelly, Chokri Ben Hamida, Nouredine Rekik	2008	TUNÍSIA
6	Epidemiological and clinical survey of scorpionism in Khuzestan province, Iran (2003)	Delavar Shahbazzadeh a*, Aref Amirkhani b, Navid Dinparast Djadid a, Shahla Bigdeli c, Abolfazl Akbari d, Hamed Ahari a, Hossein Amini, Rouhullah Dehghani e	2009	IRĀ
7	Classification of clinical consequences of scorpion stings: consensus development	Asmae Khattabi a,b,*, Rachida Soulaymani-Bencheikha,c, Sanae Achour b,d, Louis-Rachid Salmi	2011	MARROCOS
8	Scorpion Envenomation Among Children: Clinical Manifestations and Outcome (Analysis of 685 Cases)	Mabrouk Bahloul ,* Imen Chabchoub , Anis Chaari , Kamilia Chtara , Hatem Kallel , Hassen Dammak , Hichem Ksibi ,Hedi Chelly , Nouredine Rekik , Chokri Ben Hamida , and Mounir Bouaziz	2010	TUNÍSIA
9	Scorpionism in Brazil in the years 2000 to 2012	Guilherme Carneiro Reckziege 1,2* and Vitor Laerte Pinto Jr3	2014	Brasil
10	Scorpion fauna and epidemiological aspects of scorpionism in southeastern Iran	Jalil Nejati, Ehsan Mozafari, Abedin Saghafipour, Malek Kiyani	2014	Iran
11	Epidemiological and clinical characteristics of scorpionism in Shiraz (2012-2016); development of a clinical severity grading for Iranian scorpion envenomation	Hossein Sanaei-Zadeh, Sayed Mahdi Marashi, Rouhullah Dehghani	2017	Iran
12	Pediatric epidemiological aspects of scorpionism and report on fatal cases from Tityus stigmurus stings (Scorpiones: Buthidae) in State of Pernambuco, Brazil	Cleide Maria Ribeiro de Albuquerque, Pedro de Lima Santana Neto, Maria Lucineide Porto Amorim and Sofia Campos Vidal Pires	2013	Brasil
13	SCORPION STINGS IN TURKEY: EPIDEMIOLOGICAL AND CLINICAL ASPECTS BETWEEN THE YEARS 1995 AND 2004	Yıldırım CESARETLİ & Özcan OZKAN	2010	TURQUIA
14	Pediatric scorpionism in northern Amazonia: a 16-year study on epidemiological, environmental and clinical aspects	Jules Vaucel, Remi Mutricy, Maëlle Hoarau, Jean-Marc Pujo, Narcisse Elenga, Magali Labadie, Hatem Kallel	2020	Guiana Francesa

This exchange of knowledge involves 17 countries. For instance, Algeria collaborates with Benin and France, Brazil similarly cooperates with Argentina, Spain, and Venezuela, Colombia establishes relations with France and Mexico, and France collaborates with Mali and Mexico. Iran teams up with the United Kingdom, Morocco, and France, while Turkey collaborates with the United States, and the United States also engages with Egypt. Venezuela shares a collaborative relationship with Spain. It is worth noting that all these collaborations occur with a frequency of 1 (5.5%).

According to the analysis of the Most Cited Studies, the study entitled "An epidemiological and clinical study on scorpionism by the Iranian scorpion *Hemiscorpius lepturus*", published in 2007, authored by Mohammad H. Pipelzadeh, Amir Jalali, Mohammad Taraz, Roya Pourabbas and Abbas Zaremirakabadi, obtained the highest number of citations (146). Followed by "Epidemiological and clinical characteristics of scorpion envenomation in Tunisia" published in 1982, by authors M. Goyffon, M. Vachon and N. Broglio, with 124 citations, and "Epidemiological and clinical aspects of scorpionism by *Tityus trivittatus* in Argentina" 2003, published by Adolfo R de Roodt, Susana I García, Oscar D Salomón, Liliana Segre, Jorge A Dolab, Raúl F Funes and Ernesto H de Titto, with 111 citations. The result of the analysis of the most cited works throughout the period represented in the figure below by the top 10, had 70% of publications in the source "Toxicon" (Figure 6).

Analysis of Journals on Scorpionism Epidemiology and Associated Environmental, Climatic, and Anthropogenic Factors

Based on the analysis of data extracted from the reading of 14 articles (9.65%) on scorpion epidemiology and associated environmental, climatic and anthropogenic factors, which were examined proportionally (10% of documents) for each decade, it is evident that the Epidemiological aspects of scorpion sting poisoning in different global settings present standardized patterns (Table 2). Almost all studies (92.8%), except for "Classification of Clinical Consequences of Scorpion Stings: Consensus Development," which focuses solely on clinical symptoms, emphasize the significance of severe clinical symptoms in children under ten and adults over 60. However, mild cases with more frequent local symptoms than systemic ones predominate across all studies. Most articles (85.7%) categorize clinical symptoms into

three stages, while only two (14.3%) divide them into four classes, indicating increasing severity yet not necessarily constituting a progression from one to another (Table 3).

The most commonly reported symptoms in stage 1 were pain (60%), erythema, and edema (40%). Symptoms like nausea, vomiting, headache, pallor, hyperthermia, sweating, and restlessness were noted in patients at this stage but were less frequent. Nevertheless, two publications (14.3%) describe case studies with clinical symptoms of severity 2 and 3, and two studies (14.3%) do not mention clinical symptoms resulting from scorpion envenomation (Table 3).

Box 3. Documents selected for metadata extraction (age group of the injury, location of the bite, clinical signs, treatment, species of scorpion, period of the year of notification and severity by sex) based on reading 10% of the articles, for each decade, on the Epidemiology of Scorpionism, covering the period from 1982 to 2022. (continue...)

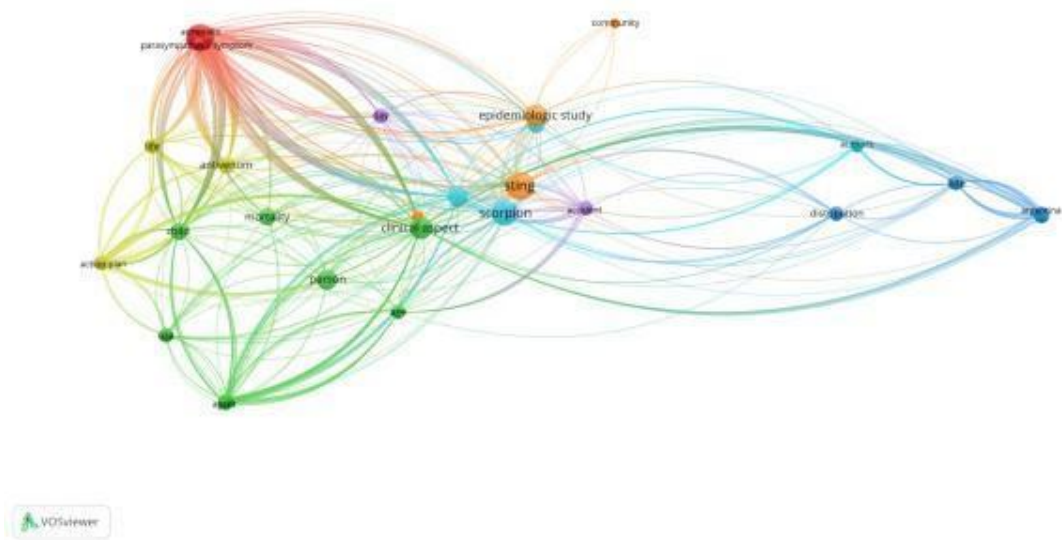
	TITLE	AUTHORS	YEAR	COUNTRY	AGE GROUP	STING LOCATION	CLINICAL SIGNS	TREATMENT	SPECIES	PERIOD OF THE YEAR	SEVERITY BY SEX
1	EPIDEMIOLOGICAL AND CLINICAL CHARACTERISTICS OF THE SCORPION ENVENOMATION IN TUNISIA	M, Goyffon, M. Vaehon . and N, Broglio	1982	TUNÍSIA	UNDER 15 YEARS OF AGE MORE SEVERITY AND EVEN DEATH	EXTREMITIES	Stage 1, Stage 2 and Stage 3 - described in the study	antivenin	Androctonus australis; Androctonus aeneas; Buthus oacitanus; Scorpio maurus; Eusaorpius carpathicus	JUNE TO OCTOBER (SUMMER)	EQUALLY AFFECTED
2	CLINICAL DESCRIPTION OF PARABUTHUS TRANSVAALICUS SCORPIONISM IN ZIMBABWE	NILS J. BERGMAN*	1997	ZIMBABWE	UNDER 20S HAVE MORE ACCIDENTS	EXTREMITIES	Stage I, II and III report	All severe cases were treated with species-specific antivenin. Local anesthesia was used only in cases of localized pain.	Parabuthus transvaalicus	SUMMER (OCTOBER TO APRIL)	Females were bitten more frequently than males, and bites were more common in adolescents.
3	An epidemiological and a clinical study on scorpionism by the Iranian scorpion Hemiscorpius lepturus	Mohammad H. Pipelzadeha , Amir Jalalib,- , Mohammad Tarazb ,Roya Pourabbasb , Abbas Zaremirakabadic	2007	Iran	The most frequently inflicted age was between 1 month to 10 years and 11 to 20 years, observed in 39.6% and 26.8% victims, respectively. Most cases were children under 12 years of age	EXTREMITIES	Clinical signs and symptoms were local and systemic. Local symptoms ranged from erythema to severe necrosis without immediate sensation of pain.	antivenin	Hemiscorpius lepturus	mild/warm months between April and October	EQUALLY AFFECTED
4	Epidemiological and clinical aspects of scorpionism by Tityus trivittatus in Argentina	Adolfo R. de Roodta*, Susana I. Garcí ab, Oscar D. Salomo nc, Liliana Segrea, Jorge A. Dolaba, Rau l F. Funesa, Ernesto H. de Tittob	2003	ARGENTINA	More than 50% of accidents involved children and adolescents.	EXTREMITIES	T. trivittatus poisoning was characterized mainly by local symptoms. Neurological, cardiovascular and respiratory disorders were unusual.	antivenin	Tityus trivittatus	NOVEMBER-APRIL (HOT MONTHS)	EQUALLY AFFECTED
5	Epidemiological, clinical characteristics and outcome of severe scorpion envenomation in South Tunisia: Multivariate analysis of 951 cases	Mounir Bouaziz, Mabrouk Bahloul*, Hatem Kallel, Mohamed Samet, Hichem Ksibi, Hassan Dammak, Mohamed Nouri Ben Ahmed, Kamilia Chtara, Hedi Chelly, Chokri Ben Hamida, Noureddine Rekik	2008	TUNÍSIA	severe scorpion accident, age under 5 years	EXTREMITIES	Grade II e III	NOT REPORTED	UNAVAILABLE (most common scorpions A. australis and B. occitanus)	JUNE AND SEPTEMBER (SUMMER)	EQUALLY AFFECTED
6	Epidemiological and clinical survey of scorpionism in Khuzestan province, Iran (2003)	Delavar Shahbazzadeh a*, Aref Amirkhani b, Navid Dinparast Djadid a, Shahla Bigdeli c, Abolfazl Akbari d, Hamed Ahari a, Hossein Amini a, Rouhullah Dehghani e	2009	IRĀ	highest incidence rate of scorpion stings fell in group from 6 to 45 years old	EXTREMITIES	Local symptoms were more frequent than systemic ones. The most reported signs were pain and edema. Neurological symptoms such as spasm were also observed, while central symptoms such as hyperthermia, sweating, vomiting, restlessness were less frequent. Other reported symptoms such as tachycardia, semi-consciousness and local necrosis were also observed.	antivenin	Escorpiões amarelos (Mesobuthus eupeus, Hottentotta saulcyi, Odonthobuthus doriae e Hemiscorpius lepturus), e preto (Androctonus crassicauda e Hottentotta schach), e de cor desconhecida	Most bites occurred throughout the year, however, the highest and lowest frequencies occur in June and February, respectively.	EQUALLY AFFECTED
7	Classification of clinical consequences of scorpion stings: consensus development	Asmae Khattabi a,b,*, Rachida Soulaymani-Bencheikha,c, Sanae Achour b,d, Louis-Rachid Salmi	2011	MARROCOS	NOT REPORTED	NOT REPORTED	4 classes were established: local manifestations; minor systemic manifestations; main systemic manifestations; lethal poisoning.	NOT REPORTED	NOT REPORTED	NOT REPORTED	NOT REPORTED

8	Scorpion Envenomation Among Children: Clinical Manifestations and Outcome (Analysis of 685 Cases)	Mabrouk Bahloul ,* Imen Chabchoub , Anis Chaari , Kamilia Chtara , Hatem Kallel , Hassen Dammak , Hichem Ksibi ,Hedi Chelly , Noureddine Rekik , Chokri Ben Hamida , and Mounir Bouaziz	2010	TUNISIA	children aged 0 - 15 years (higher risk in children under 5 years of age)	May frequency in feet and hands	grade II and III	antivenin	NOT REPORTED	Greater frequency in summer (June to September)	Male (431) and Female (315)
---	---	--	------	---------	---	------------------------------------	------------------	-----------	--------------	---	--------------------------------

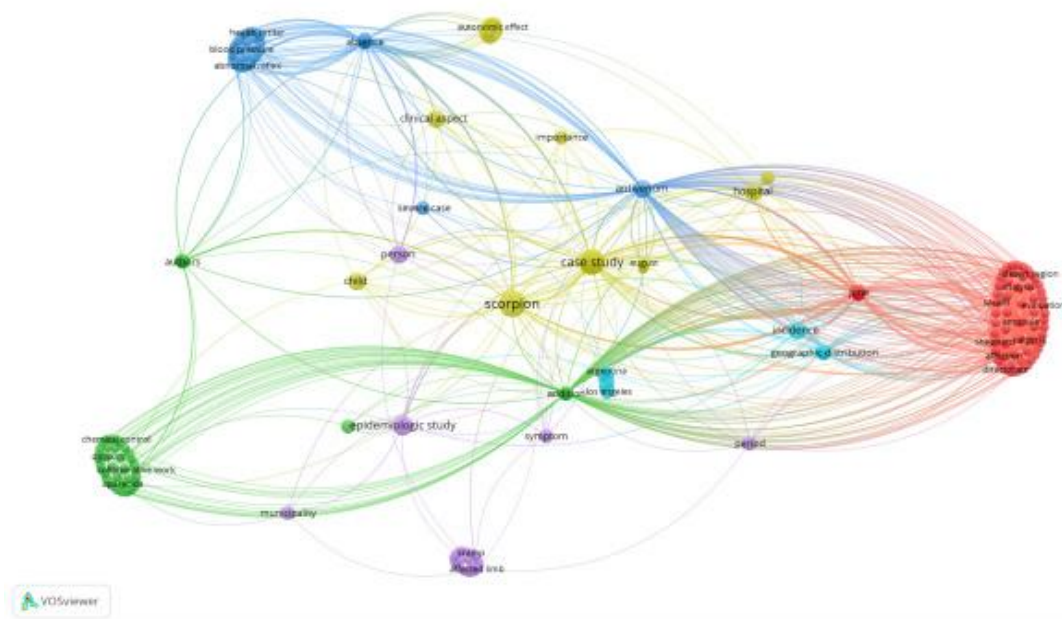
Box 3. Documents selected for metadata extraction (age group of the injury, location of the bite, clinical signs, treatment, species of scorpion, period of the year of notification and severity by sex) based on reading 10% of the articles, for each decade, on the Epidemiology of Scorpionism, covering the period from 1982 to 2022. (continuation)

9	Scorpionism in Brazil in the years 2000 to 2012	Guilherme Carneiro Reckziegel1,2* and Vitor Laerte Pinto Jr3	2014	Brasil	About half of the accidents (47%) occurred in age group of 20 to 49 years, and the proportion of deaths was higher victims up to nine years old (53.9%). Individuals up to four years had the highest risk of death, which was 10.09 times higher than that of victims aged 15 or more.	May frequency in feet and hands	NOT REPORTED	NOT REPORTED	NOT REPORTED	Accidents were less frequent in the months of June (7.3%) and July (7.7%), with a peak in October (9.7%), except in the northern region of the country, where the accidents peaked in May (10.1%) and the lowest rate was recorded in December (6.6%) in the urban area. In the northern regions, accidents were more frequent in the months of June and July and in rural areas.	The highest frequency of accidents was recorded in males. There were no significant differences between the sexes.
10	Scorpion fauna and epidemiological aspects of scorpionism in southeastern Iran	Jalil Nejati1 , Ehsan Mozafari2 , Abedin Saghafipour3* , Malek Kiyani4	2014	Iran	higher frequency in ages 15-24	hands and legs equally	NOT REPORTED	antivenin	Two families (Buthidae and Scorpionidae). Five species, including Odontobuthus odonturus, Hottentotta (Buthotus) jayakari, Compsobuthus matthiesseni, Scorpio maurus and Orthochirus scrobiculosus are reported for the first time in this area. Androctonus crassicauda was the dominant species.	highest occurrence in July (highest between June and August) summer	majority female, but without significant differences
11	Epidemiological and clinical characteristics of scorpionism in Shiraz (2012-2016); development of a clinical severity grading for Iranian scorpion envenomation	Hossein Sanaei- Zadeh, Sayed Mahdi Marashi, Rouhullah Dehghani	2017	Iran	age between 8 and 63 years	most prevalent in the lower extremities followed by the upper extremities	Stage I, II and III report	antivenin	yellow scorpions (Mesobuthus eupeus, Mesobuthus caucasicus and Compsobuthus matthiesseni) and Hottentotta scorpions (Hottentotta jayakari and Hottentotta zagrosensis)	The season for Hottentotta scorpion poisoning was summer in all cases, but yellow scorpion poisonings were seen throughout the year.	Around 59% (n=74) were male
12	Pediatric epidemiological aspects of scorpionism and report on fatal cases from Tityus stigmurus stings (Scorpiones: Buthidae) in State of Pernambuco, Brazil	Cleide Maria Ribeiro de Albuquerque[1], Pedro de Lima Santana Neto[2], Maria Lucineide Porto Amorim[2] and Sofia Campos Vidal Pires[2]	2013	Brasil	Children up to 12 years old (under 5 most affected)	areas most frequently affected of the body were the hands/arms	Grade 1, 2 and 3 reported	antivenin	Tityus stigmurus	June to August	Small difference in patient sex was observed
13	SCORPION STINGS IN TURKEY: EPIDEMIOLOGICAL AND CLINICAL ASPECTS BETWEEN THE YEARS 1995 AND 2004	Yıldırım CESARETLI(1) & Ozcan OZKAN(1)	2010	TURQUIA	Age group 20 to 29 years old	NOT REPORTED	Grade 1 and 2 reported	antivenin	Androctonus crassicauda, Leiurus quinquestriatus, Mesobuthus gibbosus and M. eupeus species,	June to August	Gender distribution was 0.22% female and 45.48% male
14	Pediatric scorpionism in northern Amazonia: a 16-year study on epidemiological, environmental and clinical aspects	Jules Vaucel1,2,* , Remi Mutricy2, Maëlle Hoarau2, Jean-Marc Pujo2, Narcisse Elenga3 , Magali Labadie1, Hatem Kallel4	2020	Guiana Francesa	From 0 to 18 years old. With those aged 0 - 9 years being the most severe group	EXTREMITIES	Grade 1, 2 and 3 reported	no case used antivenom	Tityus em 30 casos (22%) e Tityus obscurus especificado em 18 casos (13%).	April...followed by June and July	63% were male

The body areas at the highest risk of being affected are the extremities, hands, and feet (85.7%). Some studies indicate equal involvement in these areas (42.85%), while others show a more significant occurrence in the feet (57.14%). One study (7.1%) reports the hands and arms being more affected than the legs, and two studies do not provide this information (14.3%). The clinical symptoms are categorized as follows: I. Mild-characterized by local symptoms (pain, swelling, paresthesia, local sweating); II. Moderate-characterized by local symptoms and systemic manifestations such as sialorrhea, sensation of a foreign body (hair) in the throat, generalized sweating, nausea, vomiting, abdominal pain, tachycardia, tachypnea, mild hypertension, restlessness, drowsiness, ataxia, and priapism; III. Severe-which, in addition to moderate symptoms, include hypertensive encephalopathy with seizures, stupor or coma, myocardial failure, electrocardiographic (ECG) changes in the T wave or ST segment, shock or arrhythmia, pulmonary edema or acute respiratory failure secondary to acute respiratory distress syndrome; symptomatic acute pancreatitis, or hemorrhagic gastric ulcer. The publications introducing the fourth clinical stage describe it as a lethal envenomation or neurotoxic phase, with initial symptoms gradually appearing within two hours after the sting. However, complications always occur after this period, marked by abundant vomiting. The course is characterized by shock with cardiovascular collapse, nuclear edema, respiratory distress, high fever (above 39°C), and coma. The ECG is consistently altered, showing signs of myocardial ischemia, ultimately leading to the individual's death due to sudden shock deterioration and cardiovascular collapse (Table 3).



(a)



(b)

Figure 4. Co-occurrence network of words presented in titles, abstracts and keywords of published and selected articles, for each decade of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, from 1980 to 2022. The image refers to: (a) 1980s-1989 and (b) 1990s-1999.

[illegible]

(d)

Figure 5. Co-occurrence network of words presented in titles, abstracts and keywords of published and selected articles, for each decade of the bibliometric review study on the Epidemiology of Scorpionism, from 1980 to 2022. The image refers to: (c) 2000s-2009 and (d) 2010s-2019.



In the realm of the publications reviewed, 78.5% identified antivenom serum as the treatment administered for scorpion stings, with variations based on the severity of the case. Three of the studies (21.4%) should have addressed this aspect. The warmer and rainier months of the summer season, from June to August, were most frequently reported as the peak periods for scorpion sting incidents. Only the studies in Zimbabwe and Argentina reported the months from October to April as having the highest occurrence, a period considered summer in those countries. The severity distribution by gender was either equivalent or slightly different, with most incidents affecting males (50%), while other studies did not show significant differences between the affected genders (35.7%). Four studies (28.5%) observed a higher incidence among women. Different scorpion genera were identified in the studies, with *Tityus*, *Centruroides*, *Androctonus*, *Hottentotta*, *Odontobuthus*, and *Mesobuthus* being the predominant genera. Three studies (21.4%) did not identify the families or species of the arthropods. The genus *Tityus* was mentioned in studies published in Brazil, Argentina, and French Guiana (Table 3).

titled "Pediatric Scorpion Envenomation in Northern Amazonia: A 16-Year Study on Epidemiological, Environmental, and Clinical Aspects," conducted in 2020 in French Guiana. The study employed the autoregressive integrated moving average (ARIMA) model to determine the link between environmental conditions and the number of stings or the overall envenomation percentage per month. The study used univariate analysis with variables such as river water level, river flow rate, absolute variation in river level, precipitation, river level variation, sunlight, and temperature, as well as multivariate analysis using variables such as river water level, river flow rate, precipitation, and river level variation through regression analysis (Table 3).

4.5 DISCUSSION

The analysis of publication trends by year and term co-occurrences has revealed a notable increase in publications from 1982 to 2022, particularly after 2000. This surge in interest regarding scorpions and technological processes for antivenom production can be attributed to the health risks posed by scorpions (Chippaux et al., 2020; Silva et al., 2005). Additionally, the World Health Organization (WHO) classifies accidents caused by venomous animals, including scorpions, spiders, and snakes, as Neglected Tropical Diseases (NTDs), owing to their impact on socially vulnerable populations with limited access to essential healthcare services [31]. These findings suggest that the subject is rapidly expanding, indicating a growing need for research to address its associated challenges and concerns.

The review identified Brazil and Iran as the leading contributors to scientific research on scorpion-related topics, including the prevalence of scorpion genera [32, 21]. Countries located in tropical regions experience a high incidence of scorpion envenomation cases [22; 33 - 35]. Scorpions are predominantly found in tropical and subtropical zones characterized by high temperatures and humidity.

Iran is home to a wide variety of scorpion species, with different genera and species found throughout the country. It is estimated that Iran hosts scorpions from at least five genera, including *Mesobuthus*, *Compsobuthus*, *Hottentotta*, *Orthochirus*, *Androctonus*, and *Hemiscorpius*. Among these, *Hemiscorpius lepturus* is particularly significant, as it is one of the main species responsible for stings and envenomations in the country (Radmanesh, 1990). The geographic distribution of these scorpions

varies depending on environmental factors such as temperature, humidity, and soil characteristics, which support the survival of these animals. In addition to *Hemiscorpius lepturus*, other scorpion species such as *Androctonus crassicauda*, *Mesobuthus eupeus*, *Odontobuthus doriae*, *Hottentotta saulcyi*, *Hottentotta schach*, *Compsobuthus matthiesseni*, *Orthochirus scrobiculosus*, *Apistobuthus pterigocercus*, and *Olivierus caucasicus* are also among the leading causes of scorpion envenomations in Iran [32, 21]. These species are found in various regions of the country, often associated with hot and dry climates typical of arid and semi-arid zones.

In Brazil, scorpion envenomation ranks as the second most frequently reported epidemiological condition, with over 140,000 cases reported across the country's regions in recent years, surpassing snakebite cases [36]. Brazil is a country with a great diversity of ecosystems, which supports the presence of various scorpion species. These animals are predominantly found in tropical and subtropical regions, such as the North, Northeast, and Southeast, but they are also present in other parts of the country, including urban areas.

The most important species in terms of envenomation in Brazil is *Tityus serrulatus*, a yellow scorpion known for its highly toxic venom. This species is responsible for the majority of severe scorpionism cases in the country. *Tityus serrulatus* is primarily found in urban and suburban areas, where the warm and humid conditions favor its proliferation. Other species of the *Tityus* genus, such as *Tityus bahiensis* and *Tityus stigmurus*, are also common and can cause envenomations, although with fewer fatal cases. Scorpionism in Brazil has become a public health concern, particularly due to the rising number of reported cases and the high incidence in urban areas. This trend is attributed to uncontrolled urban growth, which alters the natural habitats of these animals and increases human-scorpion contact. Epidemiological studies indicate that scorpion envenomations are one of the leading causes of incidents involving venomous animals in Brazil, second only to snakebites. In 2019, over 140,000 cases of scorpion stings were recorded in the country, surpassing the number of incidents involving snakes and spiders, according to data from the Notification of Injury Information System (SINAN).

Country Collaboration Map



Figure 7. Map of Collaboration between countries that protect knowledge about the Epidemiology of Scorpionism, extracted from bibliometric analysis, during the period from 1950 to 2022.

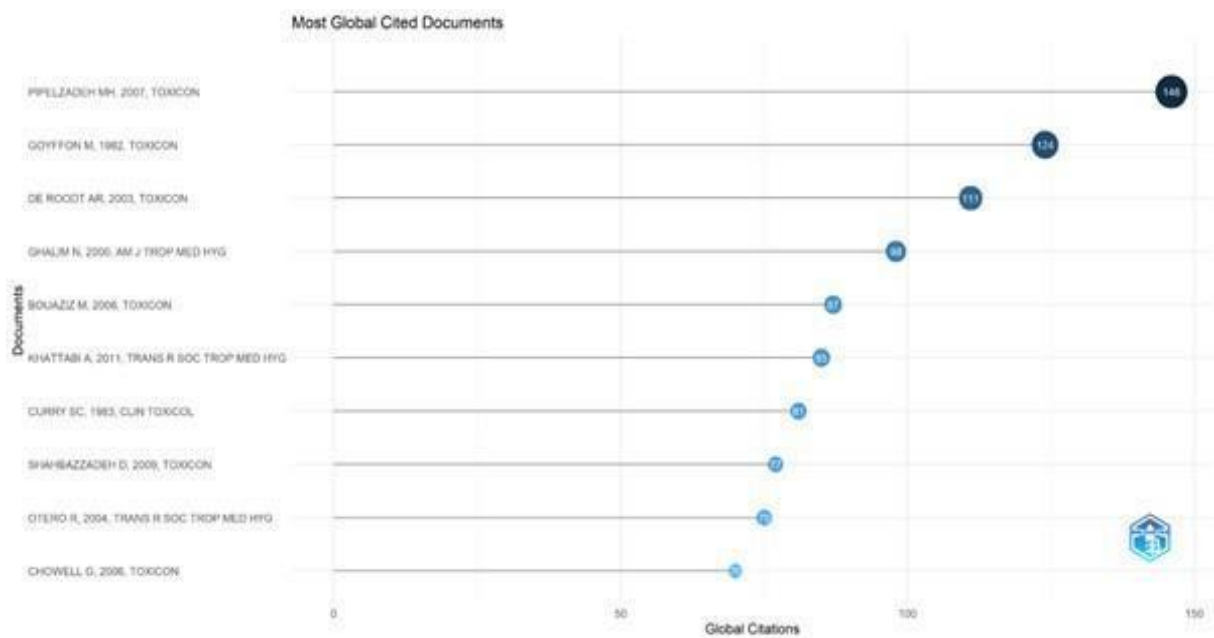


Figure 8. Analysis graph of the top 10 cited studies on the Epidemiology of Scorpionism, based on bibliometric analysis, referring to the period 1950-2022.

Scorpionism has a significant impact on global health systems, primarily due to the large diversity of venomous scorpions and the high incidence of accidents involving these animals. Scorpion stings are common, especially in rural areas and arid climates, where scorpions find shelter in dark, warm places such as burrows, rocks, and poorly maintained structures. The severity of scorpion envenomations can range from mild to severe, depending on the species, the amount of venom injected, and the victim's overall health. In some cases, the effects of the venom can be fatal, particularly if there is no quick access to antivenom or proper medical treatment. Additionally, extreme weather conditions and environmental changes can worsen the situation. Human populations in rural areas, who often live in poor infrastructure conditions and have limited access to healthcare services, are the most vulnerable.

Toxicon is a highly relevant scientific journal in the field of studies on toxins derived from animals, plants, and microorganisms. Published by Elsevier since 1962, with Ray Norton as the editor-in-chief, the journal serves as an international platform for disseminating original research, innovative discoveries, and reviews on the properties and effects of natural toxins. With an impact factor of 3.033 in 2020, according to the Journal Citation Reports, Toxicon has become one of the main sources of information for scientists and professionals in the field of toxicology. The journal covers a wide range of topics, including venoms from scorpions, snakes, spiders, and other venomous animals, making it a key reference for studies on scorpionism and its medical and therapeutic implications. Among the most cited and significant articles in the journal are those that address the characterization of specific toxins, the development of antivenoms, and the impact of toxins on various biological systems, which have greatly contributed to the advancement of applied toxicology and the treatment of envenomations.

An analysis of the authorship of publications identified Ilham Semlali as the most prolific author in the field of scorpionism epidemiology. Semlali, affiliated with the Centre Anti venin et pHarmacovigilance de Maroc in Agdal Rabat, Morocco, is followed by Abdelmajid Soulaymani from the Université Ibn Tofail, Kenitra, Morocco. The significant contributions of these researchers, demonstrated by the high number of citations in related studies, highlight the importance of collaboration in advancing

research in this field. It is noteworthy that only eight researchers are responsible for individual studies, indicating a strong culture of collaboration and a highly cooperative research environment within this scientific domain.

The analysis of scientific publications on scorpionism highlights the importance of universities in both Iran and Brazil as key research centers for advancing knowledge in this field. In Iran, the Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences stands out for its strong contribution to studies on scorpionism, particularly regarding endemic species such as *Hemiscorpius lepturus*, which causes numerous envenomations in the country. A significant example of this contribution is the study "An Epidemiological and Clinical Study of Scorpionism by the Iranian Scorpion *Hemiscorpius lepturus*," published by Pipelzadeh et al. (2007), which has received a high number of citations, demonstrating its impact on the field of toxicology and scorpion envenomation epidemiology in Iran. In Brazil, the Federal University of Minas Gerais ranks ninth among the leading affiliated institutions, also standing out for its relevant scientific research on scorpionism. Although the volume of publications is smaller compared to Iran, Brazil has proven to be an important contributor, with a focus on studies related to urban scorpionism and species responsible for envenomations, such as *Tityus serrulatus*. Cooperation between researchers from different countries is evident, as many publications, including those on Iranian and Brazilian scorpions, are published in prominent journals like *Toxicon*, which has served as a key platform for disseminating new findings on venoms and antivenoms, publishing 27 of the most cited manuscripts. These observations emphasize international collaboration and the central role of universities in both Iran and Brazil in generating scientific knowledge on scorpionism, while also highlighting the importance of specialized journals such as *Toxicon* and the *Journal of Venomous Animals and Toxins* in disseminating critical discoveries for the treatment and prevention of scorpion envenomations in both countries.

When reviewing the literature on scorpionism epidemiology, certain aspects warrant further investigation, particularly the association between environmental, anthropogenic, and climatic variables that may influence the increasing incidence of scorpion-related diseases over the decades. Additionally, it is crucial to explore other factors that may play a role in the evolutionary patterns of scorpion stings.

Another consideration is the methodological limitation related to the number of documents from which metadata was extracted, which necessitates a more comprehensive analysis of the documents retrieved. However, the increase in publications between 1950 and 2022, particularly from 2000 onwards, may reflect the growing global interest in scorpionism due to the rising number of reported cases.

4.6 CONCLUSION

In this proposed article, statistical and mathematical analyses have revealed a progressive trend in scorpionism epidemiology worldwide over the past 70 years, primarily associated with clinical aspects in children. This assertion is substantiated by the increasing publication of articles, especially since 2000. Moreover, this article is a pioneering work in employing bibliometric tools to assess the construction and evolution of scientific production concerning scorpionism. It is worth noting, however, that there needs to be more research productivity concerning environmental, climatic, and anthropogenic factors associated with scorpionism. These factors provide additional insights into these creatures, including their distribution and behavior, crucial for effective prevention and treatment measures. The growing application of bibliometric tools in studies has contributed to the dissemination of knowledge, simultaneously highlighting research efforts and facilitating global access to the work conducted.

Scorpionism in Brazil and Iran is a significant public health issue, impacting various regions of both countries, particularly those that are tropical and subtropical. The distribution of scorpions is closely linked to climatic and environmental conditions such as heat, humidity, and unchecked urbanization. The high incidence of scorpion accidents, combined with increasing urbanization and the growing vulnerability of populations in peripheral areas, underscores the importance of public policies focused on prevention, early diagnosis, and treatment of envenomations, as well as public awareness campaigns. Ongoing research on species distribution and venom effects is crucial for developing more effective control strategies and producing appropriate antivenoms.

This comprehensive review underscores the growing concern over scorpion-related incidents worldwide, reaffirming the imperative need to comprehend

the underlying causes and establish new preventive measures and policies to reduce the incidence, prevalence, morbidity, and mortality rates attributable to these venomous arachnids. Given the high occurrence rates of scorpion envenomations and the insights gained from this study, we reiterate the importance of seeking early medical assistance in such cases. This not only helps alleviate the suffering of the affected individuals but also plays a pivotal role in minimizing the overall impact of scorpionism on public health.

4.7 ACKNOWLEDGMENT

This study was financed in part by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel-Brazil (CAPES)-Financial Code 001.

4.8 CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

4.9 REFERENCES

1. Da Silva, T.L., 1952. The Scorpion Problem in Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil. Notes on Epidemiology and Prophylaxis. Am. J. Trop. Med. Hyg. 1, 508–513. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1952.1.508>
2. World Health Organization (WHO), 2007. Rabies and envenomings : a neglected public health issue : report of a consultative meeting, World Health Organization, Geneva. World Health Organization. In <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43858>. Accessed on 2 March 2023.
3. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), 2019. Acidente por animais peçonhentos. Disponível em <http://portalsinan.saude.gov.br/acidente-por-animais-peconhentos>. Accessed on 14 August 2023.
4. Barros, R.M., Pasquino, J.A., Peixoto, L.R., Targino, I.T.G., de Sousa, J.A., Leite, R. de S., 2014. Clinical and epidemiological aspects of scorpion stings in the northeast region of Brazil. Cienc. Saude Coletiva 19, 1275–1282. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014194.01602013>
5. Chippaux, J.P., Galtier, J., Lefait, J.F., 1984. [Epidemiology of envenomation in French Guiana]. Bull. Soc. Pathol. Exot. Filiales 77, 206–215.
6. Elmourid, A., Elhidan, M.A., Boussaa, S., Bhiri, M., Touloun, O., 2022. Epidemiological and faunistic characterization of scorpionism in the Beni Mellal-Khenifra region, Central Morocco. Toxicon 218, 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2022.09.001>

7. Furtado, S.D.S., Belmino, J.F.B., Diniz, A.G.Q., Leite, R.D.S., 2016. Epidemiology of scorpion envenomation in the state of ceará, northeastern brazil. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo* 58. <https://doi.org/10.1590/S1678-9946201658015>
8. Goyffon, M., Vachon, M., Broglio, N., 1982. Epidemiological and clinical characteristics of the scorpion envenomation in Tunisia. *Toxicon* 20, 337–344. [https://doi.org/10.1016/0041-0101\(82\)90240-9](https://doi.org/10.1016/0041-0101(82)90240-9)
9. Hussen, F., Ahmed, S., 2020. Epidemiological and Clinical Aspects of Scorpion stings in Kurdistan Region of Iraq. *Pol. J. Environ. Stud.* 30, 629–634. <https://doi.org/10.15244/pjoes/122840>
10. Santos, A.M.L., Magalhães, P.K.A., Jesus, L.C.C., Araújo, E.N., Araújo, L.M., Correia, M.S., Ferreira-Júnior, G.C., Ferreira, J.R.S., Araújo, D.M., Costa, J.G., Souza, M.A., Fonseca, S.A., Pavão, J.M.S.J., Santos, A.F. dos, Matos-Rocha, T.J., 2022. Epidemiological aspects of scorpionic accidents in a municipality in Brazil's northeastern. *Braz. J. Biol.* 82, e238110. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.238110>
11. Shahbazzadeh, D., Amirkhani, A., Djadid, N.D., Bigdeli, S., Akbari, A., Ahari, H., Amini, H., Dehghani, R., 2009. Epidemiological and clinical survey of scorpionism in Khuzestan province, Iran (2003). *Toxicon* 53, 454–459. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.01.002>
12. Andersson, N., Martínez, E., Villegas, A., Rodríguez, I., 1989. [Epidemiologic monitoring and decentralized planification: the use of sentinel sites in Guerrero]. *Salud Publica Mex.* 31, 493–502.
13. Cruz, E.F.S., Yassuda, C.R.W., Jim, J., Barraviera, B., 1995. Programa de controle de surto de escorpião *Tityus serrulatus*, Lutz e Mello 1922, no município de Aparecida, SP (Scorpiones, Buthidae). *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 28, 123–128. <https://doi.org/10.1590/S0037-86821995000200007>
14. Rajarajeswari, G., Sivaprakasam, S., Viswanathan, J., 1979. Morbidity and mortality pattern in scorpion stings. (A review of 68 cases). *J. Indian Med. Assoc.* 73, 123–126.
15. Soulaymani Bencheikh, R., Faraj, Z., Semlali, I., Ouammi, L., Badri, M., 2003. [National strategy in the battle against scorpion stings and envenomations. Application and evaluation]. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 1990 96, 317–319.
16. Alhamoud, Mustafa A., Al Fehaid, M.S., Alhamoud, Mohammed A., Alkhalifah, A.A., Alzoayed, M.H., Menezes, R.G., 2021. Scorpion Stings in Saudi Arabia: An Overview. *Acta Biomed. Atenei Parm.* 92, e2021273. <https://doi.org/10.23750/abm.v92i4.11550>
17. Santos, M.S.V., Silva, C.G.L., Neto, B.S., Grangeiro Júnior, C.R.P., Lopes, V.H.G., Teixeira Júnior, A.G., Bezerra, D.A., Luna, J.V.C.P., Cordeiro, J.B., Júnior, J.G., Lima, M.A.P., 2016. Clinical and epidemiological aspects of scorpionism in the World: A systematic review. *Wilderness Environ. Med.* 27, 504–518. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2016.08.003>

18. Khattabi, A., Soulaymani-Bencheikh, R., Achour, S., Salmi, L.-R., 2011. Classification of clinical consequences of scorpion stings: consensus development. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 105, 364–369. <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2011.03.007>
19. Chabchoub, I., Kallel, H., Hamida, C.B., Chelly, H., Dammak, H., Bouaziz, M., Rekik, N., Ksibi, H., Chaari, A., Chtara, K., Bahloul, M., 2010. Scorpion Envenomation Among Children: Clinical Manifestations and Outcome (Analysis of 685 Cases). *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 83, 1084–1092. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2010.10-0036>
20. Chowell, G., Díaz-Dueñas, P., Bustos-Saldaña, R., Mireles, A.A., Fet, V., 2006. Epidemiological and clinical characteristics of scorpionism in Colima, Mexico (2000–2001). *Toxicon* 47, 753–758. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2006.02.004>
21. Pipelzadeh, M.H., Jalali, A., Taraz, M., Pourabbas, R., Zaremirakabadi, A., 2007. An epidemiological and a clinical study on scorpionism by the Iranian scorpion *Hemiscorpius lepturus*. *Toxicon* 50, 984–992. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2007.07.018>
22. Queiroz, A.M., Sampaio, V.S., Mendonça, I., Fé, N.F., Sachett, J., Ferreira, L.C.L., Feitosa, E., Wen, F.H., Lacerda, M., Monteiro, W., 2015. Severity of Scorpion Stings in the Western Brazilian Amazon: A Case-Control Study. *PLOS ONE* 10, e0128819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128819>
23. Bergman, N.J., 1997. Clinical description of *Parabuthus transvaalicus* scorpionism in Zimbabwe. *Toxicon* 35, 759–771. [https://doi.org/10.1016/S0041-0101\(96\)00041-4](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(96)00041-4)
24. Khatony, A., Abdi, A., Fatahpour, T., Towhidi, F., 2015. The epidemiology of scorpion stings in tropical areas of Kermanshah province, Iran, during 2008 and 2009. *J. Venom. Anim. Toxins Trop. Dis.* 21, 45. <https://doi.org/10.1186/s40409-015-0045-4>
25. Dehghani, R., Kamiabi, F., Mohammadi, M., 2018. Scorpionism by *Hemiscorpius* spp. in Iran: a review. *J. Venom. Anim. Toxins Trop. Dis.* 24, 8. <https://doi.org/10.1186/s40409-018-0145-z>
26. Monteiro, W.M., Gomes, J., Fé, N., Mendonça Da Silva, I., Lacerda, M., Alencar, A., Seabra De Farias, A., Val, F., De Souza Sampaio, V., Cardoso De Melo, G., Pardal, P., Mota Da Silva, A., Bernarde, P.S., Carlos De Lima Ferreira, L., Gutierrez, J.M., De Almeida Gonçalves Sachett, J., Fan, H.W., 2019. Perspectives and recommendations towards evidence-based health care for scorpion sting envenoming in the Brazilian Amazon: A comprehensive review. *Toxicon* 169, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.09.003>
27. Moresi, E.A.D., Pinho, I., 2022. Análise bibliométrica da pesquisa em educação durante a pandemia da COVID-19. *ETD-Educ. Temática Digit.* 24, 238–256. <https://doi.org/10.20396/etd.v24i1.8666120>

28. Elsevier Content—How Scopus Works—Scopus—Elsevier Solutions, 2023. Available online: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/how-scopus-works/content> (accessed on 07 July 2023)
29. Aria, M., Cuccurullo, C., 2017. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *J. Informetr.* 11, 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
30. van Eck, N.J., Waltman, L., 2023. VOSviewer Manual 54.
31. Molyneux, D., 2013. Neglected tropical diseases. *Community Eye Health* 26, 21–24.
32. Dehghani, R., and B. Fathi., 2012. Scorpion sting in Iran: A review. *Toxicon* 60: 919–933. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2012.06.002>
33. Chippaux, J.-P., Goyffon, M., 2008. Epidemiology of scorpionism: A global appraisal. *Acta Trop.* 107, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2008.05.021>
34. Machado, J.P.V., Lima, P.D., Alencar, V.J.B., Costa, L.M.L., Paz, W.S. da, Ramos, R.E.S., Santos, I.G. de A., Bezerra, L.P., 2023. Incidence related to accidents caused by venomous animals in the Northeast Region of Brazil: a spatial approach and spatio-temporal retrospective (2008 to 2017). *Acta Trop.* 239, 106786. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106786>
35. Rahmani, A., Jalali, A., 2012. Symptom patterns in adult patients stung by scorpions with emphasis on coagulopathy and hemoglobinuria. *J. Venom. Anim. Toxins Trop. Dis.* 18, 427–431. <https://doi.org/10.1590/S1678-91992012000400011>
36. Silva, T.F.D., Silva, L.L.C.E., Barbosa Júnior, A.D.A., Silva, R.M.L.D., 2005. Estudo do veneno de *Tityus serrulatus* (Scorpiones; Buthidae) procedente do estado da Bahia, Brasil. *Rev. Ciênc. Médicas E Biológicas* 4. <https://doi.org/10.9771/cmbio.v4i1.4156>

5 CAPÍTULO 2: Escorpionismo na Bahia: Padrões de risco moldados pelo ambiente e ação humana (2007-2022)²

² Artigo a ser submetido no periódico Acta Tropica, Impact IF 2023 é 2,43

Escorpionismo na Bahia: Padrões de risco moldados pelo ambiente e ação humana (2007-2022)

5.1 Resumo

O escorpionismo é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde como uma Doença Tropical Negligenciada e representa um crescente problema de saúde pública em regiões tropicais. Na Bahia, Brasil, responde por mais de 70% dos acidentes por animais peçonhentos, totalizando mais de 200 mil casos entre 2007 e 2022. Este estudo teve como objetivo analisar os padrões espaço-temporais do escorpionismo nos 417 municípios baianos e sua associação com variáveis ambientais e sociais. Trata-se de um estudo observacional e retrospectivo, com dados do SINAN integrados a indicadores socioambientais, incluindo o Índice de Degradação Ambiental (IDA), Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), uso e cobertura da terra e variáveis climáticas. Foram registrados 201.261 casos no período, com pico em 2019. A análise espacial identificou clusters persistentes de alto risco no centro-sul, sudoeste e extremo oeste do estado, regiões caracterizadas por intensa atividade agroindustrial, urbanização desordenada e degradação ambiental. Os modelos multivariados confirmaram a influência de fatores climáticos (variação térmica, precipitação), ambientais (desmatamento, expansão de pastagens) e sociais (vulnerabilidade socioeconômica) como determinantes da incidência. Apesar da abrangência dos dados, limitações relacionadas à subnotificação e inconsistências nas bases públicas foram identificadas. Os achados reforçam o avanço do escorpionismo na Bahia e demonstram a relevância das análises espaço-temporais e multivariadas para identificar áreas prioritárias de intervenção. Conclui-se que políticas públicas eficazes devem integrar saúde, meio ambiente e planejamento urbano, com foco na redução das desigualdades sociais e mitigação dos riscos associados ao escorpionismo.

Palavras-chave: Escorpionismo, Epidemiologia espacial, Análise temporal, Saúde pública, Impactos ambientais

5.2 Abstract

Scorpionism is recognized by the World Health Organization as a Neglected Tropical Disease and constitutes an emerging public health problem in tropical regions. In Bahia, Brazil, it accounts for more than 70% of envenomations by venomous animals, with over 200,000 cases reported between 2007 and 2022. This study aimed to assess the spatiotemporal patterns of scorpionism across the state's 417 municipalities and their association with environmental and social determinants. We conducted a retrospective observational study using SINAN records integrated with socio-environmental indicators, including the Environmental Degradation Index (IDA), Social Vulnerability Index (IVS), land use and land cover, and climatic variables. A total of 201,261 cases were recorded, peaking in 2019. Spatial analyses revealed persistent high-risk clusters in the south-central, southwestern, and far western regions, areas marked by agro-industrial activity, unplanned urbanization, and environmental degradation. Multivariate models confirmed the contribution of climatic (temperature variation, precipitation), environmental (deforestation, pasture expansion), and social (socioeconomic vulnerability) factors to scorpionism incidence. Limitations included potential underreporting and inconsistencies in public databases. These findings confirm the expansion of scorpionism in Bahia and highlight the value of spatiotemporal and multivariate analyses for identifying priority areas for intervention. Effective policies should integrate health, environment, and urban planning to mitigate risks and reduce social inequalities.

Keywords: Scorpionism; Spatial epidemiology; Temporal analysis; Public health; Environmental impacts.

5.3 Introdução

O escorpionismo é considerado um acidente de importância para a saúde pública, especialmente em regiões tropicais. Este agravo, reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma das Doenças Tropicais Negligenciadas (WHO, 2007; Bahia, 2019), tem apresentado um aumento substancial no número de casos registrados, refletindo seu impacto crescente na saúde humana, com elevados índices de óbitos e alta frequência de ocorrência.

Nos países tropicais, a incidência de escorpionismo é particularmente preocupante, e no Brasil esse agravo representa a segunda maior causa de notificação epidemiológica (Hs et al., 2017). As regiões Norte (68 espécies) e Nordeste (34 espécies) concentram um elevado número de espécies de escorpiões, representando, respectivamente, 52% e 26% do total, sendo esses estados os responsáveis pela maior riqueza de espécies (Brazil e Porto, 2010). Com mais de 1,5 milhão de casos registrados nas últimas décadas, os estados da Bahia, São Paulo e Minas Gerais lideram as taxas de notificação de escorpionismo, sendo que a Bahia registrou 202.809 casos em 2024 (SINAN, 2024). Entre os casos de envenenamento por animais peçonhentos registrados no estado, o escorpião é o principal responsável, correspondendo a mais de 70% dos casos e totalizando 202.318 ocorrências entre 2007 e 2022 (SINAN, 2024). O estado é composto pelos biomas Mata Atlântica e Caatinga, além de diferentes tipos de florestas e campos silvestres, o que favorece a ocorrência da biodiversidade animal (Porto et al., 2010).

Embora se saiba que as regiões Norte e Nordeste do Brasil, incluindo a Bahia, apresentam uma rica diversidade de espécies de escorpiões (Brazil e Porto, 2010), e que modificações ambientais e antrópicas têm impacto significativo na distribuição dessas espécies (Leff, 2002; Santos e Costa, 2015; Lobão e Rodrigues, 2019), ainda há uma lacuna no entendimento de como essas mudanças influenciam o comportamento e a distribuição dos agravos escorpiônicos na Bahia. O desequilíbrio ecológico, causado por fatores como desmatamento, mudanças climáticas e urbanização, pode alterar a interação dos escorpiões com os seres humanos e seus habitats, especialmente em áreas urbanas, resultando no aumento do número de casos (De Santana et al., 2015).

Diante do panorama do escorpionismo e da influência dos fatores ambientais e antrópicos, a questão central da pesquisa é: **Como e quais fatores ambientais e antrópicos influenciam o aumento da incidência de acidentes por escorpiões no Estado da Bahia?** O objetivo deste estudo é analisar a incidência dos agravos ocasionados por escorpiões nos municípios da Bahia entre 2007 e 2022, com foco no padrão de ocorrência dos acidentes e na correlação com variáveis ambientais e antrópicas. A pesquisa visa, ainda, propor um modelo epidemiológico preditivo para estimar futuros casos e subsidiar políticas de prevenção e controle.

Este estudo é relevante por fornecer informações detalhadas sobre a distribuição espaço-temporal da incidência dos casos de escorpionismo na Bahia e identificar os fatores que podem influenciar essa distribuição. Com isso, espera-se contribuir para a formulação de estratégias mais eficazes de controle e prevenção, especialmente em áreas urbanas e regiões com grandes alterações ambientais, promovendo a saúde pública e a redução dos impactos dos escorpiões na população. A utilização de ferramentas de análise espacial, como os indicadores de autocorrelação (LISA e BILISA), permite identificar padrões geográficos específicos, o que pode aprimorar a identificação de áreas de risco e a elaboração de modelos preditivos (Lima-Costa e Barreto, 2003).

5.4 Materiais e Métodos

Desenho do Estudo

Foi desenvolvido um estudo observacional e retrospectivo, utilizando ferramentas de análise espacial e temporal para investigar a distribuição e o comportamento da incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, no período de 2007 a 2022, frente às variáveis ambientais e antrópicas. A área de estudo compreende toda unidade federativa da Bahia, sob as coordenadas geográficas (-11,409874 S, -41,280857 O), com seus 14.141.626 habitantes e um índice de desenvolvimento humano de 0,660, segundo estimativa intercensitária do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022, em uma área de 564.760,429 km² distribuídos em 417 municípios (Brasil, 2022). A Bahia lidera a região Nordeste do Brasil desde a década de 1940, quando teve início a realização do censo no país (Brasil, 2022).

Na região litorânea, o clima é tropical e a vegetação predominante é o mangue. No interior do estado, o clima é semiárido, com vegetação do tipo floresta tropical, caatinga e cerrado. O relevo apresenta planícies nas regiões litorânea e central, e depressões nas regiões norte e oeste. A Bahia conta com nove núcleos regionais de saúde: centro-leste, centro-norte, extremo-sul, leste, nordeste, norte, oeste, sudoeste e sul. Esses núcleos abrangem 28 regiões de saúde, com o objetivo de regionalizar as ações e os serviços de saúde, garantindo o acesso resolutivo e com equidade (Bahia, 2008).

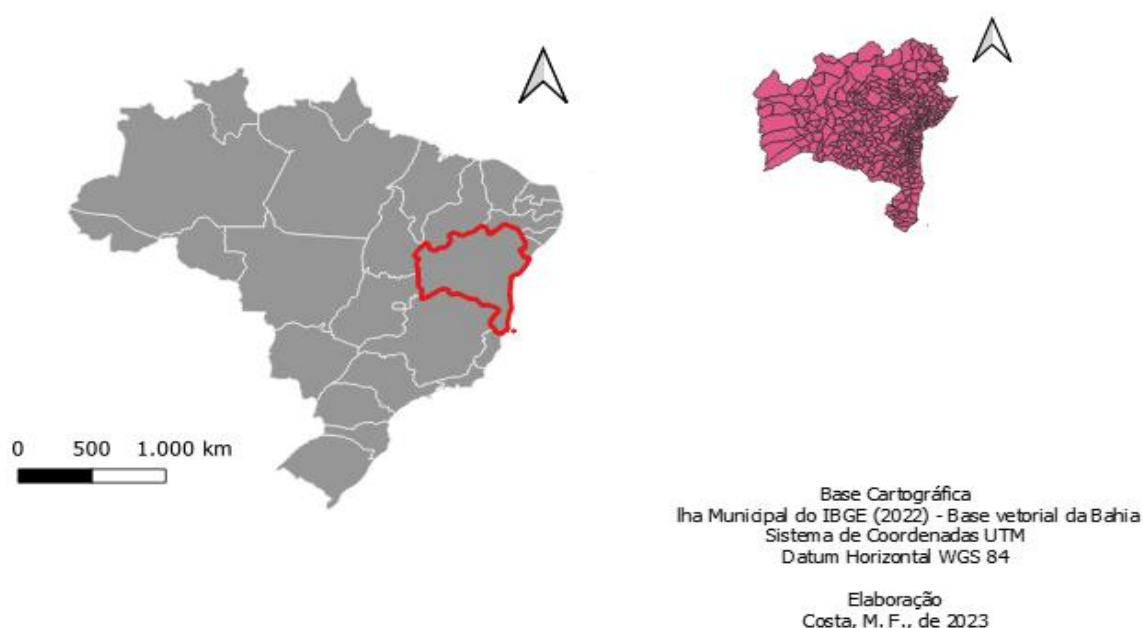


Figura 3. Mapa de localização do Estado da Bahia
Fonte: Autoria própria

Fonte dos dados

A notificação dos acidentes anuais por municípios baianos foi obtida de dados públicos disponibilizados pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS), através do Sistema de Informação de Agravos de Declaração Compulsória (SINAN) no site do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS), para o período de 2007 a 2022 (<https://portalsinan.saude.gov.br>) (Apêndice A). Os dados populacionais por

município, com base nos censos 2000, 2010 e 2022, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A base cartográfica da Bahia usada foi a malha municipal obtida na página web do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sob formato shapefile, .shp, no sistema geodésico SIRGAS2000, em coordenadas geográficas (Brasil, 2023).

Dois índices compostos foram usados para avaliar a correlação espacial entre ocorrência da doença no estado e os aspectos socioambientais: o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e o índice de degradação ambiental (IDA).

A vulnerabilidade social expressa pelo IVS decorre da seleção de dezesseis indicadores da plataforma Atlas de Desenvolvimento Humano (ADH) e está organizado em três dimensões: i) infraestrutura urbana; ii) capital humano; e iii) renda e trabalho. Quanto mais alto o IVS, de um território (valor próximo de um), maior é sua vulnerabilidade social e, portanto, maior a precariedade das condições de vida de sua população, ao passo que valores próximos a zero denotam baixa ou inexistente vulnerabilidade social (Margut *et al.*, 2018; Furnari *et al.* 2024). Neste estudo foram usados dados de IVS nas três dimensões citadas, para todos os municípios do estado da Bahia, para os anos de 2000 e 2010, disponíveis no Atlas de Vulnerabilidade Social do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA, disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/> (Brasília, 2015).

O Índice de Degradação Ambiental utiliza a intensidade da exploração agropecuária como indicador para representar o nível de degradação de uma região. Para os municípios da Bahia, o IDA foi calculado usando variáveis disponíveis no Censo Agropecuário do IBGE (Brasil, 2012; 2019), para os anos de 2006 e 2017, utilizando análise fatorial em componentes principais e rotação ortogonal de fatores pelo método *Varimax*. O modelo foi ajustado pelo método de Esfericidade de Bartlett e critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Os cálculos foram realizados no programa Statistica v. 14.1. (TIBCO, 2024).

Dados de uso e cobertura da terra (UCT) foram obtidos a partir da plataforma MapBiomas, para cada ano de estudo, na Coleção 8.0 da Série Anual de

Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil (Souza *et al.*, 2020). Foram consideradas para esta análise o percentual de cobertura florestal, cujo cálculo da área/ano foi realizado utilizando o *MapBiomas User Toolkit Download version 1.19.0* (Siqueira, 2023), no *Google Earth Engine* (Gorelick et al., 2017), sendo que suas taxas de retração ou expansão foram calculadas em relação ao valor de 10 anos passados.

Variáveis climáticas como temperatura média anual, diferença da temperatura média anual nos últimos dez anos, amplitude térmica anual, diferença da amplitude térmica anual nos últimos dez anos, precipitação anual, diferença da precipitação anual nos últimos dez anos foram obtidas para cada município a partir dos bancos disponibilizados pelo *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations data - CHIRPS* (Funk et al. 2015), com resolução temporal diária e resolução espacial de aproximadamente 5 km (0,05°), e pelo *NCEP Climate Forecast System Reanalysis - NCEP/CFSR* (Saha et al. 2010) em resolução temporal de seis horas e resolução espacial de aproximadamente 50 km (0,5°), compilados por (Abdalla et al. 2022).

Preparo e Análises de dados

Estatística descritiva

Os dados epidemiológicos e populacionais foram usados para cálculo das incidências (bruta e acumulada) por município, por ano e medidas de tendência central (máximo, mínimo, média, mediana, percentis 25% e 75%), bem como o teste de normalidade aplicado sobre as incidências anuais e acumuladas, para verificação da distribuição de probabilidades, usando o programa *RStudio*. Mapas de incidência por município/ano foram gerados usando o programa a partir do *shapefile* obtido no IBGE (Brasil, 2020), utilizando-se *RStudio*.

Distribuição espacial

Foi aplicado modelos retrospectivos temporais e espaço-temporais com o objetivo de identificar agrupamentos significativos de alta incidência de escorpionismo nos centroides municipais da Bahia, para o intervalo de 16 anos de estudo.

Os dados do arquivo vetorial da malha municipal da Bahia foram unidos aos dados de incidências anuais do escorpionismo do estado e aos dados dos Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), Índice de Degradação Ambiental (IDA), cobertura florestal (%); variação térmica média diária; precipitação anual em arquivo único, formato *shapefile* no programa *RStudio*, para preparação dos mapas de incidência acumulada e anuais, bem como os mapas de análises exploratórias espaciais.

A aplicação do indicador local de associação espacial (LISA) univariado foi realizada por meio do software *RStudio*. Utilizando o Índice de Moran Local (li) como ferramenta de análise exploratória espacial, foram identificadas áreas de acidentes por escorpião, caracterizadas como aglomerados locais com base nas incidências anuais e acumulada ao longo das décadas estudadas.

A autocorrelação espacial local (Indicadores Locais de Associação Espacial – LISA) univariada, que verifica a existência de autocorrelação espacial e investiga a presença de padrões espaciais de determinado indicador. Nesta análise, Moran (1948) sugeriu a elaboração de um coeficiente de autocorrelação espacial, através da medida de autocovariância na forma de produto cruzado, contudo uma forma de visualizar a autocorrelação espacial é baseada no diagrama de dispersão de Moran. Tal diagrama permite classificar as unidades espaciais em 4 quadrantes: Alto-Alto (AA) – High-High (HH); Baixo-Baixo (BB) – Low-Low (LL); Alto-Baixo (AB) – High-Low (HL); e Baixo-Alto (BA) – Low-High (LH). Assim, os municípios que apresentem valores semelhantes dos seus vizinhos são representados pelos quadrantes Q1 (alto/alto) e Q2 (baixo/baixo), e os quadrantes Q3 (alto/baixo) e Q4 (baixo/alto) indicam os municípios com valores diferentes entre seus vizinhos e sem associação espacial. As duas primeiras categorias representam áreas de acordo e as duas últimas áreas de transição (Anselin, 1995). A partir da significância estatística dos índices LISA pode-se identificar padrões locais de homogeneidade ou heterogeneidade espacial (clusters espaciais).

Avaliação da Incidência do Escorpionismo e sua associação com variáveis Socioambientais

Para avaliar a incidência do escorpionismo e sua associação com variáveis socioambientais no Estado da Bahia entre 2007 e 2022, foram testados modelos estatísticos para capturar padrões espaciais e temporais.

Base de Dados e Variáveis

Para este estudo utilizamos como indicadores as taxas de incidência anual de agravos dos municípios baianos em análise. O cálculo das incidências anuais ($iEsc_j$) foi realizado através da divisão do número de caso anual pela população total de cada município e seu quociente multiplicado por cem mil (100.000) habitantes:

$$iEsc_j = \frac{NC_j}{PT_j} \cdot 10^5$$

onde

NC_j é o número de casos de escorpionismo no ano j e

PT_j é a população total do município no ano j

O banco de dados utilizado na análise compreende informações anuais por município do estado da Bahia, abrangendo o período de 2007 a 2022, com foco principal nas variáveis socioambientais associadas à incidência de acidentes por escorpião. A variável dependente principal foi a “incidência log-transformada do escorpionismo” (log-inesc), obtida como $\log(\text{valor bruto} + 1)$. A planilha de trabalho foi organizada com identificação espacial e temporal do escorpionismo georreferenciadas com base na latitude e longitude dos centróides municipais (cod_mun, lat, long, ano); o conjunto de variáveis independentes ambientais, climáticas e socioeconômicas padronizadas (z-score) em Q01 a Q56 (Quadro 1, Apêndice A).

Pré-processamento de dados

Para garantir homogeneidade nas notificações, a análise foi restrita ao período de **2007 a 2020**, excluindo os anos 2021 e 2022 devido à ausência de dados climáticos para estes anos no banco utilizado. Os dados foram carregados com o

pacote *readr* (Wickham et al., 2024); as coordenadas de latitude e longitude foram convertidas do formato com vírgula para ponto decimal com *gsub()* e *as.numeric()*; as variáveis independentes foram padronizadas (z-score) com *scale()* para facilitar a interpretação dos coeficientes nos modelos mistos.

Toda a análise estatística e espacial da incidência do escorpionismo na Bahia foi conduzida na linguagem R (versão 4.5.1, junho de 2025). Os principais pacotes utilizados foram: *tidyverse* para manipulação, organização e visualização de dados; *readxl* para importação dos dados da planilha Excel (.xlsx); *mgcv* para ajuste dos modelos aditivos generalizados (GAM), incluindo os efeitos suavizados e a seleção automática de suavidade via método REML; *car* para cálculo do Fator de Inflação da Variância (VIF), usado na detecção de colinearidade entre variáveis explicativas; *performance* para sumarização e comparação de desempenho dos modelos (RMSE, R^2 , AIC/WAIC); *sf*, *spdep*, *tmap* para as análises espaciais e construção dos mapas de resíduos e dos clusters LISA; *brms* para ajuste de modelos bayesianos hierárquicos com estrutura espacial e temporal; *ggplot2* para a construção de gráficos interpretativos e de desempenho.

Seleção de variáveis independentes e Modelo epidemiológico

A análise inicial das 50 variáveis socioambientais (Q01 a Q56, com exclusão de algumas variáveis problemáticas ou colineares) incluiu a padronização por z-score, o cálculo do Fator de Inflação da Variância (VIF), removendo variáveis com $VIF > 5$ e correlação de Spearman com a variável resposta *loginesc*, restando variáveis com $p < 0,20$. Ao final foram identificadas dez variáveis significativas: a variação na amplitude térmica diária (Q23), a sazonalidade térmica (Q26 e Q27), a precipitação no mês mais seco (Q46), o índice de degradação ambiental (Q05), a diferença percentual de pastagens em dez anos (Q16), e o índice de vulnerabilidade social – capital humano (Q03), a temperatura média anual (Q21), a área de corpos d'água (Q12) e a temperatura do trimestre mais seco (Q36).

Essa análise identificou associações importantes entre a incidência de escorpionismo e variáveis como *IVS_2010*, *IDA2017* (índice de degradação ambiental), precipitação e temperatura médias, além da cobertura florestal e uso de pastagens. Tais variáveis foram levadas adiante na modelagem.

As variáveis testadas foram indicadas de forma genérica na fórmula do modelo como $\sum_{k=1}^n \beta_k \cdot B_k$ e são listadas integralmente no Apêndice B. Todas as análises foram realizadas no programa *R*, utilizando pacotes específicos para modelagem de dados e verificação de ajustes: *mgcv* (Wood, 2017) para modelos GAM; *lme4* e *glmmPQL* do MASS (Bolker et al., 2009) para modelos GLMM; *brms* (Lawson, 2018) para validação do modelo bayesiano com distribuição Gamma; e *ggplot2* para visualização. O modelo com melhor ajuste foi o GAM (Apêndice B), descrito a seguir.

O Modelo GAM

O modelo GAM permite modelar relações não-lineares entre a variável dependente (neste caso, a incidência de escorpionismo) e as variáveis explicativas, ajustando suavizadores via *splines* penalizadas. A formulação usada foi:

$$g(E[Y_i]) = \beta_0 + f_i(lat_i, long_i) + f_2(ano_i) + \sum_{k=1}^p f_k(X_{ki})$$

onde:

- $[Y_i]$ = número de casos de escorpionismo no município *iii*;
- $E[Y_i]$ = valor esperado de $[Y_i]$;
- $g(\)$ = função de ligação logarítmica, apropriada para a distribuição Gama;
- β_0 = intercepto do modelo;
- $f_i(lat_i, long_i)$ = função suavizadora bidimensional para o efeito espacial (latitude e longitude);
- $f_2(ano_i)$ = função suavizadora unidimensional para o efeito temporal (ano);
- $\sum_{k=1}^p f_k(X_{ki})$ = funções suavizadoras unidimensionais para as variáveis ambientais, climáticas e socioeconômicas ($k = 1, \dots, p$).

O uso da família Gamma com *link* logarítmico é adequado para modelar taxas de incidência contínuas e estritamente positivas. O modelo considera suavizadores espaciais (latitude e longitude), temporais (ano) e socioambientais. A seleção das variáveis independentes foi realizada por VIF (< 5) e correlação com $p < 0,20$. O modelo reduzido foi obtido pela seleção de termos com $p < 0,05$.

O modelo GAM completo foi ajustado com todas as variáveis selecionadas por correlação, enquanto o modelo reduzido reteve apenas aquelas com

$p < 0,05$. Ambos os modelos consideraram termos suavizados para os efeitos espacial ($s(\text{lat}, \text{long})$), temporal ($s(\text{ano})$) e ambientais (ex: $s(\text{IVS_2010})$, $s(\text{Q20})$).

Análise Espacial Multivariada

Para avaliar a contribuição das variáveis independentes na incidência do Escorpionismo computando a autocorrelação espacial, utilizou-se a análise multivariada espacial por componentes principais - MULTISPATI (Dray et al., 2008) que combina a maximização da variância com a autocorrelação espacial (índice de Moran). A base metodológica da análise MULTISPATI está descrita em Dray et al. (2008), que introduzem o método como uma extensão da análise de co-inércia e da análise de componentes principais (PCA) com pesos espaciais. Essa abordagem é especialmente útil em estudos ecológicos, geográficos e epidemiológicos nos quais os dados apresentam dependência espacial.

A base de dados principal foi construída a partir de registros da incidência do escorpionismo nos 417 municípios do Estado da Bahia entre os anos de 2007 e 2020. A variável dependente analisada foi o logaritmo da incidência padronizada de escorpionismo ($\log(\text{inc} + 1)$). As variáveis independentes foram selecionadas a partir do modelo GAM reduzido e incluem variáveis ambientais, climáticas e socioeconômicas.

Para obtenção das comparações temporais, as análises MULTISPATI foram realizadas separadamente para cada período, com comparação dos escores dos municípios e identificação de mudanças espaciais e temporais os dados: Período A (2007-2016) e Período B (2017-2020). A MULTISPATI referente aos anos de 2021 e 2022 não pôde ser realizada com o mesmo conjunto de variáveis utilizado nos demais anos da série, devido à ausência completa de dados para duas variáveis críticas: amplitude térmica diária (Q22) e precipitação anual (Q42). Considerando a importância dessas variáveis na estrutura multivariada dos anos anteriores, optou-se por não incluir estes anos na análise comparativa principal.

A análise foi realizada no software R, versão 4.4, utilizando os pacotes *tidyverse* (WICKHAM et al., 2019) para manipulação de dados espaciais e visualização; *sf* (PEBESMA, 2018) e *spdep* (BIVAND et al., 2013) para análise espacial e construção de

matrizes de vizinhança; *ade4* (CHESSEL et al., 2007; DRAY e DUFOUR, 2007) para análise multivariada - PCA e *adespatial* (DRAY, 2015) para análise multivariada espacial - MULTISPATI; *ggplot2* (WICKHAM, 2016) para construção dos gráficos e mapas; *RColorBrewer* (HIJMANS, 2023) utilizado para paletas de cores na representação visual; *Readxl* (HENRY e WICKHAM, 2024) para leitura de planilhas *Excel*; *Patchwork* (PEDERSEN, 2023) para composição de gráficos.

Classificação dos Municípios por Prioridade de Vigilância do Escorpionismo

Para subsidiar estratégias de vigilância e controle do escorpionismo no estado da Bahia, foi realizada uma classificação dos municípios quanto à prioridade de intervenção, a partir da análise espacial multivariada (Dray et al., 2008) dos fatores associados à incidência da doença.

A análise utilizou os scores do primeiro componente espacial (CS1) da análise MULTISPATI, que expressa o eixo principal de covariação entre variáveis ambientais, estruturais e sociodemográficas associadas à ocorrência de escorpionismo. A prioridade de vigilância foi determinada a partir de regras heurísticas baseadas na interpretação dos scores: Alta Prioridade: municípios com valores positivos de CS1 (presença significativa de fatores estruturais associados) e loginesc acima da mediana estadual; Baixa Prioridade: municípios com CS1 negativo e loginesc igual a 0 ou muito baixo (abaixo de 0,1); Média Prioridade: os demais municípios.

5.5 Resultados

Incidência do Escorpionismo

Durante o período do estudo (2007-2022) foram notificados 201.261 acidentes escorpiônicos na Bahia, sendo o ano de 2019 o que registrou maior número de casos (20.912). O Estado da Bahia possui, atualmente, uma população estimada de 14.141.626 habitantes, de acordo com o censo de 2022 e, em comparação com 2010, a Bahia teve aumento populacional de 0,9%. Dos 417 municípios, três não registraram notificação de acidentes por escorpião: Aramari, localizado na

mesorregião do nordeste baiano, Muniz Ferreira e Varzedo da mesorregião metropolitana de Salvador.

Ao longo dos 16 anos avaliados, as incidências anuais de escorpionismo na Bahia apresentaram uma tendência geral de crescimento, embora com flutuações interanuais significativas. Os valores de mediana e percentis superior (P75) aumentaram notavelmente a partir de 2011, indicando um aumento progressivo da frequência de casos em vários municípios (Figura 2).

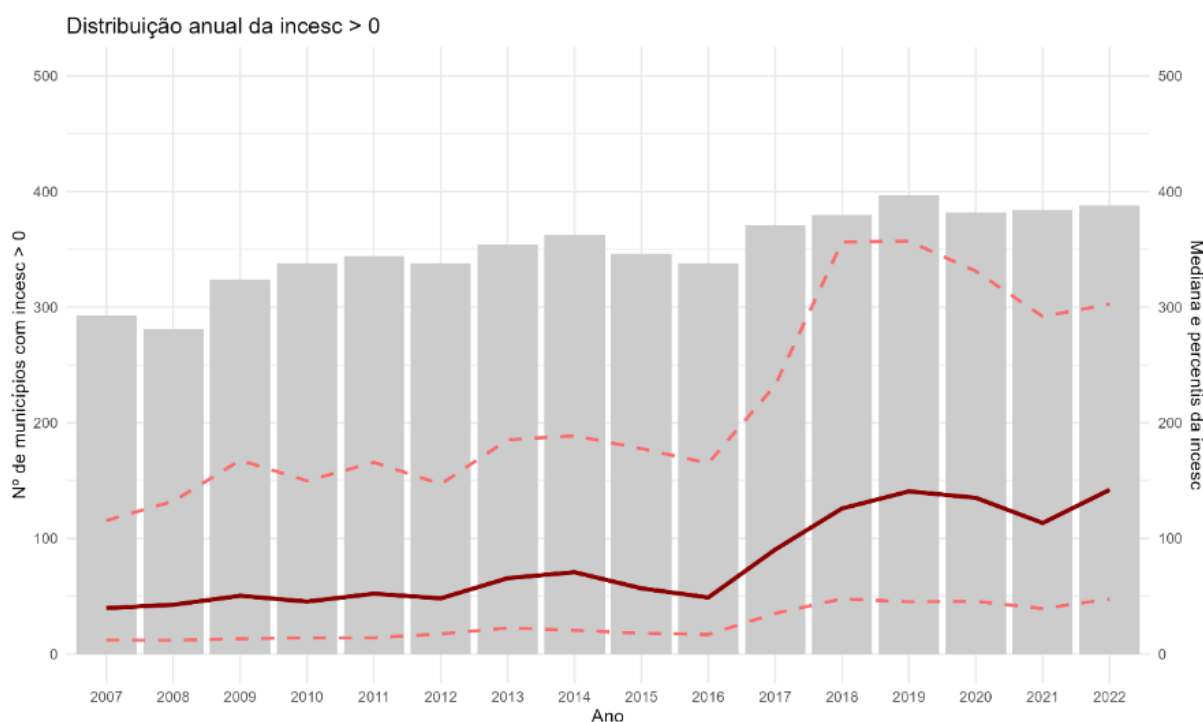


Figura 4. Percentis 25, 50 (mediana) e 75 da mediana das incidências do Escorpionismo nos municípios do Estado da Bahia, segundo o ano, e frequência absoluta de municípios com casos, no período de 2001 a 2022.

Vale destacar que municípios como Feira de Santana, Vitória da Conquista e Jequié mostraram persistência em altos níveis de incidência em quase todos os anos, reforçando a condição de áreas de risco crônico. Em contraste, outros municípios exibiram picos isolados de alta incidência, como Barrocas ou São Gabriel, que apresentaram valores elevados em apenas um ou dois anos — sugerindo episódios pontuais ou surtos não sustentados.

A partir dos resultados obtidos é possível observar uma intensificação progressiva da incidência do escorpionismo em vários municípios da Bahia, principalmente a partir de 2014, com acentuação notável entre 2017 e 2022, onde há

um aumento de áreas no 3º e 4º quartis (mais escuras), portanto aumento substancial no número de municípios com incidência elevada. Nos anos iniciais (2007–2010), a maior parte do território apresenta baixa incidência (0 ou 1º Q), com poucos municípios com valores mais altos. Com o tempo, a incidência se espalha para o interior do estado, especialmente no oeste e centro-sul da Bahia. Algumas regiões (notadamente o oeste e parte do nordeste do estado) aparecem de forma recorrente nas classes mais elevadas de incidência (3º e 4º quartis), indicando um padrão persistente de risco elevado.



Figura 5. Incidência anual de casos notificados de Escorpionismo na Bahia (2007-2022)

A análise da incidência acumulada de escorpionismo (por 100.000 habitantes) nos municípios da Bahia ao longo de todo o período reforça os achados da análise espaço-temporal, revelando um padrão altamente heterogêneo, tanto em magnitude quanto em dispersão geográfica, evidenciando áreas críticas onde o escorpionismo assume caráter endêmico, com incidências superiores a 3.000 casos por 100 mil habitantes. Os valores variaram desde menos de 1 caso por 100.000 habitantes até mais de 5.000 casos acumulados, evidenciando fortes contrastes regionais no risco de acidentes por escorpiões. A distribuição foi fortemente assimétrica, com a maioria dos municípios apresentando incidências baixas a moderadas, e um grupo menor concentrando os valores mais altos, indicando um padrão típico de doenças ou agravos com influência ambiental, urbana e climática. A transformação logarítmica aplicada aos dados ($\log(x + 1)$) revelou uma melhor separação dos padrões espaciais subjacentes, ao suavizar o impacto de municípios com incidências excepcionalmente altas. Há uma concentração expressiva de municípios no 4º quartil, especialmente nas regiões sudoeste (Vitória da Conquista e Jequié), extremo oeste (divisa com o Tocantins/Piauí), centro-sul e sul do estado, e pontualmente, no norte/nordeste, evidenciando múltiplos polos de alta incidência.

Figura 4

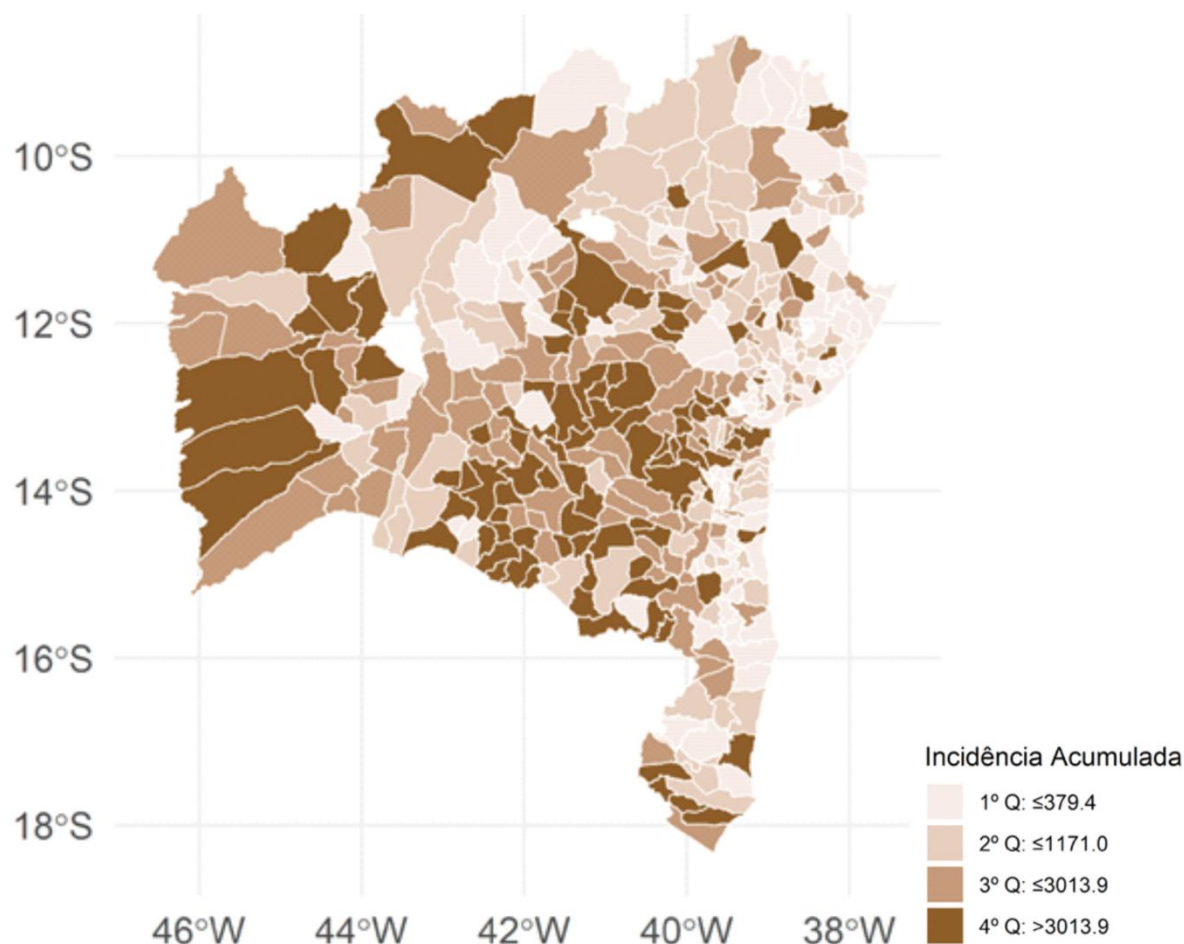


Figura 6. Incidência Acumulada de casos notificados de Escorpionismo na Bahia do período 2007-2022.

Análise da autocorrelação espacial da incidência do Escorpionismo

O mapa LISA (*Local Indicators of Spatial Association*) para o período acumulado de 2007 a 2022 destacou a presença de aglomerados significativos do tipo *High-High* e *Low-Low*, além de algumas ocorrências do tipo *High-Low* e *Low-High*. Os resultados apontaram autocorrelação positiva, com $p\text{-valor} < 0,05$, indicando a existência de elementos espaciais locais com maiores riscos de ocorrência de acidente por escorpião. A análise de autocorrelação espacial global com o índice de Moran I aplicado à incidência acumulada transformada ($\log_iacu$) revelou um valor significativo e positivo (Moran I = 0.267, $p < 0.0001$), indicando um padrão de agrupamento espacial não aleatório. Isso confirma aglomerados significativos do tipo “alto-alto” (*high-high*) - em vermelho - representam áreas com alta incidência cercadas

por municípios também com alta incidência, indicando núcleos endêmicos consolidados. Os agrupamentos "alto-alto" se concentram principalmente no sudoeste da Bahia, incluindo diversos municípios ao redor de Vitória da Conquista e em regiões do centro-sul e oeste baiano, sugerindo que essas áreas funcionam como focos persistentes e ampliados de escorpionismo ao longo do tempo (Figura 7).

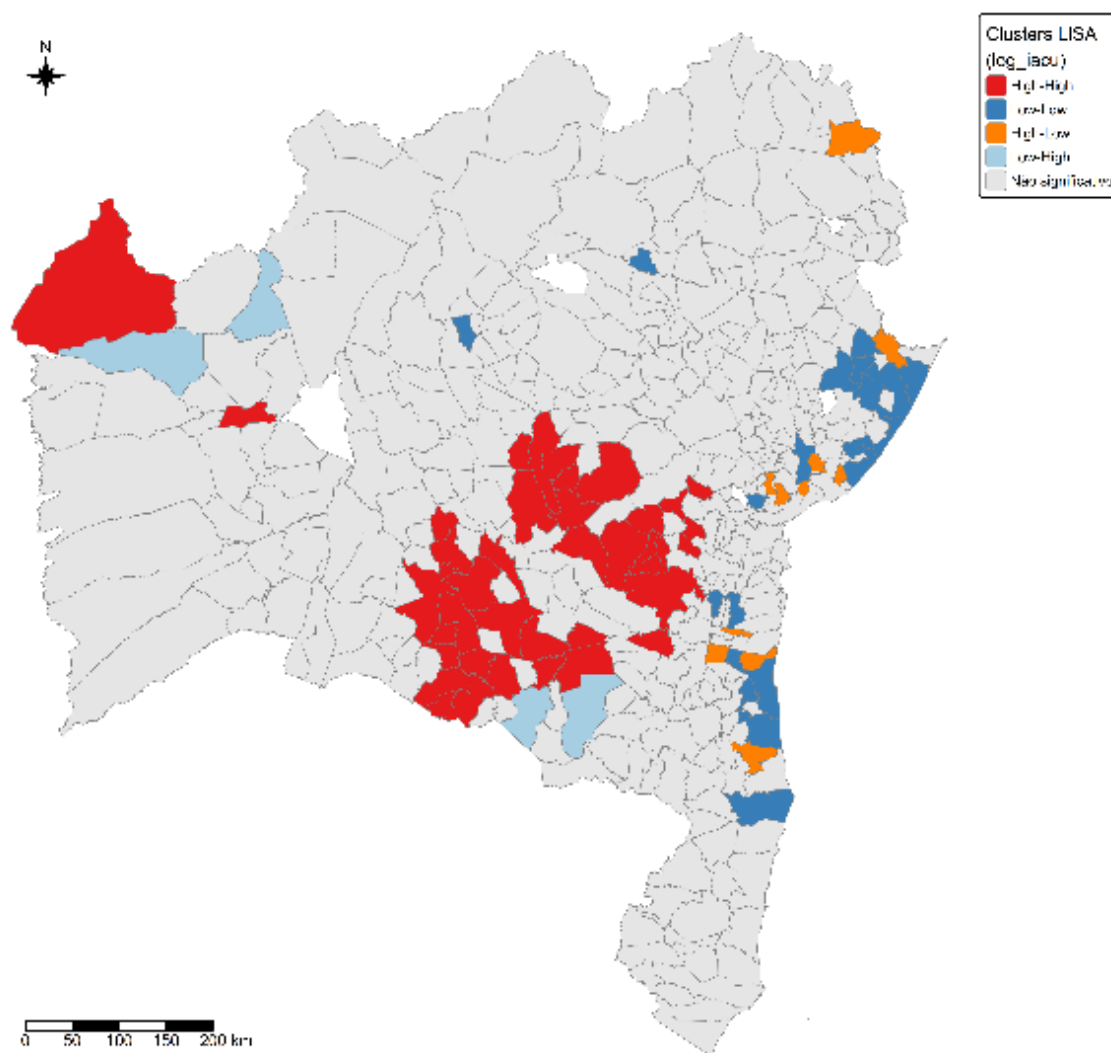


Figura 7. Análise univariada da autocorrelação espacial local (LISA - *Local Indicators of Spatial Association*) da incidência acumulada dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o período de 2007 a 2022.

Os municípios em laranja (alto-baixo) revelam áreas de instabilidade espacial, onde municípios com padrões discrepantes de seus vizinhos se destacam indicando os municípios litorâneos e do recôncavo, por exemplo, apresentam essa transição e sugerem áreas de risco emergente ou com comportamento isolado, o que requer monitoramento especial. A grande área em cinza representa municípios com

padrões de incidência que não apresentaram autocorrelação significativa, podendo refletir distribuição aleatória, subnotificação, ou influência de fatores locais muito específicos (Figura 7).

A análise LISA ano a ano permitiu observar a evolução dinâmica dos padrões espaciais de escorpionismo na Bahia ao longo de 16 anos, revelando a existência de aglomerados espaciais significativos e padrão de dependência espacial em diferentes regiões e anos. Apesar de certa estabilidade em regiões de alta incidência, os mapas facetados revelaram mudanças relevantes na intensidade, extensão e localização dos clusters espaciais. A visualização dos mapas (Figura 8) exhibe a distribuição espacial e temporal das taxas de incidências anuais dos acidentes por escorpiões.

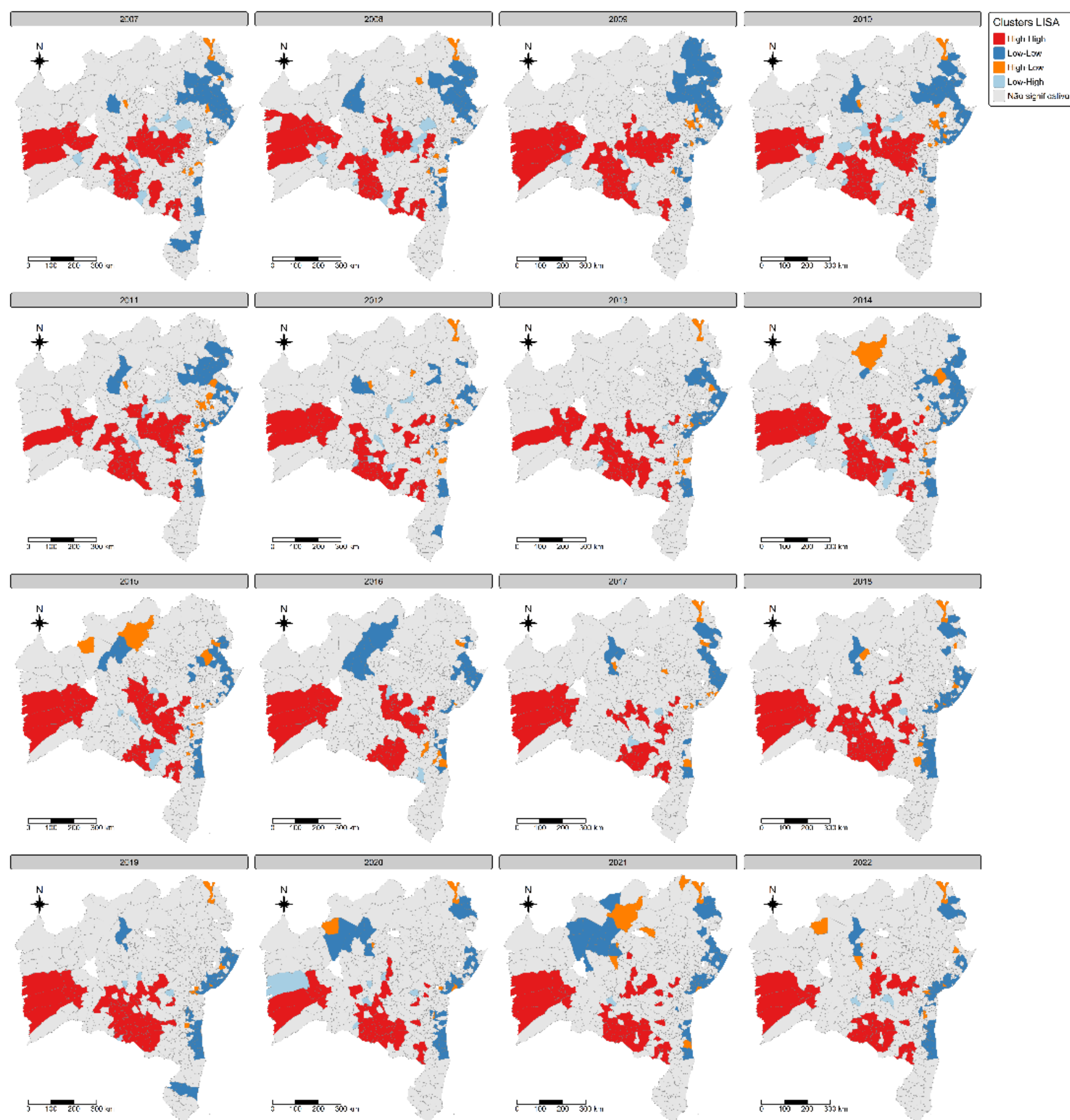


Figura 8. Análise univariada da autocorrelação espacial local (Local Indicators of Spatial Association – LISA) da incidência acumulada ano a ano dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o período de 2007 a 2022.

Os mapas revelam que a incidência dos agravos ocorre de forma homogênea nos aglomerados, porém com padrão heterogêneo no Estado. Os mapas anuais mostraram a presença predominante de agrupamentos *High-High* principalmente no centro-sul, sudoeste e parte do oeste baiano, indicando áreas com alta incidência de escorpionismo cercadas por áreas também com alta incidência. Essa configuração se manteve relativamente estável ao longo do tempo, com variações pontuais de intensidade e dispersão. Municípios como Feira de Santana, Vitória da Conquista, Itabuna e Jequié mantêm-se com frequência em aglomerados *High-High*, evidenciando áreas de transmissão intensa e contínua. Em determinados anos, o cinturão de municípios com alta incidência se expande lateralmente, incorporando municípios vizinhos, sugerindo difusão espacial do risco. Feira de Santana é um dos principais municípios com persistência de alta incidência de escorpionismo e rodeado por municípios com comportamento semelhante.

Os clusters Baixa-Baixa (Low-Low) - em azul - também estiveram presentes em diversos anos, com maior concentração no norte e nordeste do estado, refletindo áreas com baixos registros de acidentes e vizinhança com comportamento similar. Observou-se uma alternância significativa desses padrões em municípios da faixa leste e nordeste, indicando certa instabilidade na concentração espacial. Os agrupamentos Alta-Baixa (High-Low) e Baixa-Alta (Low-High) - em laranja e azul claro, respectivamente - ocorreram com menor frequência, sendo observados esporadicamente ao longo do período, sugerindo áreas de transição ou mudanças abruptas na incidência em relação aos municípios vizinhos.

Ao longo dos 16 anos analisados, houve uma manutenção dos padrões de clusters em algumas regiões-chave, especialmente no Sudoeste, o que pode indicar a persistência de condições favoráveis à proliferação de escorpiões e/ou à subnotificação em regiões com baixa incidência.

Avaliação da Incidência do Escorpionismo e sua associação com variáveis socioambientais

O modelo GAM foi testado e comparado aos modelos GLMM e Bayesiano obtendo as melhores métricas (R^2 ajustado = 44%; AIC=13.562,67 e desvio-explicado = 0,30), além de efeito espacial e efeito temporal altamente significativos. O modelo utilizou variáveis ambientais, antrópicas e climáticas. O GAM padronizado (AIC=13.619,55; desvio explicado = 0,29) revelou 10 variáveis preditoras significativas: Índice de Vulnerabilidade Social, Índice de Degradação Ambiental, Área de cobertura florestal (%), Área de campo alagado e área pantanosa (%), Área de formação campestre natural (%), Área de pastagem (%), Área de agricultura (%), Área urbanizada (%), Área de cobertura florestal (%), Área de agricultura (%), Temperatura Média Anual, Amplitude térmica anual, Precipitação anual, e Sazonalidade da precipitação (Tabela 1).

Tabela 2. Pesos relativos das variáveis significativas no modelo aditivo generalizado (GAM - *Generalized Additive Model*) reduzido, com base nas estatísticas F e nos graus de liberdade efetivos (edf) para a Incidência do Escorpionismo no Estado da Bahia (2007 – 2022).

Variável	Descrição	edf	F (Peso)
Q27	Sazonalidade térmica (rep.)	8,713	13,10
Q46	Precipitação do mês mais seco	8,808	14,20
Q21	Δ temperatura média anual	6,360	18,40
Q12	Área de corpos d'água	8,375	25,30
Q36	Temp. trimestre mais seco	8,924	35,70
Q03	IVS – Capital Humano	8,836	41,50
Q16	Δ área de pastagem (10 anos)	8,814	53,50
Q05	Índice de Degradação Ambiental	8,155	71,40
Q26	Sazonalidade térmica	8,815	74,80
Q23	Δ variação térmica diária	8,817	92,60

Os resultados mostram que as variáveis mais significativas para a ocorrência de casos de picadas de escorpião são a variação térmica diária ($F=92,6$), seguida da sazonalidade térmica ($F=74,8$) e o índice de degradação ambiental ($F=71,4$).

O Índice de Vulnerabilidade Social apresentou efeito forte, indicando que áreas mais vulneráveis socialmente apresentam maiores taxas de escorpionismo; o Índice de Degradação Ambiental apresentou efeito *moderado*, sugerindo relação entre paisagens degradadas e o risco de contato com escorpiões; a precipitação anual com efeito *leve a moderado*, demonstrando tendência de aumento do escorpionismo em áreas menos chuvosas, como o semiárido; e a cobertura florestal e uso de pastagem com relação inversa entre cobertura vegetal preservada e incidência de acidentes.

Para complementar a análise dos efeitos marginais individuais, aplicou-se uma abordagem de autocorrelação multivariada espacial (MULTISPATI), que permite captar padrões espaciais conjuntos entre as variáveis explicativas. A técnica gera componentes principais que sintetizam os eixos dominantes de variação espacial combinada ao longo dos anos. Cada componente representa um gradiente multivariado, com diferentes contribuições de cada variável (pesos) para sua formação.

A comparação da variância explicada entre as abordagens PCA e MULTISPATI ao longo dos dez primeiros eixos principais demonstra que o primeiro eixo da análise MULTISPATI explica uma proporção maior da variância em relação ao correspondente da PCA, evidenciando sua capacidade de captar informações com forte estrutura espacial logo no primeiro componente. Nos eixos subsequentes (2 a 4), a PCA apresenta maior capacidade explicativa, enquanto a partir do quinto eixo, as proporções explicadas por ambas as técnicas se aproximam, com leve superioridade da PCA. A vantagem da MULTISPATI no primeiro eixo é relevante, pois indica que esta abordagem consegue incorporar de maneira mais eficiente a estrutura espacial dos dados, algo essencial em estudos ecológicos e epidemiológicos com dependência espacial, como o escorpionismo. Essa diferença inicial demonstra que a MULTISPATI é capaz de fornecer componentes com maior relevância espacial, mesmo que a soma total da variância explicada seja ligeiramente inferior à da PCA tradicional.

O primeiro eixo do MULTISPATI explica aproximadamente 28,3% da variância total, enquanto os dois seguintes explicam 22,4% e 18,7%, respectivamente. Essa

distribuição indica que o primeiro componente espacial (CS1) concentra grande parte do padrão estruturado espacialmente da incidência do escorpionismo, o que não ocorria na PCA pura. A adição da estrutura espacial melhora a interpretação dos componentes e reforça a presença de autocorrelação espacial nos dados (Figura 20; Apêndice E).

O eixo CS1 é fortemente influenciado por variáveis ambientais como sazonalidade térmica e temperatura média do trimestre mais seco, além do índice de degradação ambiental. O eixo CS2 apresenta maior contribuição da diferença da variação média da temperatura diária e da diferença da temperatura média anual. E o eixo CS3 incorpora principalmente o Índice de Vulnerabilidade Social – Capital Humano e a precipitação do mês mais seco). Esses eixos representam diferentes dimensões das condições ecológicas e sociais associadas à maior ou menor incidência de escorpionismo, sendo o CS1 o mais representativo espacialmente, conforme demonstrado a seguir (Tabela 3),

Tabela 3. Cargas fatoriais por Eixo (CS1, CS2 e CS3) em cada componente espacial dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia.

Variável	Descrição	CS1	CS2	CS3
Q03	IVS – Capital Humano	0,0778072265	-0,4870777281	-0,3369801341
Q05	Índice de Degradação Ambiental	-0,0914152929	0,0964847413	-0,3941114599
Q12	Área de corpos d'água	0,2361972597	0,4596861634	0,5155215699
Q16	Δ área de pastagem (10 anos)	-0,2651030318	0,1901818329	0,0831235631
Q21	Δ temperatura média anual	-0,1695814917	-0,3714555562	0,3277309228
Q23	Δ variação térmica diária	-0,1306664159	-0,2469501648	0,5082190951
Q26	Sazonalidade térmica	-0,3020638809	-0,4556949296	0,2461607615
Q27	Sazonalidade térmica (rep.)	0,5205917163	-0,1453036422	0,1757565775
Q36	Temp. trimestre mais seco	-0,4275788255	0,2548405853	0,0313888023
Q46	Precipitação do mês mais seco	0,5182730429	-0,1152698042	0,0168396022

Os resultados obtidos dos escores espaciais para cada município apontam que o Eixo 1 (CS1) concentra os maiores scores positivos no Oeste e Sul da Bahia,

indicando maior influência das variáveis ambientais sobre a incidência nessa região. Municípios como Barreiras, Luís Eduardo Magalhães e alguns do Extremo Sul (Eunápolis, Teixeira de Freitas) aparecem com valores elevados. O Eixo 2 (CS2) apresenta uma distribuição mais difusa, mas com escores positivos nos municípios do Recôncavo Baiano e leste do Estado, associados às mudanças na variação térmica. E o Eixo 3 (CS3) evidencia variações em municípios com maiores desigualdades sociais, especialmente em regiões do Centro-Norte do Estado. Estes dados estão representados nos mapas das figuras 9, 10 e 11, respectivamente.

Foram mapeados para cada eixo os resíduos entre os escores obtidos por PCA e MULTISPATI. Os resíduos foram calculados como a diferença entre os escores gerados na PCA (sem estrutura espacial) e os da MULTISPATI. Esses resíduos apontam os ganhos de ajuste proporcionados pela incorporação da autocorrelação espacial. O Eixo CS1 apresentou os maiores resíduos positivos (em vermelho) sugerindo áreas com estrutura espacial forte não capturada pela PCA, principalmente em municípios do Sul e Oeste. O Eixo CS2 mostra diferenças concentradas no Recôncavo e Nordeste. Já para o Eixo CS3, os resíduos sugerem que a vulnerabilidade social impõe padrões espaciais complexos não adequadamente descritos por componentes não espaciais. Estes mapas ilustram o quanto a estrutura espacial foi capaz de ajustar padrões de incidência não explicados pela PCA tradicional, validando o uso da abordagem MULTISPATI (Figuras 12, 13 e 14, respectivamente).

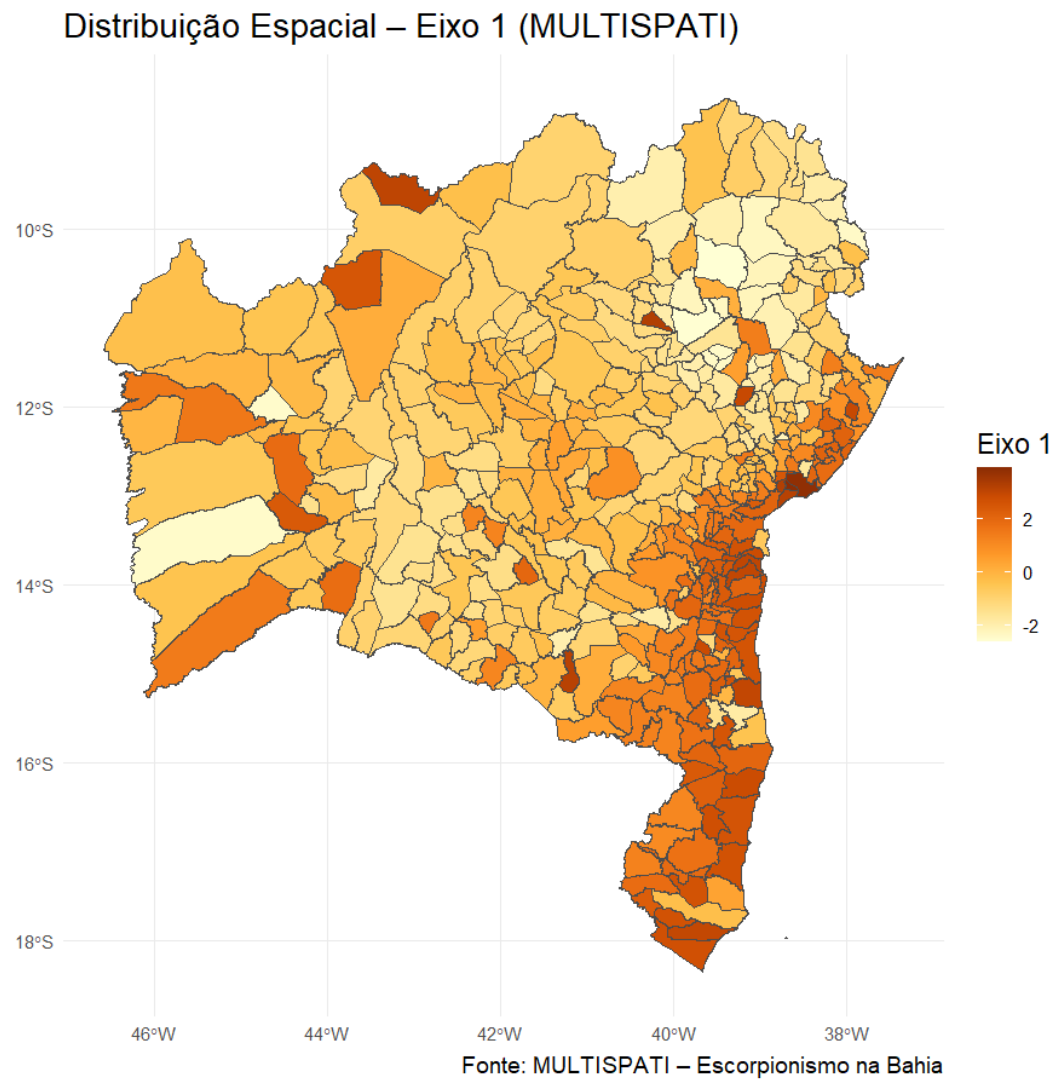


Figura 9. Distribuição espacial dos escores MULTISPATI obtidos para cada município, a partir do eixo CS1 sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, 2007 a 2022.

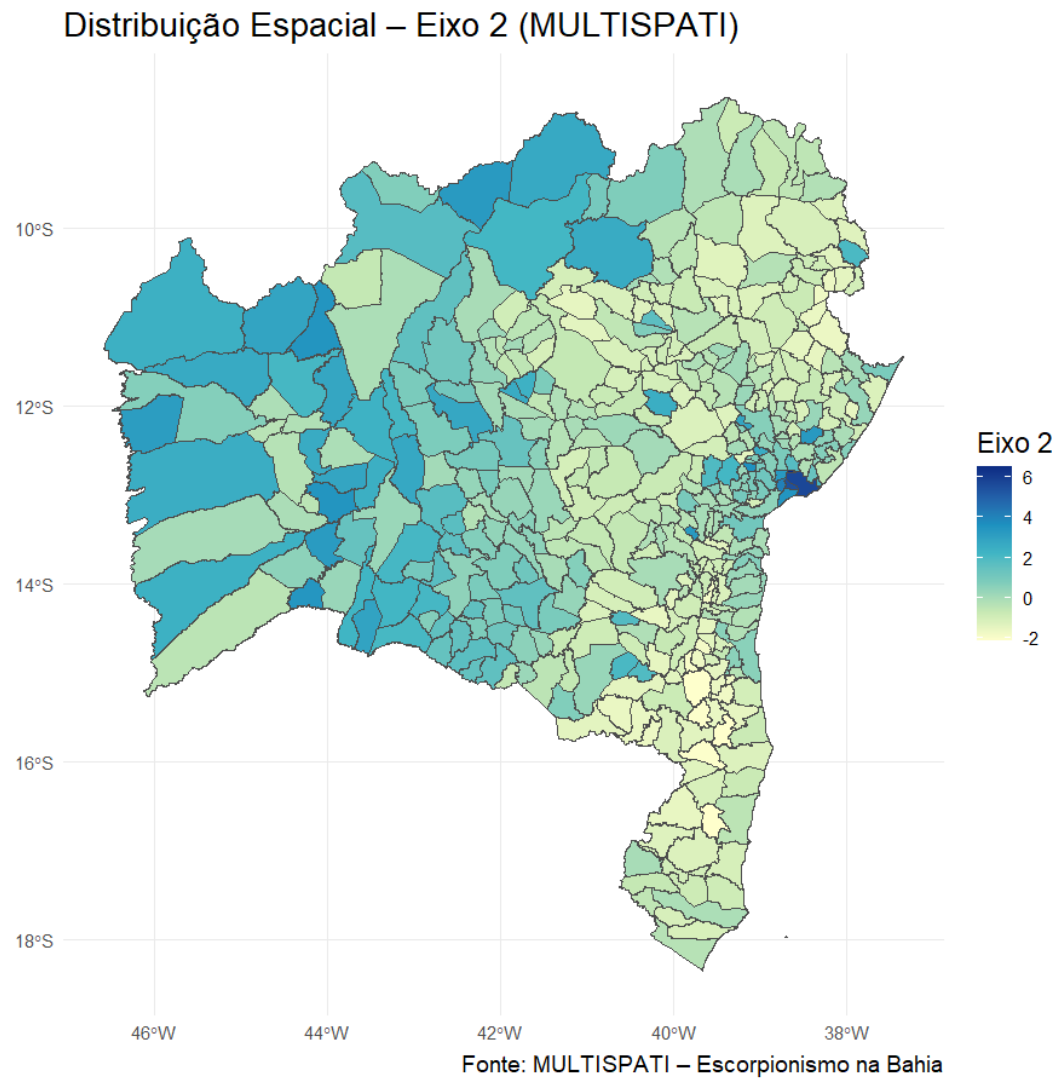


Figura 10. Distribuição espacial dos escores MULTISPATI obtidos para cada município, a partir do eixo CS2 sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, 2007 a 2022.

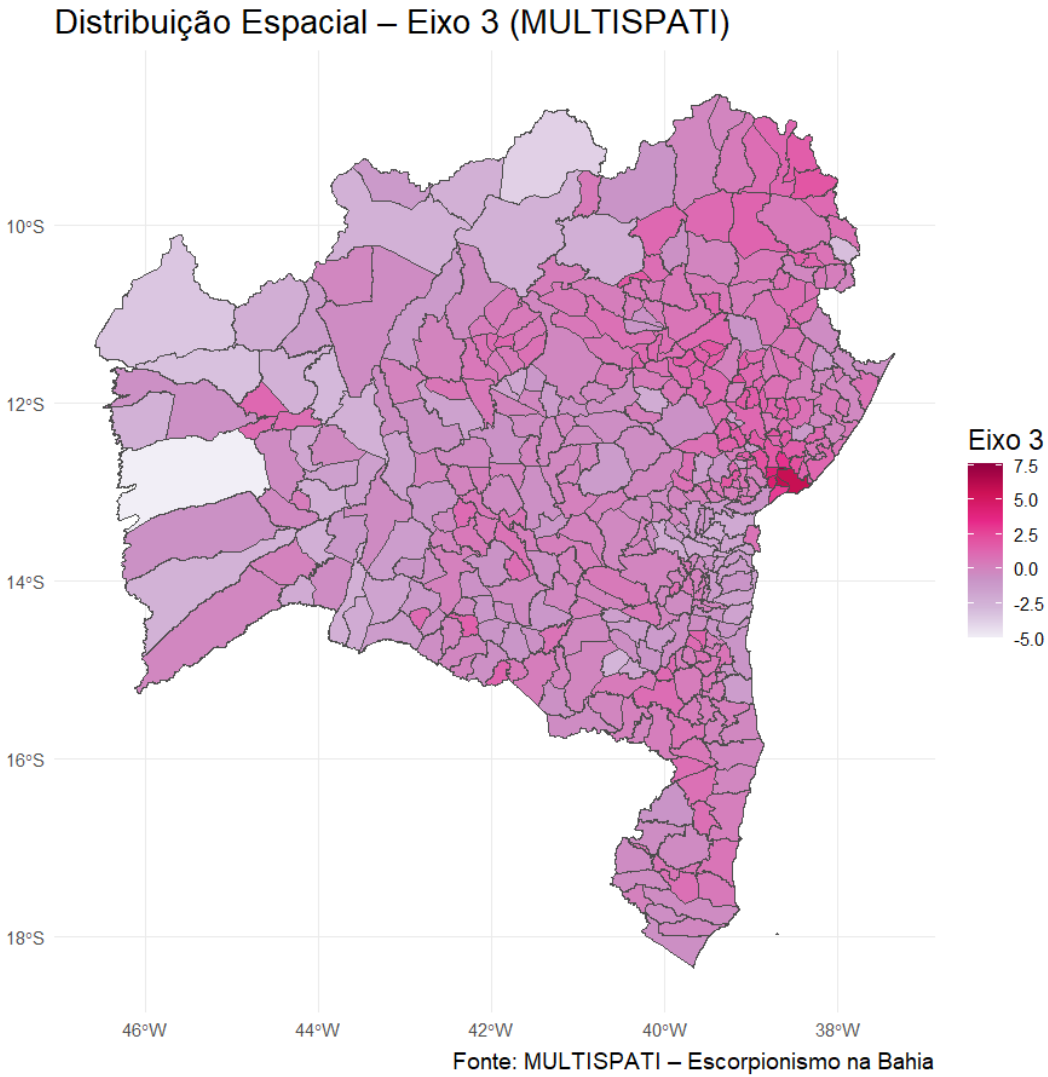


Figura 11. Distribuição espacial dos escores MULTISPATI obtidos para cada município, a partir do eixo CS3 sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, 2007 a 2022.

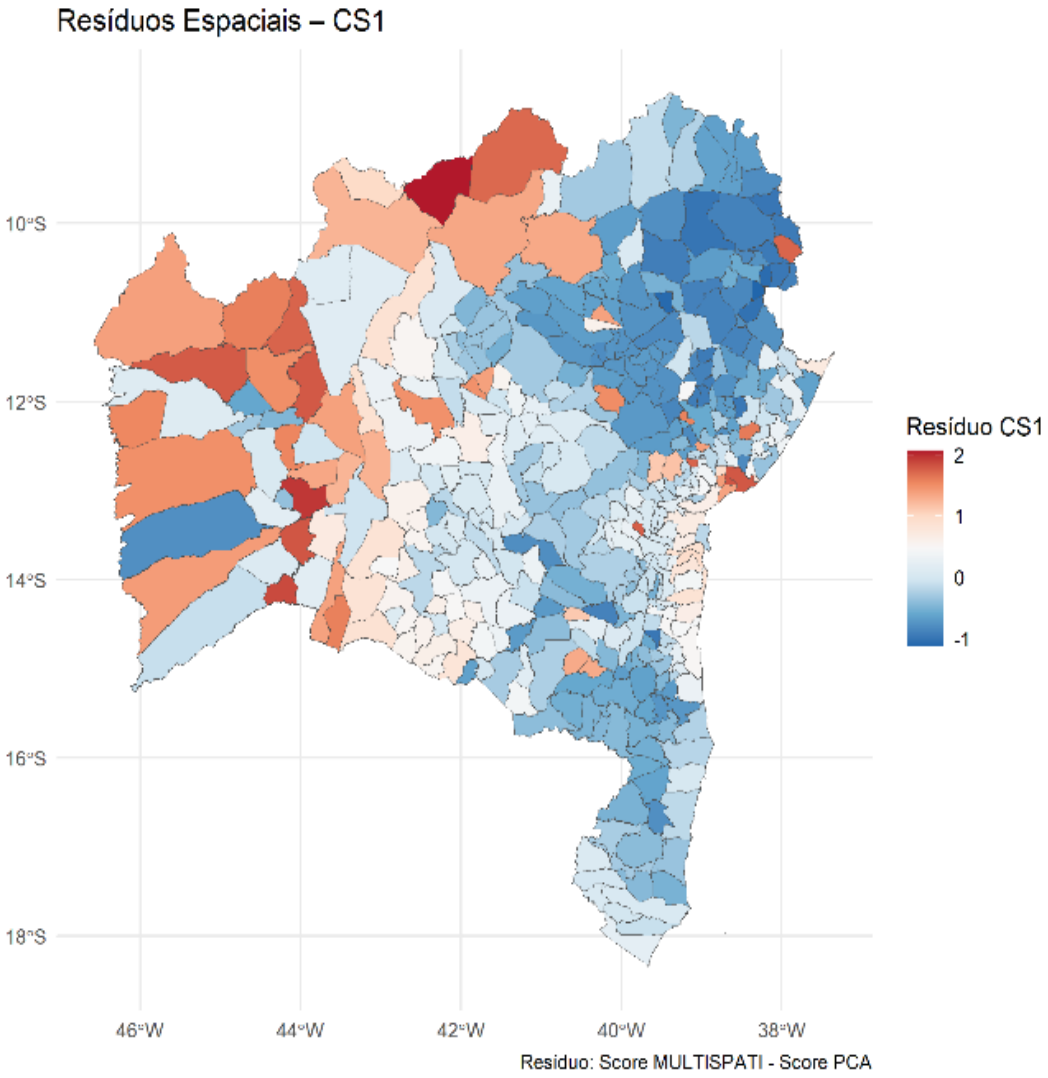


Figura 12. Distribuição espacial dos resíduos (PCA – MULTISPATI) obtidos para cada município, a partir do eixos CS1, sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia. 2017 a 2022.

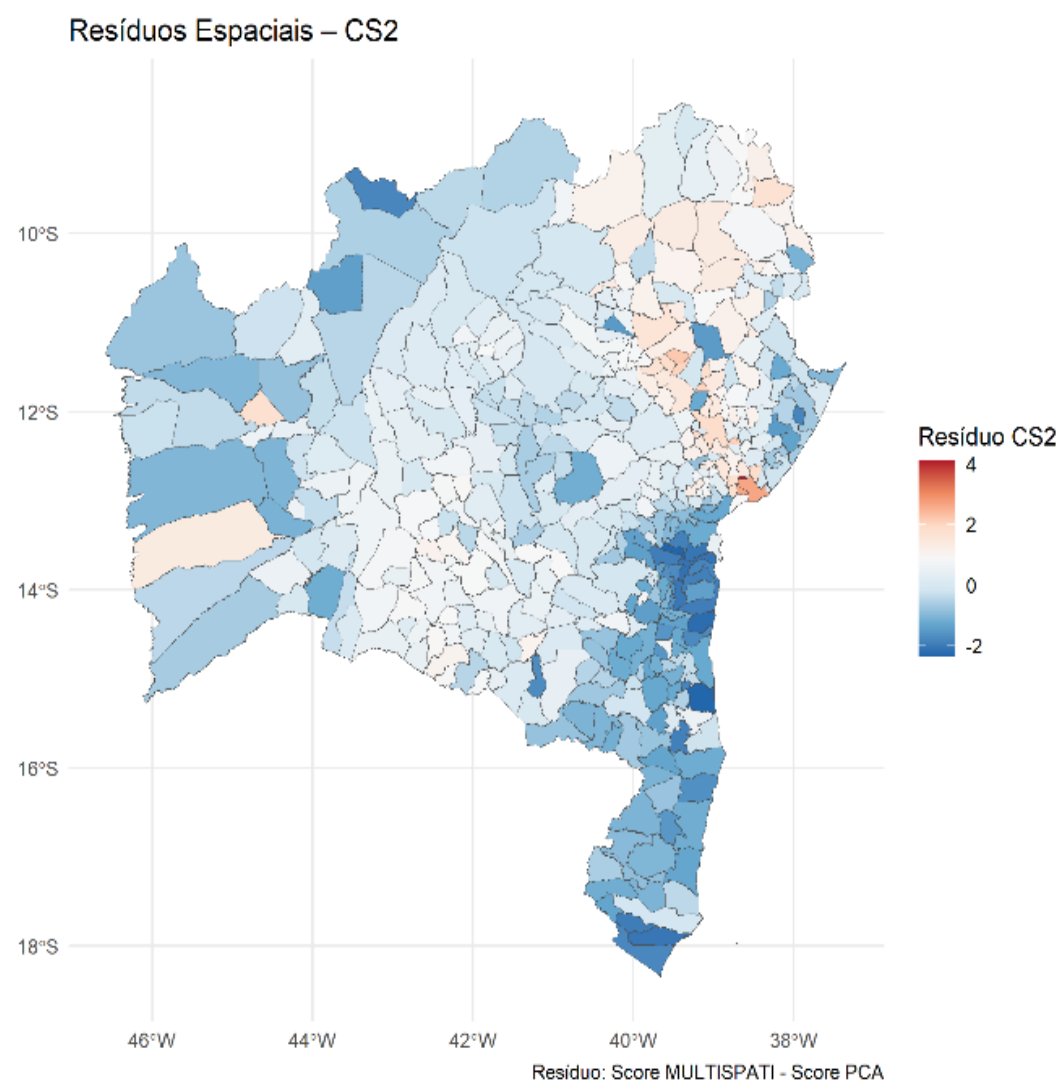


Figura 13. Distribuição espacial dos resíduos (PCA – MULTISPATI) obtidos para cada município, a partir do eixo CS2, sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia. 2017 a 2022.

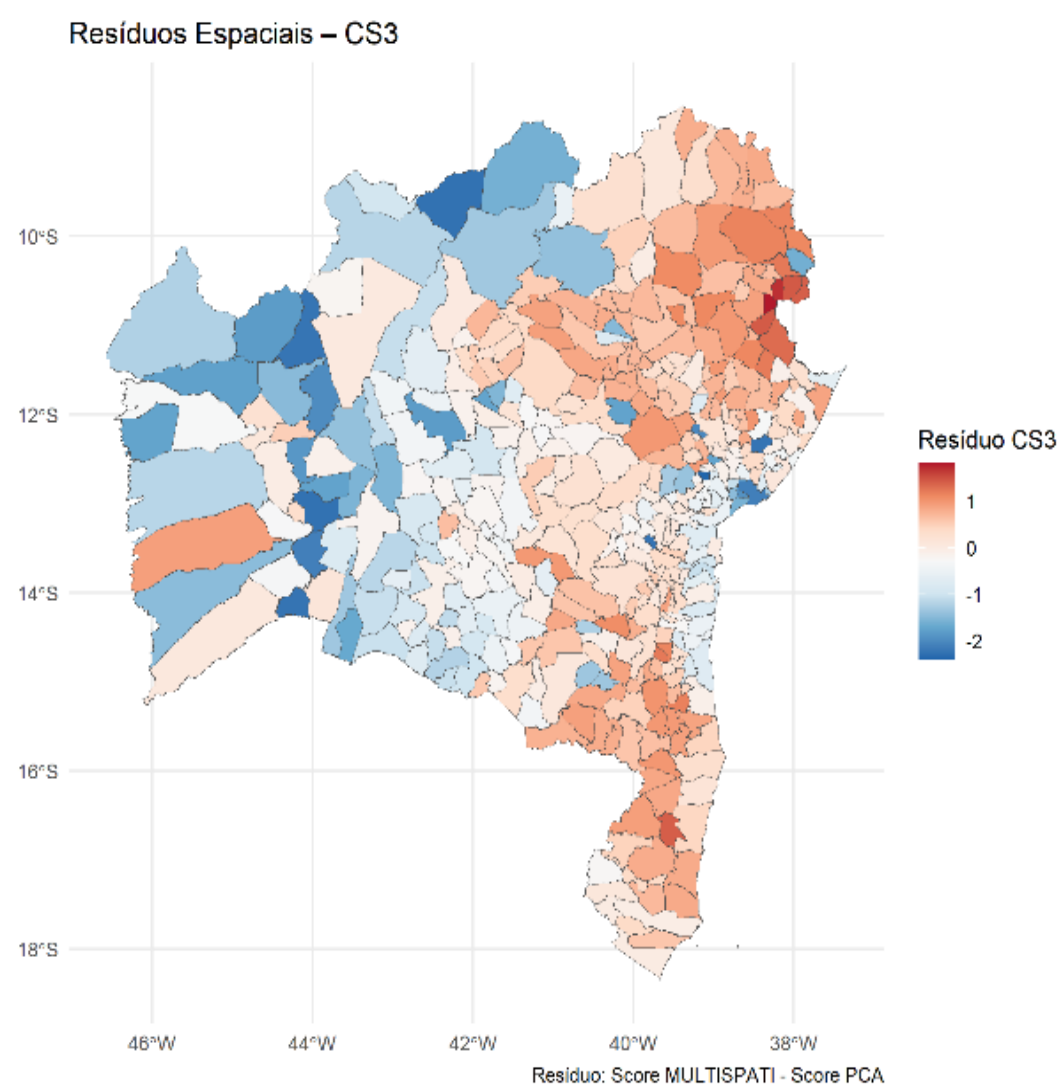


Figura 14. Distribuição espacial dos resíduos (PCA – MULTISPATI) obtidos para cada município, a partir do eixo CS3, sobre os acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia. 2017 a 2022.

As correlações entre a incidência de escorpionismo e os eixos espaciais foram avaliadas. O CS1 apresenta correlação positiva com a incidência ($r \approx 0,43$), indicando que as variáveis ambientais capturadas neste eixo estão diretamente associadas ao aumento da incidência, o CS2 possui correlação próxima de zero, sugerindo menor associação direta. O Eixo CS3 apresenta correlação negativa, sugerindo que áreas com maior vulnerabilidade social podem não ter o mesmo padrão de incidência, talvez por questões de subnotificação (Figuras 21 a 23, apêndice E).

A análise realizada para comparação dos scores MULTISPATI entre dois períodos (2007 – 2016 e 2017 - 2020), sugerem que os scores espaciais do Eixo CS1 aumentaram significativamente entre os dois períodos em municípios como Seabra, Barreiras e Vitória da Conquista, apontando intensificação de fatores ambientais de risco. Em contrapartida, houve redução dos scores espaciais em municípios do Norte, indicando possível alteração no perfil ambiental ou melhoria no controle vetorial. Os Eixos CS2 e CS3 também apresentaram mudanças, mas menos intensas, refletindo dinâmicas mais localizadas de variação climática e vulnerabilidade social. (Figuras 24 a 26; Apêndice E).

A análise de aplicação do critério de Classificação Espacial da Prioridade de Vigilância gerou uma tipologia de vigilância em três níveis, conforme ilustrado na Figura 15.

A aplicação do critério de classificação espacial para vigilância em escorpionismo no estado da Bahia, conforme evidenciado pelo mapa, permite a delimitação estratégica dos municípios segundo três níveis de prioridade: alta, média e baixa. Esta tipologia, baseada na análise espacial integrada (MULTISPATI), oferece uma ferramenta essencial para o direcionamento eficiente das ações de vigilância, prevenção e controle do agravo. Observa-se uma grande concentração de municípios classificados com prioridade “alta” (em vermelho) distribuídos principalmente nas regiões sudoeste, centro-sul, litoral sul, extremo sul e oeste do estado.

Do total de 417 municípios baianos, a alta prioridade foi atribuída a 67 municípios (16,1%), distribuídos principalmente em regiões com densidade urbana intermediária, alto índice de vulnerabilidade e presença de fatores ambientais e estruturais favoráveis à manutenção dos escorpiões e à exposição humana; foram classificados em média prioridade a maior parte dos municípios (331 municípios, 79,4%), caracterizados por perfis intermediários nos scores espaciais ou incidência; e a baixa prioridade foi atribuída a

19 municípios (4,5%), localizados principalmente no norte e extremo oeste do estado, onde a ausência de casos e fatores de risco estruturais são mais marcantes. A distinção entre municípios de baixa incidência real e ausência de notificação foi parcialmente contornada pelo uso de loginesc, favorecendo uma abordagem mais realista frente aos problemas de subnotificação.

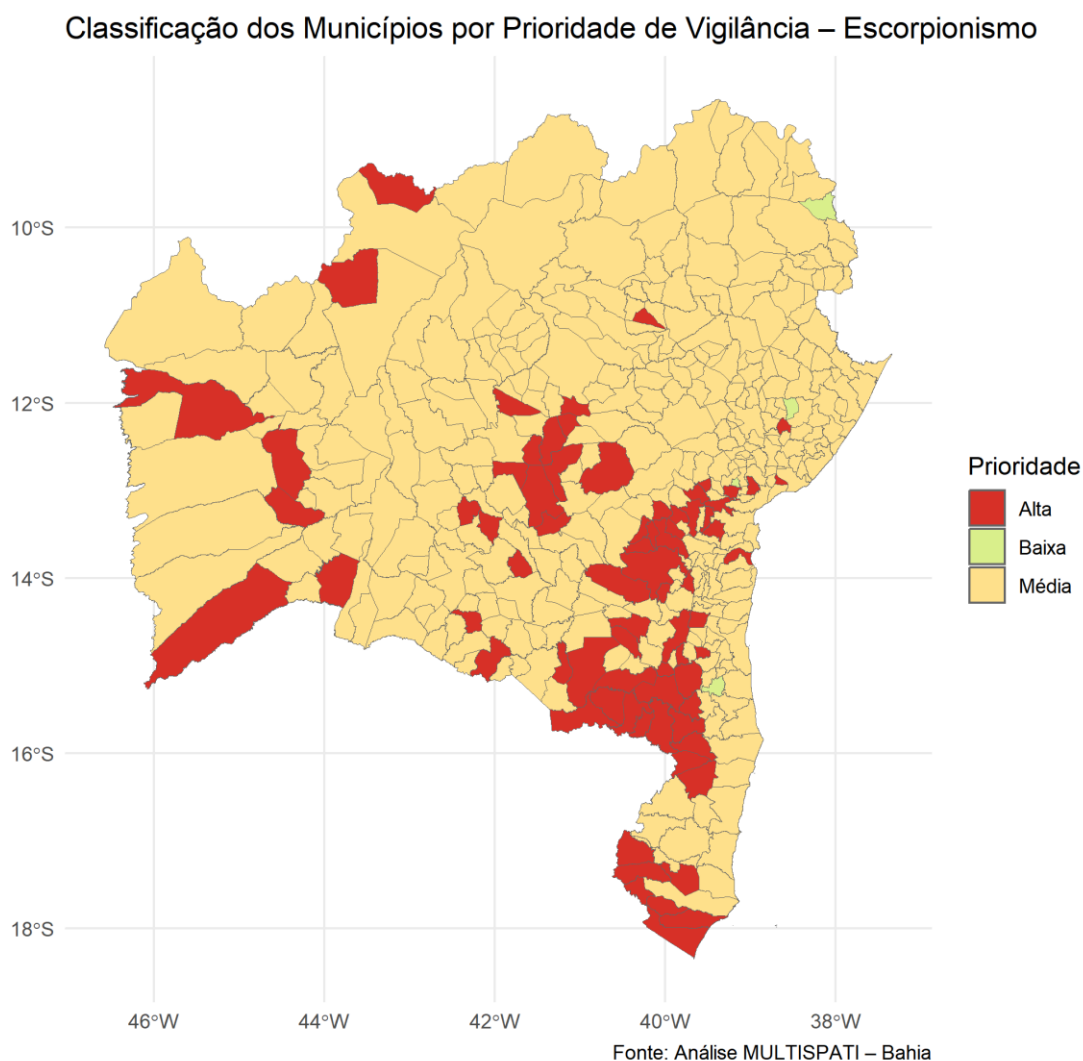


Figura 15. Classificação dos municípios da Bahia quanto à prioridade para ações de vigilância do escorpionismo, conforme análise MULTISPATI e incidência log-transformada (loginesc). Cores: vermelho (alta prioridade), amarelo (média), verde claro (baixa).

A maioria dos municípios do estado encontra-se classificada como de prioridade “média” (em amarelo), o que representa áreas que, embora não apresentem níveis extremos de incidência, requerem atenção contínua e monitoramento sistemático, dado seu potencial de transição para níveis mais críticos caso não sejam implementadas medidas preventivas. Estes territórios configuram uma zona de atenção intermediária, que deve ser acompanhada com base em indicadores dinâmicos, inclusive ambientais e

climáticos. Por outro lado, os municípios de prioridade “baixa” (em verde) são numericamente poucos e estão concentrados em regiões mais ao norte e nordeste do estado. Ainda que apresentem menor risco atual, é importante considerar a possibilidade de subnotificação, dificuldades de acesso aos serviços de saúde ou baixa capacidade de registro e investigação de casos, o que pode mascarar a real situação epidemiológica nessas áreas.

5.6 Discussão

Os dados do estudo evidenciam um aumento significativo no número de agravos ocasionados por escorpiões na Bahia, especialmente nos municípios das mesorregiões do Extremo Oeste e Centro-Sul. As análises espaciais mostraram casos distribuídos por quase todo o território baiano, com crescimento no número de municípios que apresentaram altas e intensas taxas de incidência ao longo do período. Municípios com valores nulos ou próximos de zero em anos consecutivos podem indicar tanto a ausência real de casos, quanto áreas com população rural dispersa e baixa densidade, ou ainda deficiência na notificação, muitas vezes associada à descontinuidade dos serviços de vigilância.

A Bahia se destaca pela expressiva quantidade de municípios com intensa incidência de acidentes, corroborando estudos anteriores (Biz et al., 2021; Machado et al., 2023) que apontam o estado como o de maior número de casos e taxa de incidência da Região Nordeste. Amado et al. (2021) também indicaram as áreas Norte e Nordeste do Brasil como prioritárias em termos de risco de exposição. A maioria dos agravos é causada por escorpiões, conforme os trabalhos de Biz et al. (2021) e Machado et al. (2023), que identificaram esses acidentes como os mais frequentes entre os provocados por animais peçonhentos. Esses achados reforçam a necessidade de mais estudos sobre a distribuição e ocorrência dos acidentes escorpiônicos, visando compreender sua epidemiologia em relação a fatores ambientais e antrópicos, de modo a reduzir os riscos à saúde humana.

A análise espacial e temporal da incidência na Bahia revelou que o escorpionismo está associado a uma complexa rede de fatores ambientais, antrópicos e climáticos. Entre os determinantes mais relevantes destacam-se a urbanização desordenada e a expansão urbana, pois a proliferação de escorpiões está intimamente relacionada ao crescimento urbano não planejado, caracterizado pelo acúmulo de entulhos,

resíduos sólidos e ausência de saneamento básico. O ambiente urbano favorece a adaptação dos escorpiões, especialmente da espécie *Tityus serrulatus*, amplamente distribuída no país e com capacidade de reprodução partenogenética, o que intensifica sua expansão territorial. As mudanças climáticas também têm papel expressivo no avanço do escorpionismo. Temperaturas elevadas, verões prolongados e padrões irregulares de precipitação criam condições ideais para a sobrevivência e dispersão desses animais, que preferem climas quentes e secos. O aquecimento global pode, portanto, estar influenciando a redistribuição geográfica da espécie. A degradação ambiental, decorrente da remoção da vegetação nativa e destruição de habitats naturais, força o deslocamento dos escorpiões para áreas urbanas e contribui para o desequilíbrio ecológico, reduzindo a presença de predadores naturais, como aves, sapos e lagartos.

As deficiências nos sistemas de vigilância e controle agravam o quadro, uma vez que a falta de programas estruturados e de ações educativas dificulta a detecção precoce de focos e compromete a conscientização da população. Muitos municípios baianos ainda enfrentam limitações operacionais e logísticas, com escassez de equipes técnicas para o monitoramento entomológico e o atendimento às vítimas, o que contribui para a persistência do problema. O aumento dos acidentes está relacionado à capacidade de adaptação dos escorpiões a ambientes humanos — característica sinantrópica —, o que amplia as chances de contato e envenenamento (Barbosa, 2016). Ainda assim, os dados obtidos neste estudo oferecem uma visão abrangente sobre a ocorrência desses acidentes na Bahia. Ressalta-se, contudo, que o uso de dados secundários, públicos, está sujeito a revisões e correções, além de possíveis limitações decorrentes da subnotificação e irregularidades nos registros.

Os resultados indicam que o elevado número de casos pode estar associado a alterações ambientais e antrópicas que modificam o habitat, levando os escorpiões a buscar abrigos artificiais com disponibilidade de recursos (Costa, 2011). Esses abrigos podem estar em áreas urbanas, próximas à mata nativa, em locais de edificações irregulares ou zonas rurais afetadas por atividades agropecuárias. Lisboa et al. (2020) apontam maior ocorrência de acidentes em áreas rurais com alterações ambientais que facilitam a migração dos escorpiões para áreas urbanas.

A modelagem espacial, ao integrar variáveis climáticas, ambientais e socioeconômicas, revelou a complexidade do fenômeno e mostrou que o escorpionismo está condicionado por múltiplos fatores territoriais. Variáveis como temperatura média anual, sazonalidade térmica e temperatura no trimestre mais seco apresentaram associação positiva com a ocorrência do agravo. Oscilações térmicas diárias influenciam diretamente o comportamento, fisiologia e reprodução dos escorpiões, favorecendo sua presença em ambientes urbanos. Esses achados corroboram estudos que relacionam o escorpionismo às mudanças climáticas e à irregularidade dos regimes de precipitação (Martinez et al., 2018; Hidan et al., 2019; Rafinejad et al., 2020; Ghorbani et al., 2021).

A precipitação no mês mais seco também se mostrou significativa, sugerindo que a escassez de chuvas extremas favorece a criação de microambientes propícios à infestação, devido à menor umidade e maior disponibilidade de abrigos secos. Durante períodos de seca, os escorpiões tendem a invadir ambientes urbanos em busca de umidade e alimento, aumentando o risco de acidentes, especialmente em locais com acúmulo de lixo, entulho e falta de saneamento. Assim, períodos mais quentes e secos favorecem a sobrevivência, reprodução e aproximação desses animais de áreas habitadas.

Entre as variáveis territoriais, a área de corpos d'água e a variação na área de pastagens na última década mostraram correlação com a transformação do uso do solo, marcada pela expansão urbana e substituição de áreas vegetadas por estruturas impermeáveis. Essas alterações criam ambientes antrópicos altamente favoráveis a espécies como *Tityus serrulatus*. O Índice de Degradação Ambiental também indicou que áreas com maior comprometimento ecológico apresentam maior incidência de escorpionismo, evidenciando a importância de se considerar a qualidade ambiental como fator modulador do risco.

A inclusão do Índice de Vulnerabilidade Social (Capital Humano) entre as variáveis mais relevantes reforça o papel dos determinantes sociais na distribuição do escorpionismo. Municípios com menor capital humano, refletido em piores indicadores de educação e saúde, apresentaram maior incidência, possivelmente devido à menor difusão de informações preventivas, limitações nos serviços de saúde e ausência de ações contínuas de vigilância e controle. Dessa forma, os achados indicam que o escorpionismo na Bahia está enraizado em uma teia multifatorial, influenciada por condições ambientais,

climáticas e socioeconômicas. É necessário desenvolver estratégias intersetoriais que integrem ações de saúde pública, planejamento urbano, preservação ambiental e redução das desigualdades sociais.

A distribuição espacial das incidências anuais apresentou relativa estabilidade geográfica, com destaque para municípios de média e alta densidade urbana nas regiões Centro-Sul, Centro-Norte e Leste, que mantiveram elevadas taxas de incidência. Esse padrão sugere a persistência de determinantes estruturais favoráveis ao risco, como urbanização acelerada e infraestrutura precária. Houve, contudo, variação na intensidade dos surtos entre os anos, com picos em 2014, 2018 e 2020, seguidos de períodos de declínio, possivelmente associados a fatores climáticos, contextos sociais e sanitários, como os impactos da pandemia de COVID-19, e inconsistências nos sistemas de notificação. Esses padrões reforçam a necessidade de abordagens integradas que considerem tanto os determinantes ambientais quanto a capacidade institucional de resposta.

A análise LISA confirmou padrões espaço-temporais estáveis e significativos. A persistência desses clusters está relacionada a fatores como expansão urbana desordenada, acúmulo de lixo, clima seco, solos arenosos e falhas estruturais no saneamento. Clusters Low-Low em áreas do norte e nordeste podem refletir menor ocorrência real ou subnotificação, e sua variação ao longo dos anos pode indicar mudanças na vigilância ou em fatores ambientais locais. Já os agrupamentos High-Low e Low-High, embora menos frequentes, são essenciais para o monitoramento, pois apontam áreas emergentes de risco ou inconsistências entre municípios vizinhos. A autocorrelação local permite identificar áreas prioritárias de intervenção, orientando ações específicas de controle, como educação em saúde, manejo ambiental e vigilância entomológica. A evolução dos clusters demonstra a importância de análises contínuas, dado que o padrão espacial do escorpionismo é dinâmico e sujeito a mudanças climáticas, de uso do solo e da estrutura urbana. Agrupamentos com alta incidência sugerem necessidade de vigilância prioritária, enquanto áreas com comportamento discrepante demandam abordagens sensíveis às suas especificidades territoriais.

As maiores incidências concentram-se em regiões de alta densidade populacional e urbanização contínua, como Feira de Santana, Vitória da Conquista, Jequié

e municípios do Sudoeste. Esses agrupamentos configuram zonas críticas persistentes. Já as áreas de baixa incidência, geralmente rurais e de menor densidade, podem refletir tanto baixa ocorrência real quanto subnotificação. Municípios como Itabuna, Jequié, Barreiras e Feira de Santana formaram clusters persistentes de alta intensidade, demandando ações estruturadas de controle, educação e planejamento urbano. Por outro lado, clusters Low-Low podem representar reservas ecológicas com menor pressão urbana, mas exigem avaliação sobre a capacidade de detecção e registro de casos.

A tipologia de vigilância construída a partir do modelo espacial mostrou-se uma ferramenta eficaz para regionalizar respostas em saúde pública, otimizando recursos e priorizando ações conforme critérios objetivos. Municípios com alta prioridade concentram fatores estruturais, como alta densidade populacional, precariedade habitacional, urbanização desordenada e transição urbano-rural, associados à elevada incidência. O componente CS1 mostrou-se útil como indicador sintético de risco ambiental e social, podendo orientar gestores na alocação de recursos, inspeções, controle vetorial e campanhas educativas. Essa metodologia também pode ser aplicada a outros agravos negligenciados com componente espacial. Assim, a incorporação da dimensão espacial às estratégias de vigilância fortalece o princípio da equidade, reconhecendo que o risco não é homogêneo e que diferentes territórios requerem respostas específicas. A crescente incidência e expansão territorial do escorpionismo na Bahia evidenciam a urgência de políticas públicas integradas envolvendo meio ambiente, saúde, saneamento e educação, em consonância com os ODS, especialmente nas regiões mais vulneráveis.

O estudo evidencia a complexidade e os desafios do escorpionismo como problema de saúde pública na Bahia. A análise de 16 anos, relacionando fatores ambientais e antrópicos, reforça a importância de compreender suas dinâmicas espaciais e temporais. O aumento da incidência, sobretudo nas regiões Centro-Sul e Extremo Oeste, revela a necessidade de políticas públicas mais eficazes de prevenção e controle. A interação entre urbanização acelerada, mudanças no uso da terra e vulnerabilidade social amplia o risco, especialmente nas áreas mais populosas. A identificação de aglomerados de alto risco ao longo do tempo demonstra que a falta de políticas regionais agrava o problema e impacta negativamente a saúde das populações vulneráveis. Portanto, este estudo amplia o conhecimento sobre as características epidemiológicas do escorpionismo na Bahia e oferece subsídios para formulação de políticas públicas integradas e baseadas em dados.

O enfrentamento do escorpionismo exige uma abordagem que considere as interações entre fatores ambientais, sociais e econômicos, visando reduzir a morbimortalidade e melhorar a qualidade de vida da população baiana.

5.7 Conclusão

O escorpionismo na Bahia apresentou crescimento expressivo entre 2007 e 2022, com padrões espaciais heterogêneos e núcleos persistentes de alta incidência no centro-sul, sudoeste e extremo oeste do estado. A análise multivariada evidenciou que fatores ambientais, climáticos e sociais — como variação térmica, precipitação reduzida, degradação ambiental, expansão de pastagens e elevada vulnerabilidade social — estão fortemente associados ao risco de acidentes, especialmente em áreas urbanas em expansão e com infraestrutura precária.

A classificação dos municípios por prioridade de vigilância demonstrou que cerca de 16% do território baiano demanda ações intensivas de prevenção e controle. Os resultados reforçam a necessidade de políticas públicas intersetoriais, que integrem saúde, meio ambiente, saneamento e planejamento urbano, para mitigar o impacto do escorpionismo e reduzir desigualdades estruturais que ampliam a vulnerabilidade populacional.

5.8 Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

5.9 Referências

ABDALLA, Livia, et al. Statistically enriched geospatial datasets of Brazilian municipalities for data-driven modeling. (2022) Scientific Data. 9:489 | <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01581-2>

Amado, TF, Moura, TA, Riul, P., Lira, AFDA, Badillo-Montaña, R., & Martinez, PA (2021). Áreas vulneráveis a acidentes com escorpiões no Brasil. *Medicina Tropical e Saúde Internacional*, 26 (5), 591-601.

Bahia. Secretaria da saúde. Boletim de Toxicovigilância: acidentes por animais peçonhentos na Bahia. Salvador: SESAB; 2019. Disponível em: http://www.saude.ba.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/boletim-epidemiologico-animais-pe%C3%A7onhentos_agosto2019-V_3.pdf. Acesso em 2 de março de 2023;

BAHIA. Secretaria de Saúde do Estado da Bahia. SUREGS. DIPRO. Plano Diretor de Regionalização. Resolução CIB: nº 132 de 20/09/2007 e nº 57 de 27 de março de 2008. Disponível em: http://www1.saude.ba.gov.br/mapa_bahia/PDR_POP-2007_atualizado_em_16-04-2008.pdf.

Barbosa, A.R., 2016. Sinantrópicos peçonhentos: Sistema de Notificação de Acidentes e Considerações biológicas.

BATES, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48.

Biz, M.E.Z., Azeredo, G.C.C., Junior, J.F., Panhoca, H.D., Souza, T.M., de, C., Crovador, M.C., Cavalheiro, P.P., Reis, B.C.C., 2021. Perfil epidemiológico em território brasileiro dos acidentes causados por animais peçonhentos: retrato dos últimos 14 anos. *Rev. Eletrônica Acervo Saúde* 13, e9210. <https://doi.org/10.25248/reas.e9210.2021>.

BIVAND, R. S.; PEBESMA, E.; GÓMEZ-RUBIO, V. *Applied Spatial Data Analysis with R*. 2. ed. New York: Springer, 2013.

Bolker, B. M. et al. (2009). Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(3), 127–135.

BRASIL, IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base Cartográfica. São Paulo. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html>.

BRASIL, IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto. São Paulo. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: mar 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde; DataSus; TabNet. Dados Epidemiológicos e Morbidade. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/doencas-e-agrivos-de-notificacao-2001-a-2006-sinan/> . Acesso em: maio 2024a.

Brasil. Ministério da Saúde. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). 2024. Disponível em < <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sinannet/cnv/animaisba.def>>. Acesso em novembro de 2024.

BRASÍLIA. IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros. Brasília: Ipea, 2015.

BRAZIL, T.K.; PORTO, T.J. Escorpiões. EDUFBA. Salvador 2010.

CHESSEL, D. et al. The ade4 package – Analysis of Ecological Data: Exploratory and Euclidean Methods in Environmental Sciences. *Journal of Statistical Software*, [S.I.], v. 22, n. 4, p. 1–31, 2007. DOI: 10.18637/jss.v022.i04.

Costa, B.C., 2011. Fatores de riscos para acidentes com escorpiões: uma revisão ao de literatura. Univ. Fed. Minas Gerais Curso 1–24.

De Santana, Vivian Tallita Pinheiro; BARROS, Juliana Oliveira; SUCHARA, Eliane Aparecida. (2015). Aspectos clínicos e epidemiológicos relacionados a acidentes com animais peçonhentos. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, v. 14, n. 2, p. 153-159, 2015. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/13079> Acesso em em 2 mar 2023;

DRAY, S.; DUFOUR, A. B. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, v. 22, n. 4, p. 1–20, 2007. DOI: 10.18637/jss.v022.i04.

Dray, S., Saïd, S., & Débias, F. (2008). Spatial ordination of vegetation data using a generalization of Wartenberg's multivariate spatial correlation. *Journal of Vegetation Science*, 19(1), 45–56. <https://doi.org/10.3170/2007-8-18312>

DRAY, S. et al. Spatial multivariate analysis by duality diagram. *Journal of Statistical Software*, v. 63, n. 1, p. 1–20, 2015. DOI: 10.18637/jss.v063.i01.

El Hidan, M. A., Kahime, K., Ait Laaradia, M., Bouimeja, B., Aabadi, F., Ait Mansour, A., ... & Chait, A. (2019). Climate change, scorpion ecology, and envenomation: what are the links?. In *Handbook of Research on Global Environmental Changes and Human Health* (pp. 460-474). IGI Global.

GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Panetary-scalegeospastial analysis for everyone. *Remote Sensing Environment*, v, 202, p.18-27, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.

Ghorbani, A., Mansouri, B., & Baradaran, M. (2021). Effects of climate variables on the incidence of scorpion stings in Iran for five years. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 27, e20200110.

HENRY, L.; WICKHAM, H. readxl: Read Excel Files. R package version 1.4.3, 2024. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>.

HIJMANS, R. J. RColorBrewer: ColorBrewer Palettes. R package version 1.1-3, 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=RColorBrewer>.

Hs, B., Dw, A., Dci, A., 2017. Acidentes com animais peçonhentos notificados em um hospital escola. *Varia Sci. - Ciências da Saúde* 3, 194–200.

LEFF, E. *Epistemologia ambiental*. 2ª edição. São Paulo: Cortez. 240pp. 2002

LIMA-COSTA, M. F.; BARRETO, S. M. (2003). Tipos de estudos epidemiológicos: conceitos básicos e aplicações na área do envelhecimento. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 12, n. 4, p. 189–201.

Lisboa, NS, Boere, V., & Neves, FM (2020). Escorpionismo no extremo sul da Bahia, Brasil, 2010-2017: perfil dos casos e fatores associados à gravidade. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* , 29. <https://doi: 10.5123/S1679-49742020000200005>

Lobão, L.M., Rodrigues, B.S. de S.L., 2019. Mudanças ambientais de origem antrópica e sua relação com o adoecimento humano. *RSD* 1, 1–19. <https://doi.org/10.4322/2675-133X.2022.003>

Luna, L. I. (2021). Application of PCA with georeferenced data in the tourism industry: A case study in the province of Córdoba, Argentina. *Tourism Economics*, 28(2), 559-579. <https://doi.org/10.1177/1354816620987681> (Original work published 2022)

Machado, J.P.V., Lima, P.D., Alencar, V.J.B., Costa, L.M.L., Paz, W.S. da, Ramos, R.E.S., Santos, I.G. de A., Bezerra, L.P., 2023. Incidence related to accidents caused by venomous animals in the Northeast Region of Brazil: a spatial approach and spatio-temporal retrospective (2008 to 2017). *Acta Tropica* 239, 106786. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106786>

MARGUTI, Barbara Oliveira et al. In: IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. A NOVA PLATAFORMA DA VULNERABILIDADE SOCIAL: Primeiros Resultados do Índice de Vulnerabilidade Social para a Série Histórica da PNAD (2011-2015) e Desagregações por Sexo, Cor e Situação de Domicílios. Rio de Janeiro, 2018 (Relatório Institucional).

Martinez, P. A., Andrade, M. A., & Bidau, C. J. (2018). Potential effects of climate change on the risk of accidents with poisonous species of the genus *Tityus* (Scorpiones, Buthidae) in Argentina. *Spatial and spatio-temporal epidemiology*, 25, 67-72.

PEBESMA, E. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, v. 10, n. 1, p. 439–446, 2018. (relacionado ao pacote sf). DOI: 10.32614/RJ-2018-009

PEDERSEN, T. L. patchwork: The Composer of Plots. R package version 1.1.3, 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=patchwork>.

PORTO, Tiago Jordão; BRAZIL, Tania Kobler; LIRA-DA-SILVA, Rejâne Maria. (2010). Scorpions, state of Bahia, northeastern Brazil. *Check List*, v. 6, n. 2, p. 292-297. Disponível em: <https://www.biotaxa.org/cl/article/view/6.2.292>. Acesso em 2 mar 2023;

Rafinejad, J., Shahi, M., Navidpour, S., Jahanifard, E., & Hanafi-Bojd, A. A. (2020). Effect of climate change on spatial distribution of scorpions of significant public health importance in Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 13(11), 503-514.

SANTOS, T. C.; COSTA, M. A. F. (2015). Um olhar sobre a educação ambiental expressa nas diretrizes curriculares nacionais para a educação ambiental. *Revista Práxis*, v. 3, n. 13. p. 2176-9230

SIQUEIRA, J. MapBiomass User Toolkit Download version 1.19.0. 2023. Disponível em: <http://github.com/mapBiomass-brazil/user-toolkit>. Acesso em: 2 jan2024.

SOUZA JUNIOR, C.M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote sense*. V.2, p.2735, 2020. <http://doi.org/10.3390/rs12172735>

WICKHAM, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York: Springer-Verlag, 2016.

WICKHAM, H. et al. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, v. 4, n. 43, p. 1686, 2019. DOI: 10.21105/joss.01686.

Wickham H, Hester J, Bryan J (2024). *readr: Read Rectangular Text Data*. R package version 2.1.5, <https://github.com/tidyverse/readr>, <https://readr.tidyverse.org>.

Wood, S.N. (2017). *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. CRC Press.

World Health Organization. Rabies and envenomings : a neglected public health issue : report of a consultative meeting, World Health Organization, Geneva, 10 January 2007.

World Health Organization. Disponível em:

<<https://apps.who.int/iris/handle/10665/43858>>. Acesso em 2 de março de 2023.

6 APÊNDICES E ANEXOS

6.1 APÊNDICE A – Ficha de Notificação de Animais Peçonhentos do SINAN

República Federativa do Brasil Ministério da Saúde		SINAN SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO FICHA DE INVESTIGAÇÃO		Nº
ACIDENTES POR ANIMAIS PEÇONHENTOS				
CASO CONFIRMADO: Paciente com evidências clínicas de envenenamento, específicas para cada tipo de animal, independentemente do animal causador do acidente ter sido identificado ou não. Não há necessidade de preenchimento da ficha para casos suspeitos.				
Dados Gerais	1 Tipo de Notificação	2 - Individual		
	2 Agravado/doença	ACIDENTES POR ANIMAIS PEÇONHENTOS		3 Data da Notificação
	4 UF	5 Município de Notificação	Código (IBGE)	
Notificação Individual	6 Unidade de Saúde (ou outra fonte notificadora)	Código	7 Data dos Primeiros Sintomas	
	8 Nome do Paciente	9 Data de Nascimento		
	10 (ou) Idade	11 Sexo M - Masculino F - Feminino I - Ignorado	12 Gestante	13 Raça/Cor
Dados de Residência	14 Escolaridade	15 Número do Cartão SUS		
	16 Nome da mãe	17 UF		
	18 Município de Residência	Código (IBGE)	19 Distrito	
Dados Complementares do Caso	20 Bairro	21 Logradouro (rua, avenida, ...)	Código	
	22 Número	23 Complemento (apto., casa, ...)	24 Geo campo 1	
	25 Geo campo 2	26 Ponto de Referência	27 CEP	
Antecedentes Epidemiológicos	28 (DDD) Telefone	29 Zona	30 País (se residente fora do Brasil)	
	31 Data da Investigação	32 Ocupação	33 Data do Acidente	
	34 UF	35 Município de Ocorrência do Acidente	Código (IBGE)	36 Localidade de Ocorrência do Acidente
Dados Clínicos	37 Zona de Ocorrência	38 Tempo Decorrido Picada/Atendimento	39 Local da Picada	
	40 Manifestações Locais	41 Se Manifestações Locais Sim, especificar:	42 Manifestações Sistêmicas	
	43 Se Manifestações Sistêmicas Sim, especificar:	44 Tempo de Coagulação		
Dados do Acidente	45 Tipo de Acidente	46 Serpente - Tipo de Acidente	47 Aranha - Tipo de Acidente	
	48 Lagarta - Tipo de Acidente			

Tratamento	49 Classificação do Caso 1 - Leve 2 - Moderado 3 - Grave 9 - Ignorado		50 Soroterapia 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado	
	51 Se Soroterapia Sim, especificar número de ampolas de soro:			
	Antibotrópico (SAB)	Anticrotático (SAC)	Antiaracnídico (SAAr)	Antiloxoscélico (SALox)
	Antibotrópico-lauético (SABL)	Antielaipídico (SAE)	Antiloxoscélico (SALox)	Antilônômico (SALon)
Conclusão	52 Complicações Locais 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado		53 Se Complicações Locais Sim, especificar: 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado ☐ Infecção Secundária ☐ Necrose Extensa ☐ Síndrome Compartimental ☐ Déficit Funcional ☐ Amputação	
	54 Complicações Sistêmicas 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado		55 Se Complicações Sistêmicas Sim, especificar: 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado ☐ Insuficiência Renal ☐ Insuficiência Respiratória / Edema Pulmonar Agudo ☐ Septicemia ☐ Choque	
	56 Acidente Relacionado ao Trabalho 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado		57 Evolução do Caso 1 - Cura 2 - Óbito por acidentes por animais peçonhentos 3 - Óbito por outras causas 9 - Ignorado	
	58 Data do Óbito		59 Data do Encerramento	

Acidentes com animais peçonhentos: manifestações clínicas, classificação e soroterapia			
Tipo	Manifestações Clínicas	Tipo Soro	Nº ampolas
OFIDISMO	Botrópico <i>jararaca jararacuçu urutu caíaca</i>	SAB	2 - 4
	Leve: dor, edema local e equimose discreto		4 - 8
	Moderado: dor, edema e equimose evidentes, manifestações hemorrágicas discretas		12
	Grave: dor e edema intenso e extenso, bolhas, hemorragia intensa, oligoanúria, hipotensão	SAC	5
	Leve: ptose palpebral, turvação visual discretos de aparecimento tardio, sem alteração da cor da urina, mialgia discreta ou ausente		10
	Moderado: ptose palpebral, turvação visual discretos de início precoce, mialgia discreta, urina escura		20
ESCORPIONISMO	Crotático <i>cascavel boicininga</i>	SABL	10
	Grave: ptose palpebral, turvação visual evidentes e intensos, mialgia intensa e generalizada, urina escura, oligúria ou anúria		20
	Laquético <i>surucuru pico-de-jaca</i>	SAEL	10
	Moderado: dor, edema, bolhas e hemorragia discreta		20
	Grave: dor, edema, bolhas, hemorragia, cólicas abdominais, diarreia, bradicardia, hipotensão arterial		10
	Elapídico <i>coral verdadeira</i>	SAEsc ou SAA	2 - 3
ARANISMO	Escorpiônico <i>escorpião</i>		4 - 6
	Leve: dor, eritema e parestesia local	SAA ou SALox	5
	Moderado: sudorese, náuseas, vômitos ocasionais, taquicardia, agitação e hipertensão arterial leve		10
	Grave: vômitos profusos e incoercíveis, sudorese profusa, prostração, bradicardia, edema pulmonar agudo e choque		5
	Loxoscélico <i>aranha-marrom</i>	SAA	2 - 4
	Leve: lesão incaracterística sem aranha identificada		5 - 10
LONONIA	Foneutrismo <i>aranha-armadeira aranha-da-banana</i>		5
	Moderado: lesão sugestiva com equimose, palidez, eritema e edema endurecido local, cefaléia, febre, exantema	SALon	10
	Grave: lesão característica, hemólise intravascular		10
	Leve: dor local	SALon	5
	Moderado: sudorese ocasional, vômitos ocasionais, agitação, hipertensão arterial		10
	Grave: sudorese profusa, vômitos frequentes, priapismo, edema pulmonar agudo, hipotensão arterial		10

Informações complementares e observações			
Anotar todas as informações consideradas importantes e que não estão na ficha (ex: outros dados clínicos, dados laboratoriais, laudos de outros exames e necropsia, etc.)			
Investigador	Município/Unidade de Saúde		Cód. da Unid. de Saúde
	Nome	Função	Assinatura
	Animais Peçonhentos		SVS 19/01/2006

6.2 APÊNDICE B - Dados suplementares sobre Escorpionismo na Bahia

Quadro 2. Denominações de uso em análises (tabela) e descrição das variáveis avaliadas no estudo da incidência do Escorpionismo no Estado da Bahia, no período de 2007 a 2022.

tabela	descrição
nm_mun	Nome do município
geocode	Código do município segundo o IBGE com seis algarismos
cod_mun	Código do município segundo o IBGE com sete algarismos
long	Longitude do centroide do município
lat	Latitude do centroide do município
ano	Ano das observações
inc-lta	Incidência da LTA na BA (valor bruto)
log-inc-lta	Incidência da LTA na BA ($\log(\text{valor bruto}+1)$)
Q01	Índice de Vulnerabilidade Social
Q02	Índice de Vulnerabilidade Social Infraestrutura Urbana
Q03	Índice de Vulnerabilidade Social Capital Humano
Q04	Índice de Vulnerabilidade Social Renda e Trabalho
Q05	Índice de Degradação Ambiental
Q06	Área de cobertura florestal em porcentagem
Q07	Área de campo alagado e área pantanosa em porcentagem
Q08	Área de formação campestre natural em porcentagem
Q09	Área de pastagem em porcentagem
Q10	Área de agricultura em porcentagem
Q11	Área urbanizada em porcentagem
Q12	Área de corpos d'água em porcentagem
Q13	Área de cobertura florestal em porcentagem
Q14	Área de campo alagado e área pantanosa em porcentagem
Q15	Área de formação campestre natural em porcentagem
Q16	Área de pastagem em porcentagem
Q17	Área de agricultura em porcentagem
Q18	Área urbanizada em porcentagem
Q19	Área de corpos d'água em porcentagem
Q20	Temperatura Média Anual
Q22	Variação média da temperatura diária (temperatura máxima - temperatura mínima) - média mensal
Q24	Isoterma idade (BIO02/BIO07*100)
Q26	Sazonalidade térmica (desvio-padrão*100)
Q28	Temperatura máxima do mês mais quente
Q30	Temperatura mínima do mês mais frio
Q32	Amplitude térmica anual (BIO05-BIO06)
Q34	Temperatura média do trimestre mais úmido
Q36	Temperatura média do trimestre mais seco
Q38	Temperatura média do trimestres mais quente
Q40	Temperatura média do trimestres mais frio
Q42	Precipitação anual
Q44	Precipitação do mês mais úmido
Q46	Precipitação do mês mais seco
Q48	Sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação)
Q50	Precipitação do trimestre mais úmido
Q52	Precipitação do trimestre mais seco
Q54	Precipitação do trimestre mais quente
Q56	Precipitação do trimestre mais frio

6.2 APÊNDICE C - Análise comparativa de modelos epidemiológicos para Escorpionismo no Estado da Bahia

Análise de correlação entre as variáveis independentes

A figura 16 demonstra a correlação entre as variáveis independentes avaliadas, observando-se que varia entre -1 a 1, onde -1 indica uma correlação perfeita negativa e +1 uma correlação perfeita positiva e quando mais próximo de 0 menor é a correlação, o que direcionou a seleção das variáveis testadas nos modelos epidemiológicos.

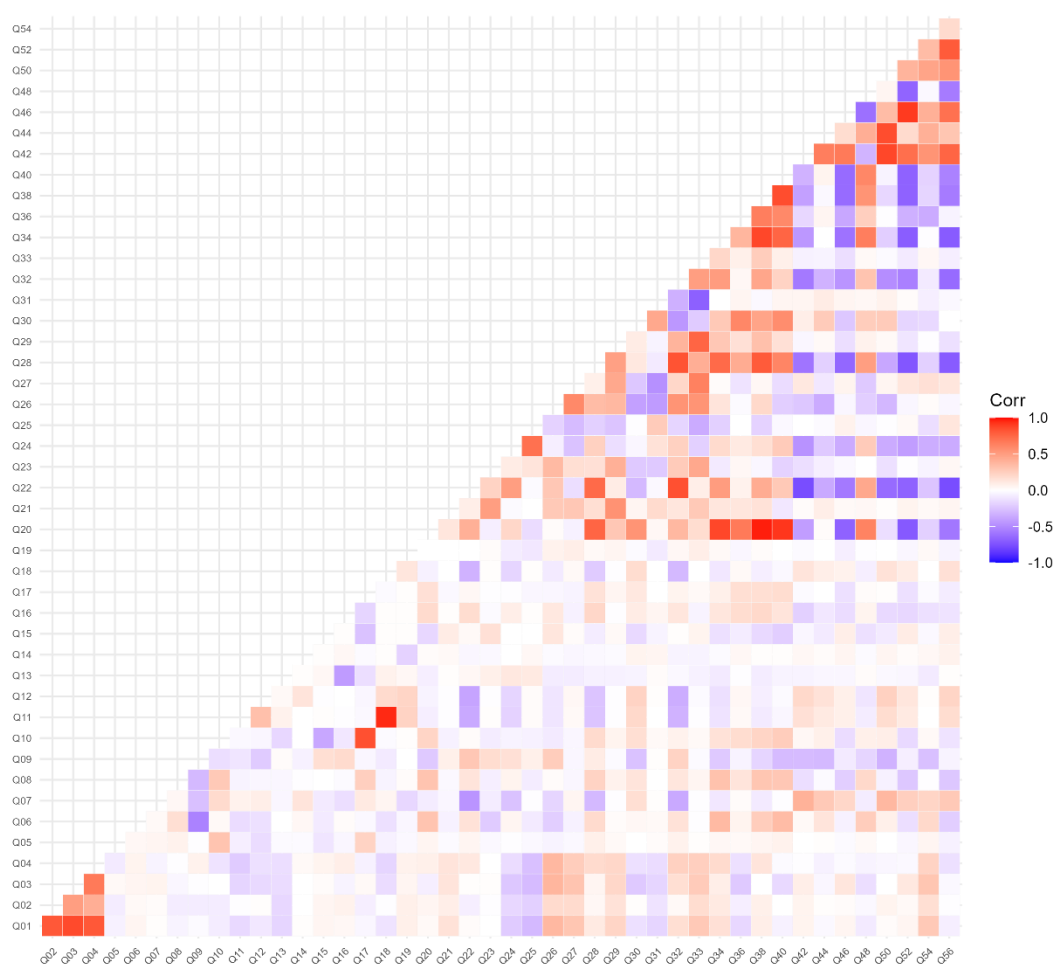


Figura 16. Análise de correlação entre as variáveis avaliadas para os modelos epidemiológicos do Escorpionismo no Estado da Bahia no período de 2007 a 2022 testados.

Comparação entre modelos epidemiológicos

Diferentes abordagens foram testadas para modelar a incidência do Escorpionismo na Bahia entre os anos de 2007 e 2022, demonstrando os principais

modelos ajustados, destacando critérios de qualidade, controle espacial dos resíduos e consistência dos efeitos fixos.

As variáveis independentes foram selecionadas com base em critérios de colinearidade ($VIF \leq 5$) e correlação com a variável dependente ($p < 0,20$). Cada modelo foi ajustado com as variáveis significativas e avaliou-se o desempenho por meio de métricas como R^2 e RMSE. Os resultados foram exportados em CSV e os gráficos gerados em PNG.

O modelo GLMM incluiu efeitos fixos (variáveis explicativas) e aleatórios (como ano ou município), permitindo modelar dependência nos dados. A estrutura testada foi do tipo Poisson e Gamma, com interceptos aleatórios por ano ou por município. O ajuste foi feito com a função *glmer* do pacote *lme4* e *glmmPQL* do *MASS*.

Os modelos bayesianos foram ajustados com o pacote *brms*, com suporte ao Stan, utilizando distribuição Gamma para a variável resposta. O efeito espacial foi especificado via estrutura de vizinhança *CAR* (*Conditional Autoregressive*), e o efeito temporal como aleatório. Modelos completo, espaço-temporal e reduzido foram testados e comparados.

A partir dos resultados apresentados, o modelo GAM ofereceu o melhor equilíbrio entre explicação da variabilidade, precisão das previsões e simplicidade/eficiência, com o melhor desempenho nos três indicadores (R^2 , RMSE, AIC) (Tabela 4). O R^2 (Coeficiente de Determinação) foi utilizado para medir a proporção da variância dos dados explicada pelo modelo, variando entre 0 a 1. O modelo GAM, portanto, foi o melhor (0,484), explicando 48,4% da variação nos dados. A variável *RMSE* (*Root Mean Squared Error*) mede o erro médio das previsões, sendo o GAM o melhor ajustado (0,562) já que apresentou menor erro médio. Finalmente, o AIC (*Akaike Information Criterion*) é utilizado para medir o equilíbrio entre ajuste do modelo e complexidade, onde o GAM também apresentou melhor desempenho (1087,42). O modelo Bayesiano obteve um desempenho quase tão bom quanto o GAM, porém levemente menor R^2 (0,465), levemente maior RMSE, contudo sem AIC (não calculado para modelos Bayesianos), o que não permite comparação direta nesse aspecto. O modelo GLMM foi o que apresentou pior desempenho nos três critérios, menor R^2 , maior RMSE e AIC.

O GAM (Modelo Aditivo Generalizado) foi claramente o melhor modelo geral com base nos dados apresentados, pois constitui uma melhor explicação dos dados, apresenta previsões mais precisas e melhor equilíbrio entre ajuste e complexidade.

O modelo GLMM apresentou o menor valor de R^2 , indicando maior capacidade explicativa da variabilidade na incidência de escorpionismo. No entanto, foi o GAM que apresentou o menor erro padrão médio da raiz quadrada (RMSE), sugerindo melhor precisão preditiva. O modelo Bayesiano apresentou desempenho intermediário nas duas métricas, sendo útil pela robustez à incerteza e interpretação probabilística (Figuras 17 e 18).

Tabela 4. Comparação dos principais modelos estatísticos ajustados para a incidência de Escorpionismo no estado da Bahia entre 2007 e 2022, com base em diferentes R^2 , RMSE e AIC

Modelo	R^2	RMSE	AIC
GAM	0.484	0.562	1087.42
GLMM	0.372	0.648	1131.89
Bayesiano	0.465	0.581	nan

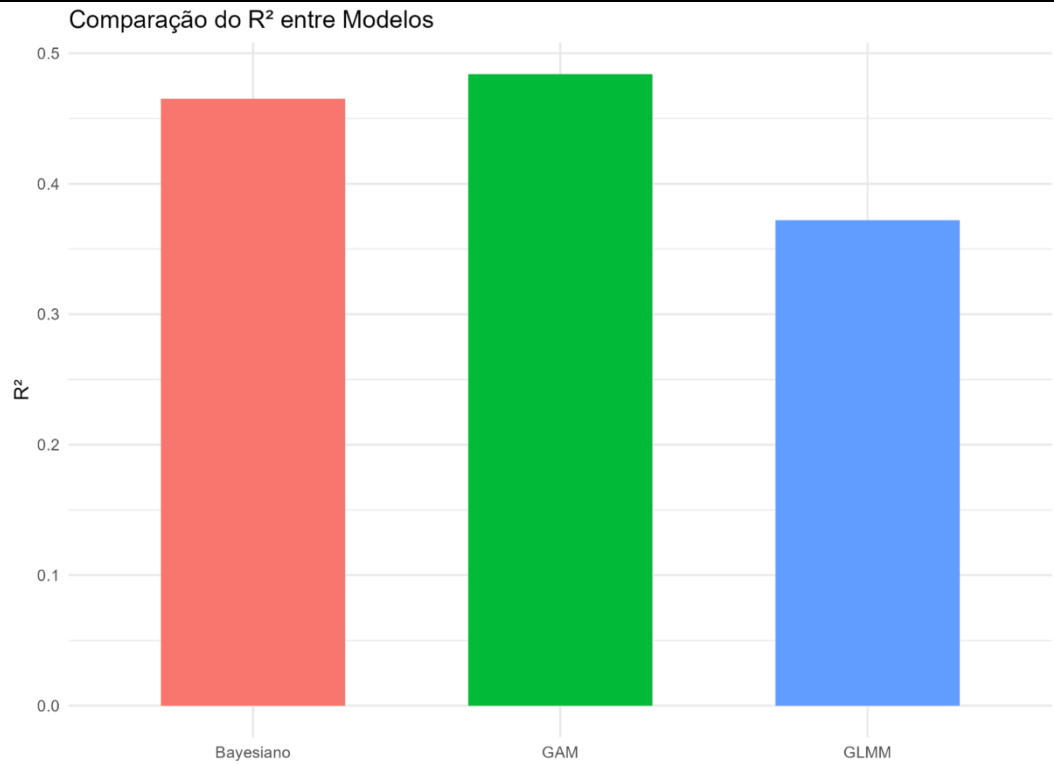


Figura 17. Comparação dos principais modelos estatísticos ajustados para a incidência de Escorpionismo no estado da Bahia entre 2007 e 2022, com base no R^2 .

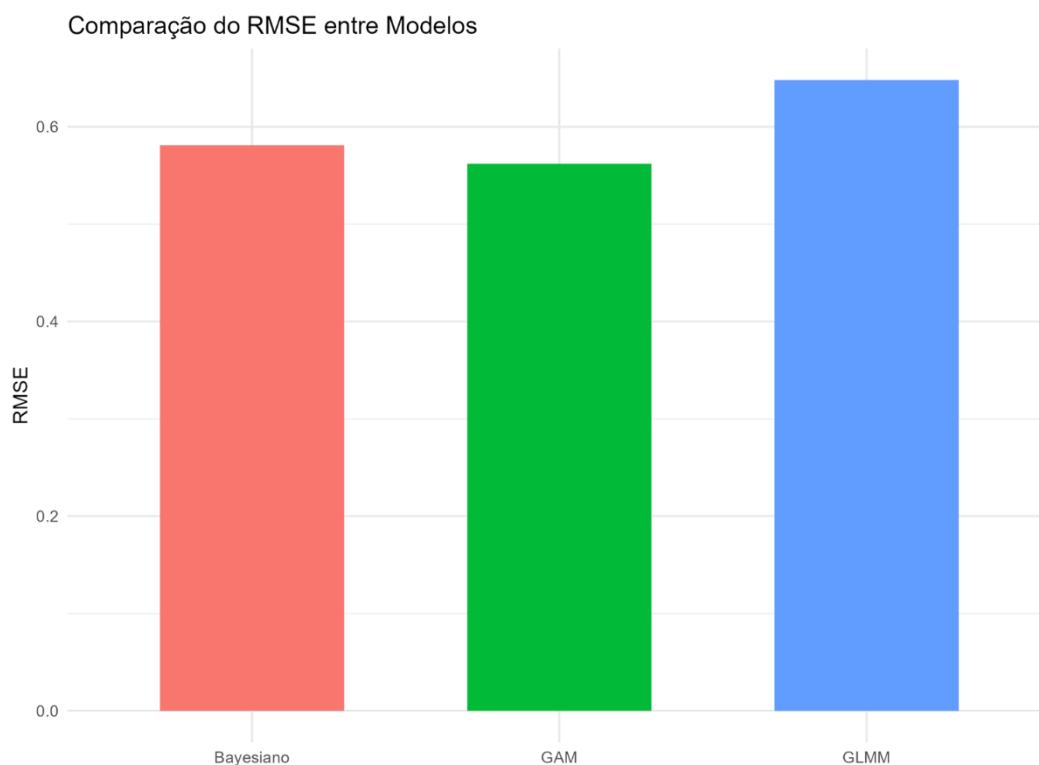


Figura 18. Comparação dos principais modelos estatísticos ajustados para a incidência de Escorpionismo no estado da Bahia entre 2007 e 2022, com base no RMSE.

O GAM completo ou geral é a representatividade de um modelo aditivo generalizado com todos os termos originalmente propostos, o GAM otimizado, também chamado de reduzido, é a versão do GAM que foi simplificada, após seleção de variáveis, para obter um modelo mais parcimonioso, e o GLMM é o modelo linear generalizado misto, tais resultados comparativos dos modelos estão propostos abaixo (Tabela 5). Sendo assim, o GAM geral (13562.67) tem o menor AIC, portanto melhor ajuste entre os três modelos, considerando o trade-off entre qualidade e complexidade. O GAM reduzido (13619.55) é um pouco pior em AIC e o GLMM (14197.85) tem o pior AIC, considerado o modelo que menos se ajustou bem aos dados. O desvio explicado (*deviance explained*) é uma medida análoga ao R^2 para modelos GLM/GAM, que representa a proporção da variabilidade dos dados explicada pelo modelo. Assim, o GAM geral obteve 30,0% do desvio explicado, o GAM reduzido resultou em 28,6% do desvio explicado, com desempenho levemente inferior, e o GLMM não tem valor (NA), apresentando pior desempenho no AIC e não teve desvio explicado disponível. Portanto, o modelo GAM reduzido possui o melhor desempenho em termos de AIC e desvio explicado considerado o mais eficaz para explicar a variabilidade dos dados.

Tabela 5 Comparação dos modelos estatísticos GAM (geral e reduzido) e GLMM para a incidência de Escorpionismo no estado da Bahia entre 2007 e 2022, com base em diferentes AIC e desvio explicado.

Modelo	AIC	Desvio explicado
GAM Completo	13562.67092	0.3002638757
GAM Otimizado	13619.54868	0.2864370217
GLMM	14197.85417	NA

6.3 APÊNDICE D - Apresentação cartográfica do resíduo do modelo GAM

A análise dos resíduos do modelo GAM indica desvios específicos por município em relação ao risco médio estimado: tons avermelhados representam municípios com incidência acima do esperado, sugerindo a presença de fatores locais não capturados pelo modelo, como condições ecológicas específicas, falhas na vigilância de vizinhos (efeito de borda), ou mesmo surtos não explicados pelas variáveis ambientais. Já os tons azulados indicam municípios com incidência menor que a esperada, o que pode refletir ações de controle mais eficazes, barreiras ecológicas, ou outras características socioeconômicas não modeladas (Figura 19).

Os mapas anuais residuais produzido a partir dos efeitos aleatórios dos modelos em comparação permitem identificar padrões locais de excesso ou ausência de risco não explicados pelas variáveis ambientais e socioeconômicas consideradas. Essa abordagem é fundamental para detectar áreas com comportamentos atípicos de incidência, revelando a heterogeneidade espacial não explicada pelo modelo estruturado.

Alguns municípios apresentam valores positivos elevados, indicando que a incidência observada de acidentes provocados por picadas de escorpião é superior àquela prevista com base nas condições ambientais. Isso pode apontar para: - fatores não incluídos no modelo, como práticas de uso do solo específicas, presença de reservatórios silvestres ou caninos não capturados; - subnotificação nos municípios vizinhos, criando artefatos de risco aparente (efeito de borda); - surtos pontuais ou falhas recentes na vigilância e controle. Por outro lado, municípios com valores residuais negativos expressivos — com menor incidência do que a prevista — podem indicar: - efetividade de estratégias locais de controle e prevenção; - subnotificação dos casos; - presença de barreiras naturais, sociais ou sanitárias que impedem a circulação do parasito.

Essa análise permite refinar a priorização territorial, complementando os achados obtidos por análises baseadas em incidência bruta ou modelos de risco ajustado, além de servir como subsídio para avaliação crítica da vigilância epidemiológica no território.

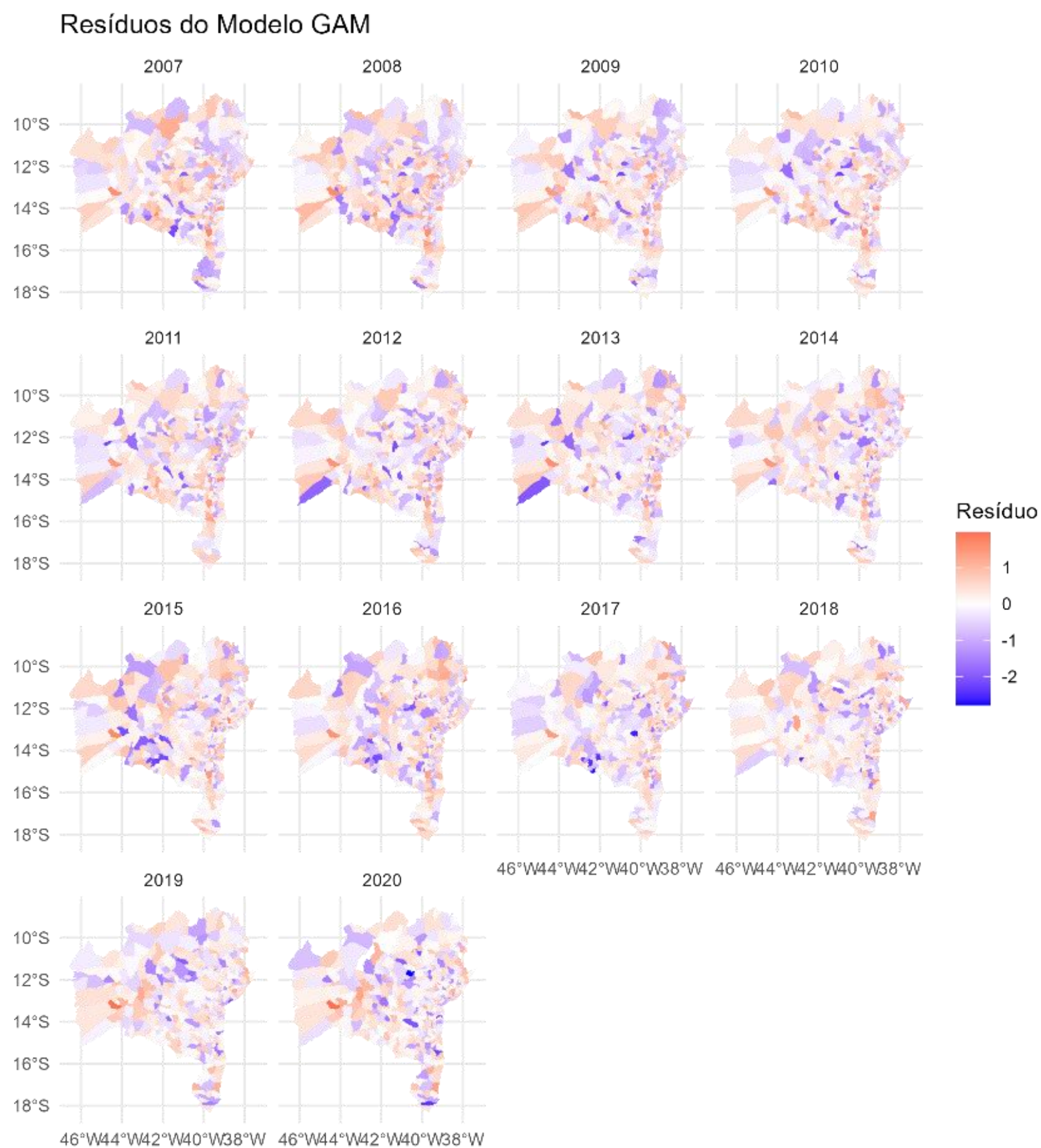


Figura 19. Distribuição espacial dos riscos residuais de ocorrência de escorpionismo após o controle estatístico das variáveis socioambientais incluídas no modelo GAM reduzido, segundo o ano em análise. Bahia, 2007 a 2020.

6.4 APÊNDICE E: Correlações entre scores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia

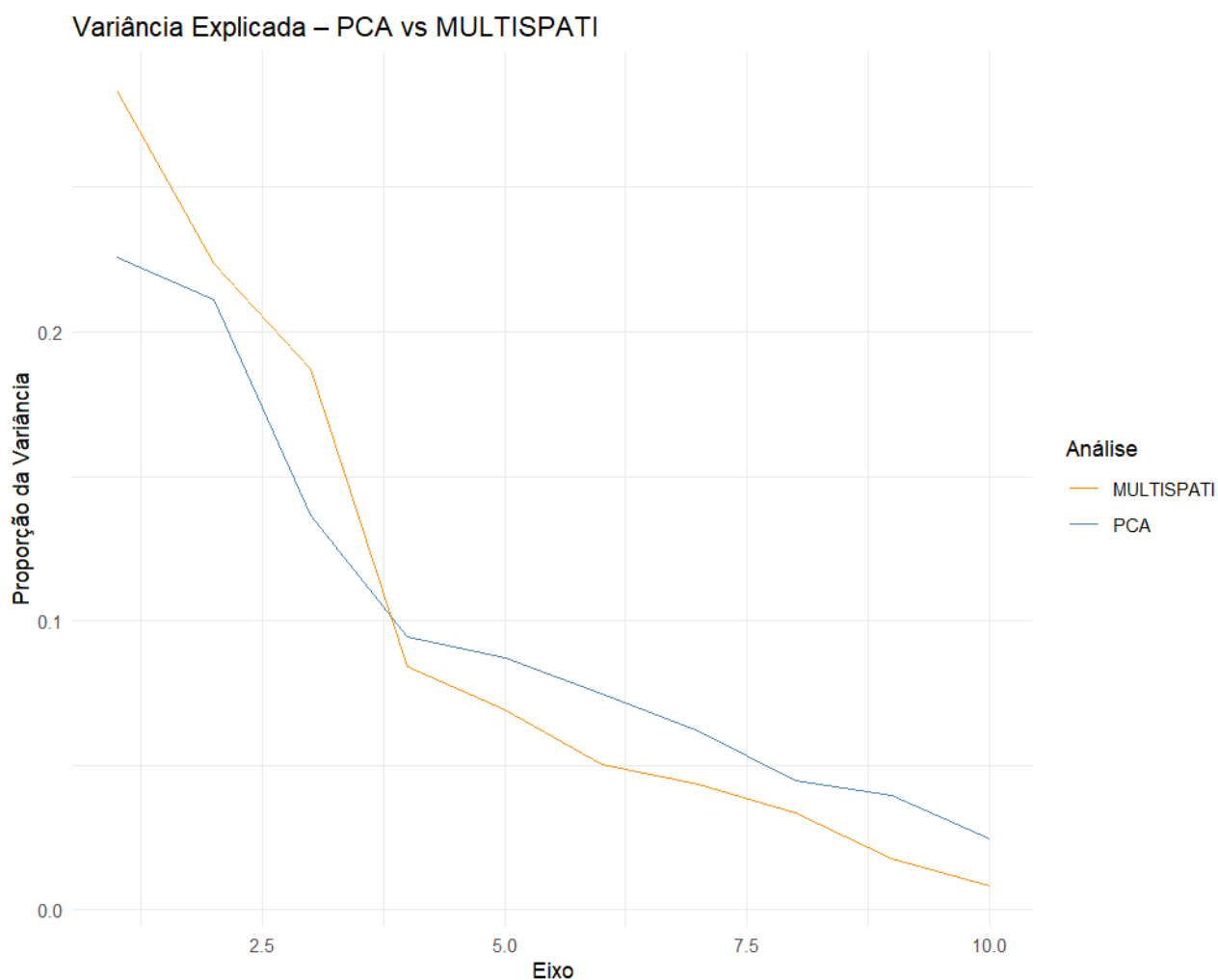


Figura 20. Comparação das variâncias da análise MULTISPATI e variâncias dos componentes principais da PCA dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o período de 2007 a 2022.

As correlações entre a variável dependente incidência de escorpionismo e os eixos espaciais em dois períodos (2007-2016) e (2017-2020) são apresentadas nas Figuras 21 a 32.

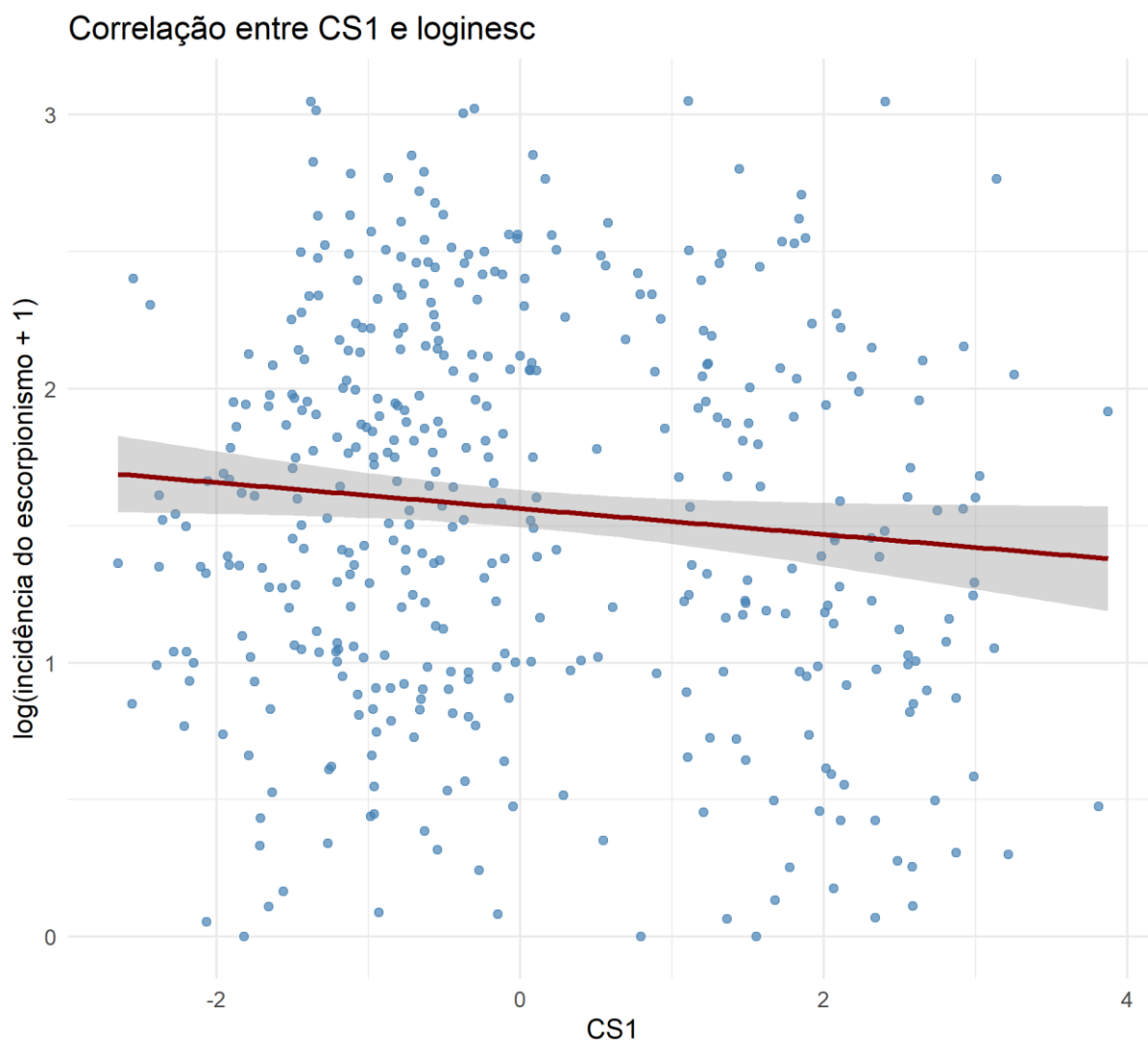


Figura 21. Correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o eixo 1 (CS1) no período de 2007 a 2020.

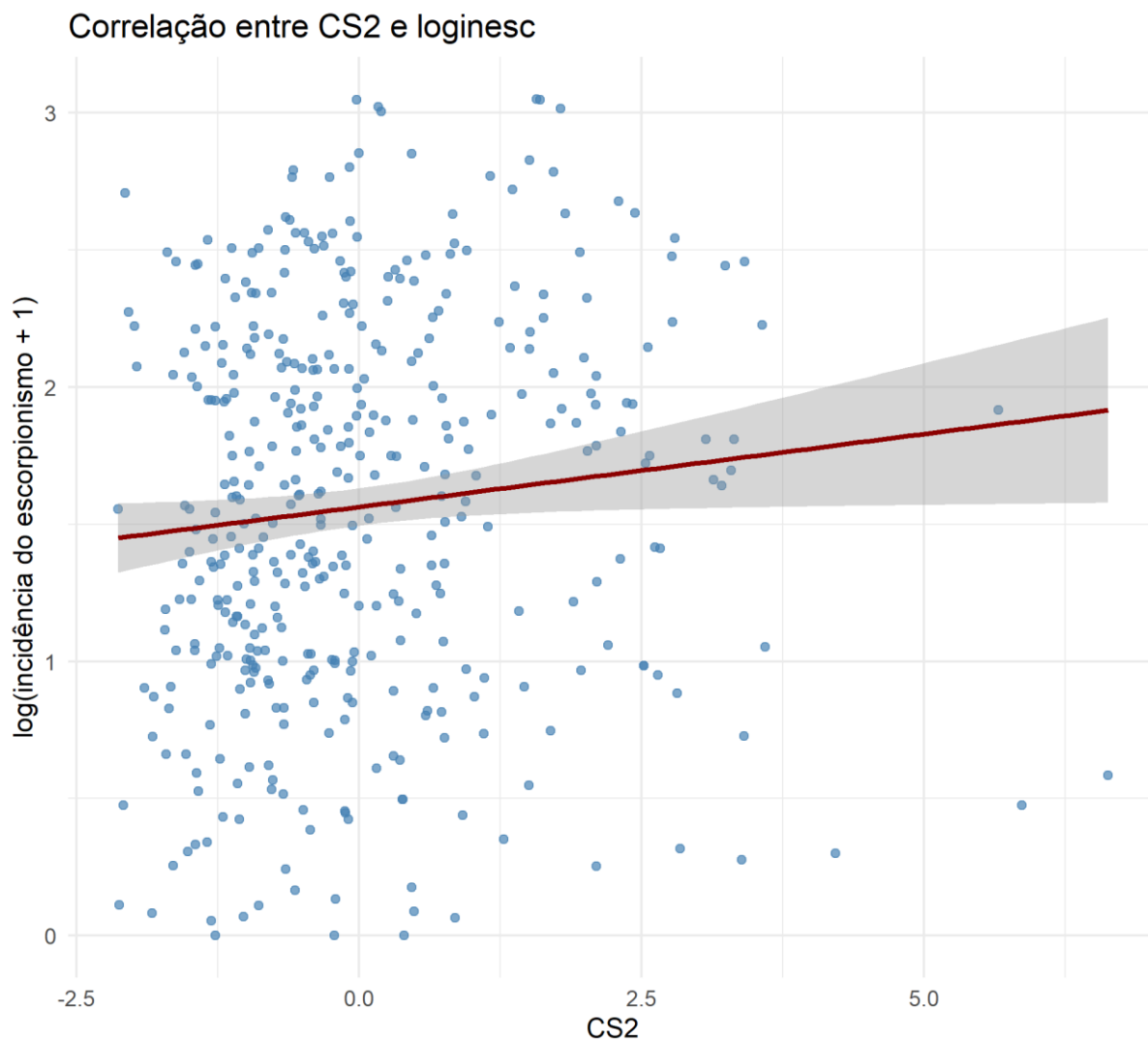


Figura 22. Correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o eixo 2 (CS2) no período de 2007 a 2020.

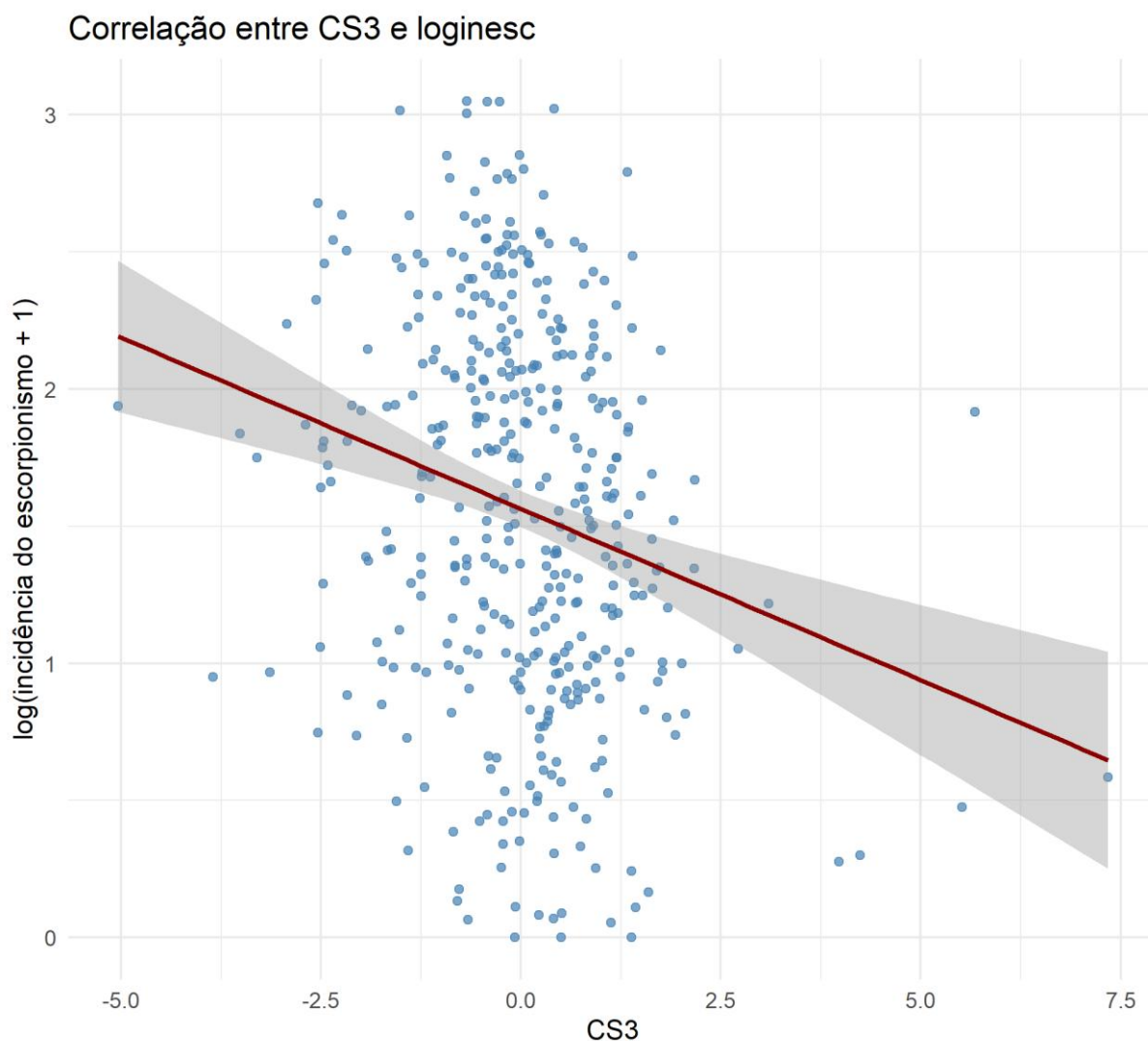


Figura 23. Correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para o eixo 3 (CS3) no período de 2007 a 2020.

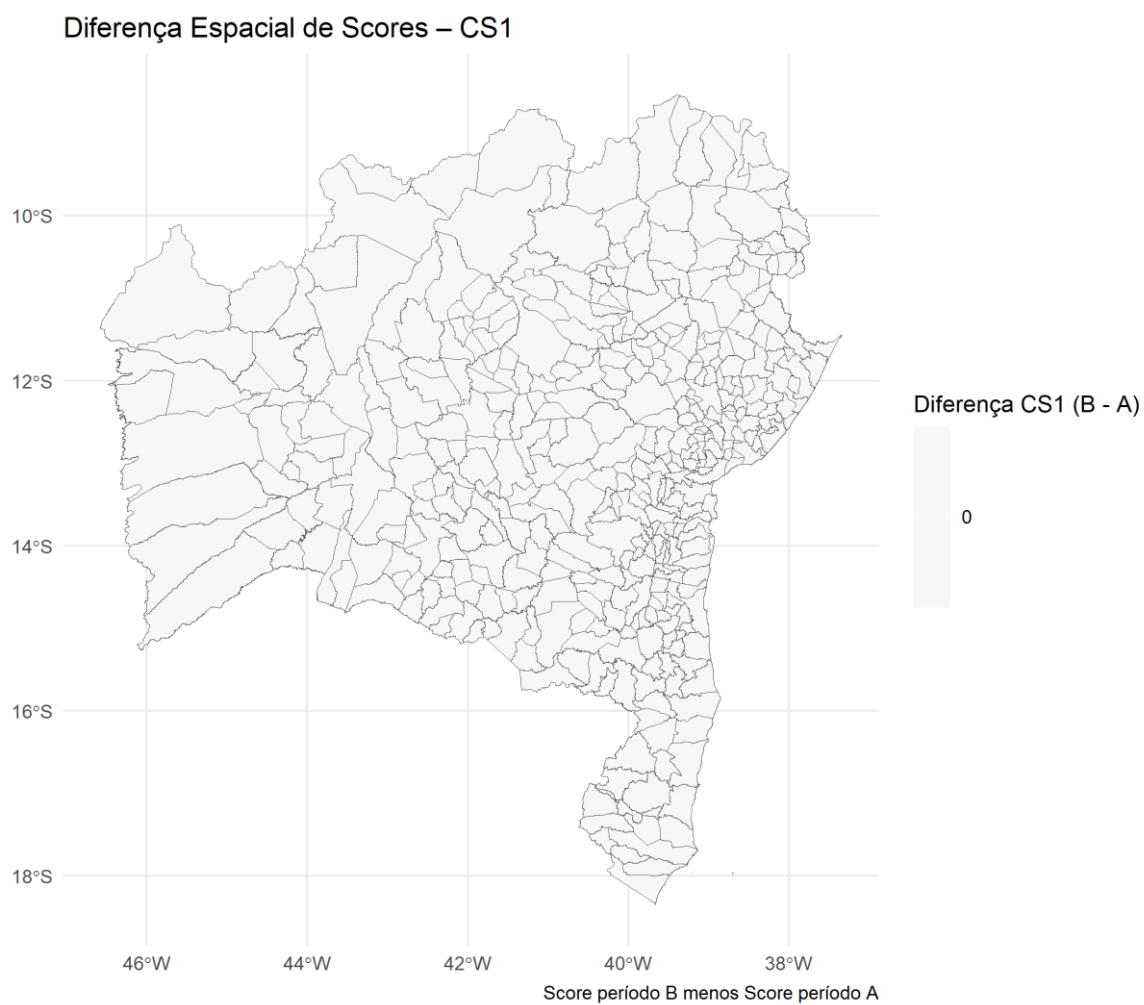


Figura 24. Comparações dos escores MULTISPATI entre os períodos (2007–2016 e 2017–2020) dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para a diferença espacial dos escores em dois períodos do eixo CS1.

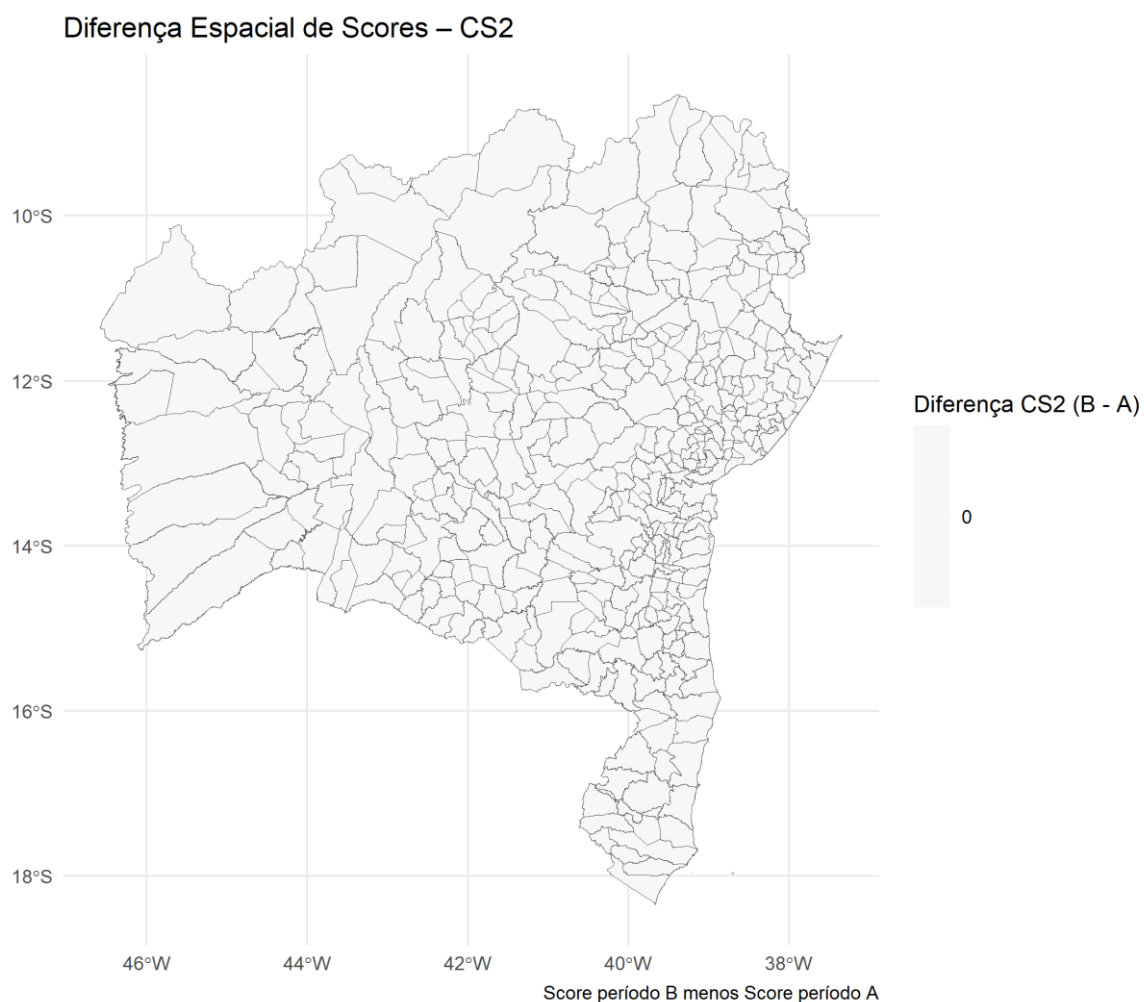


Figura 25. Comparações dos escores MULTISPATI entre os períodos (2007–2016 e 2017–2020) dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para a diferença espacial dos escores em dois períodos do eixo CS2.

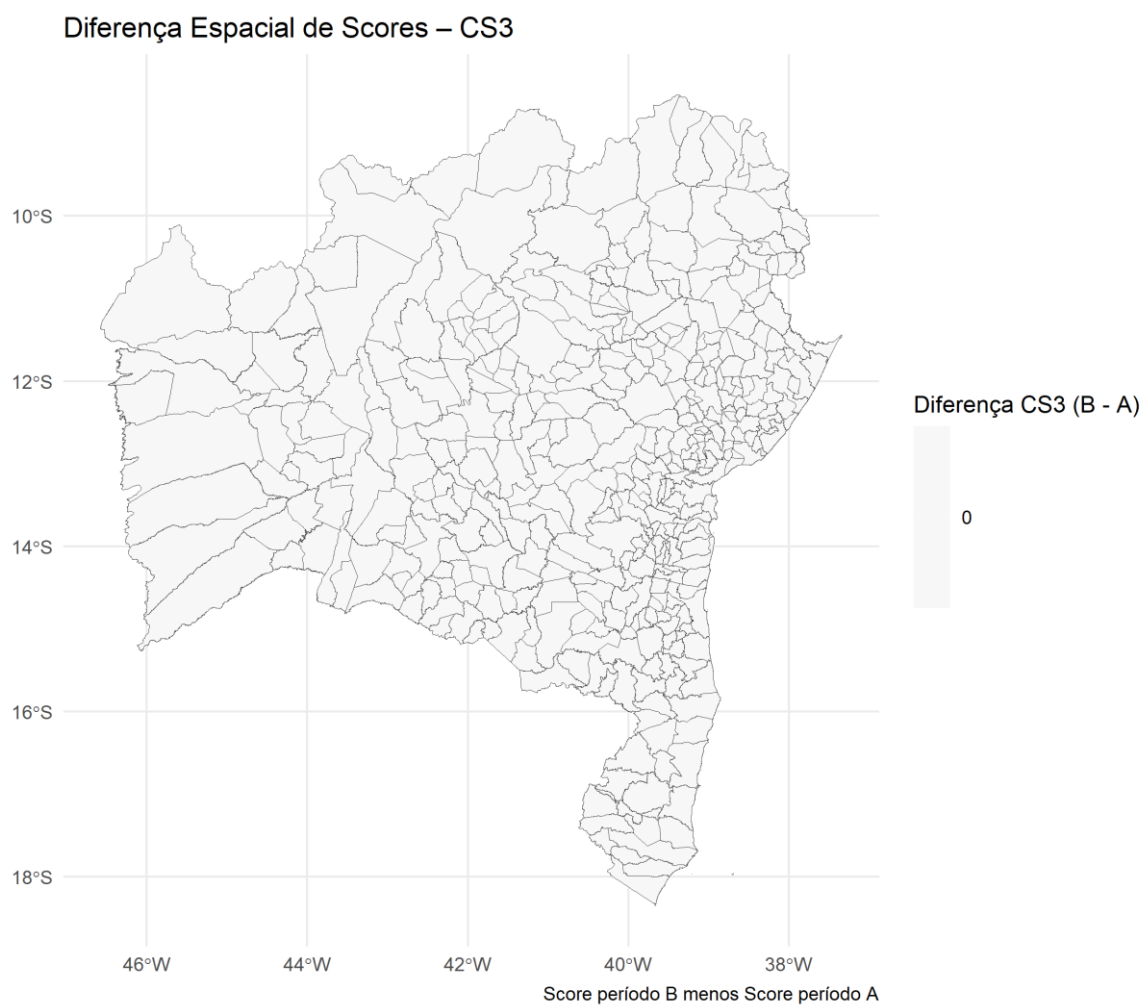


Figura 26. Comparações dos escores MULTISPATI entre os períodos (2007–2016 e 2017–2020) dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para a diferença espacial dos escores em dois períodos do eixo CS3.

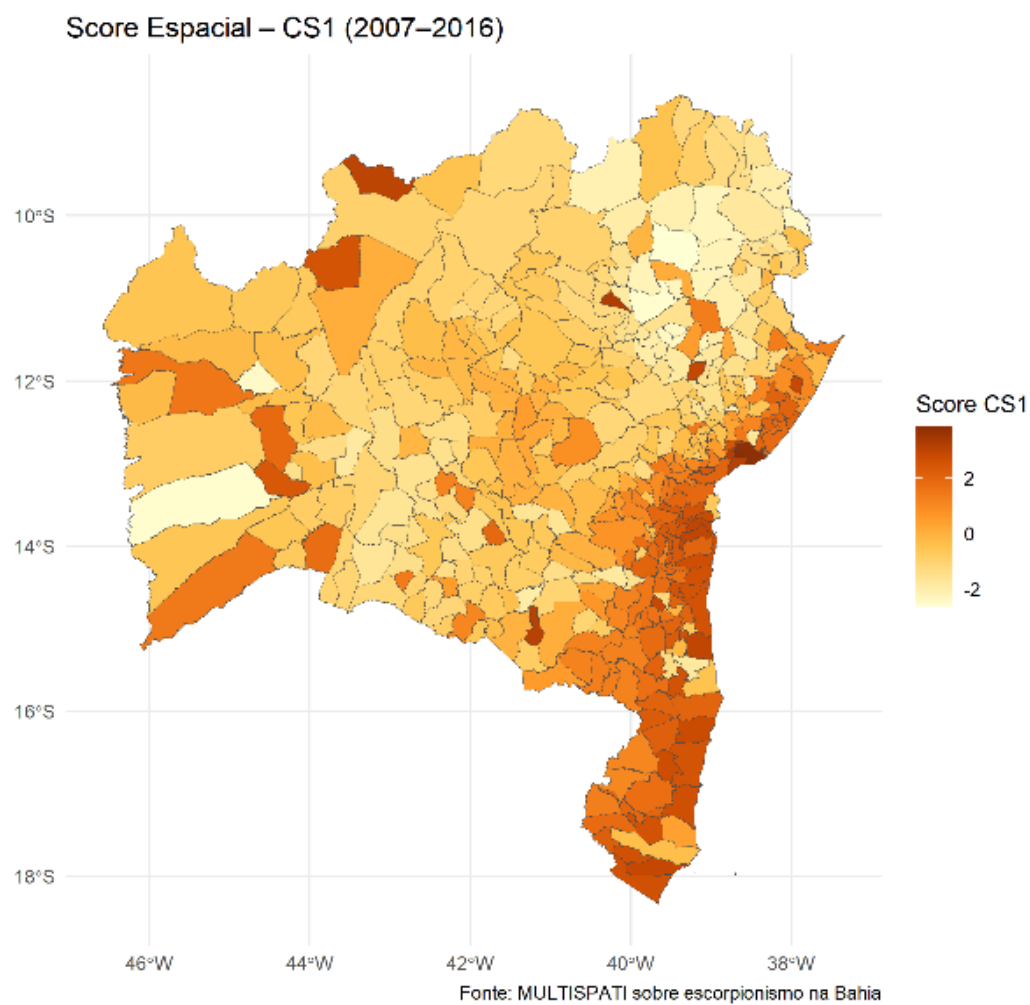


Figura 27. Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2007-2016 para o Eixo 1 (CS1).

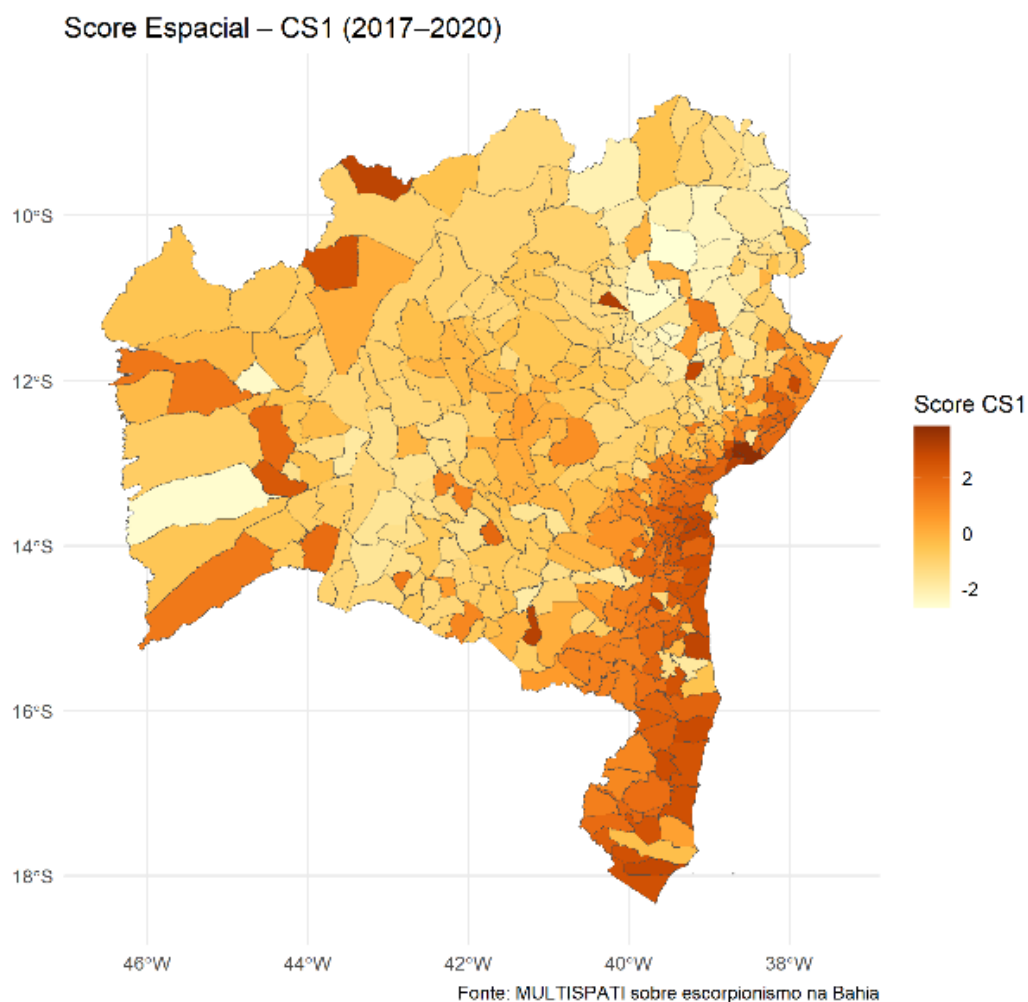


Figura 28. Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2017-2020 para o Eixo 1 (CS1).

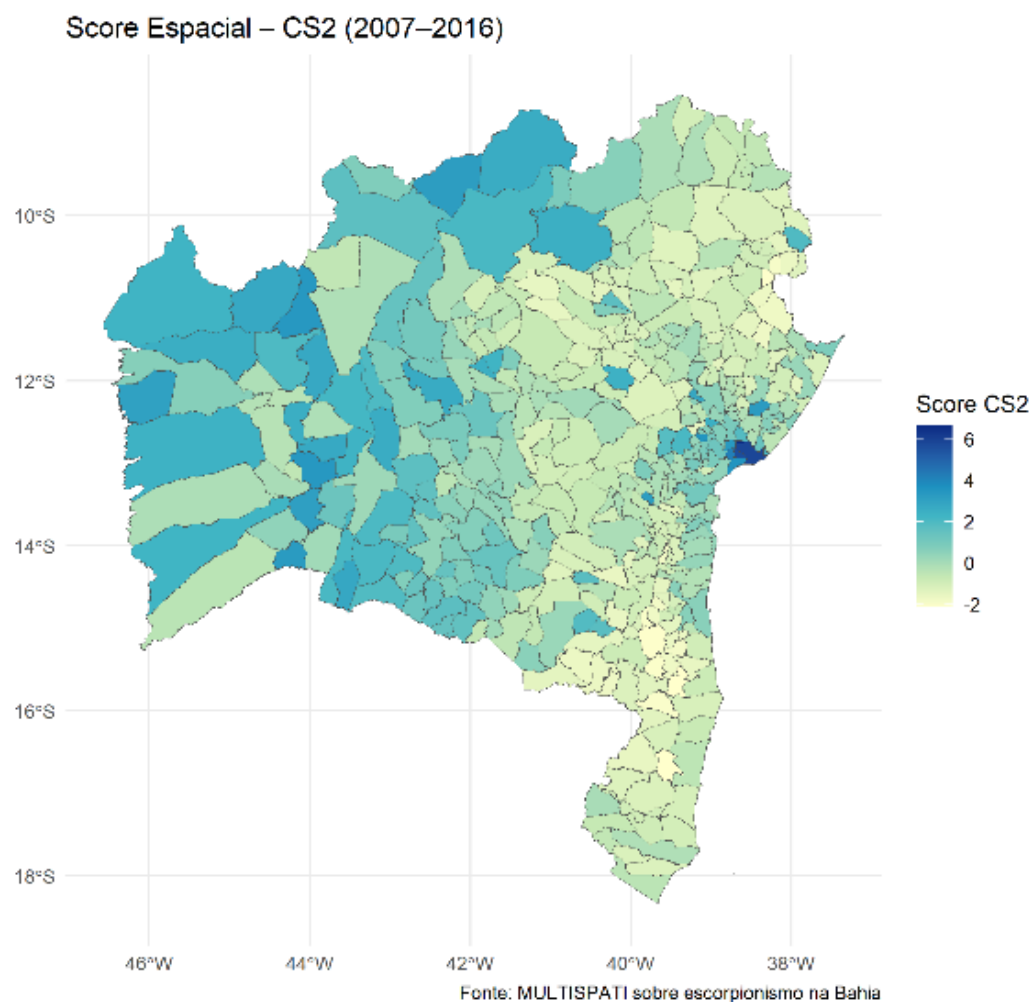


Figura 29. Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2007-2016 para o Eixo 2 (CS2).

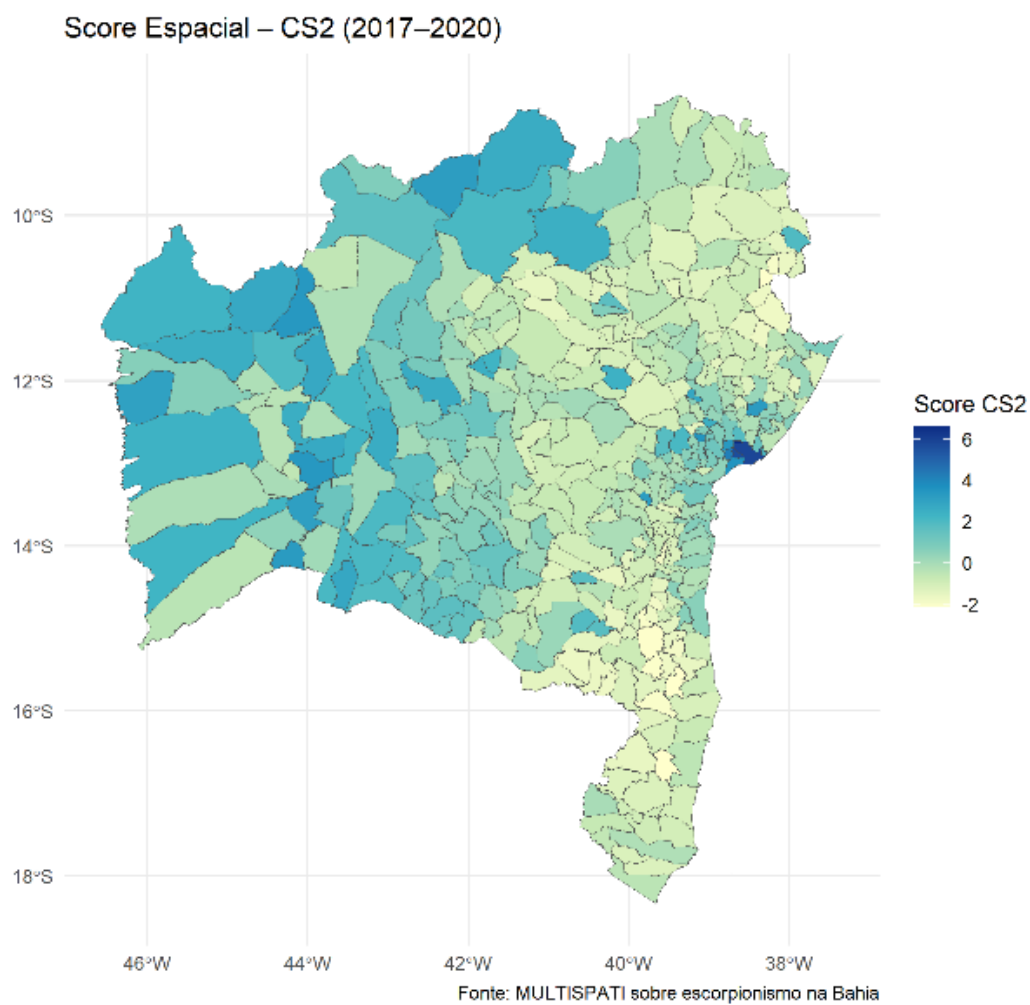


Figura 30. Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2017-2020 para o Eixo 2 (CS2).

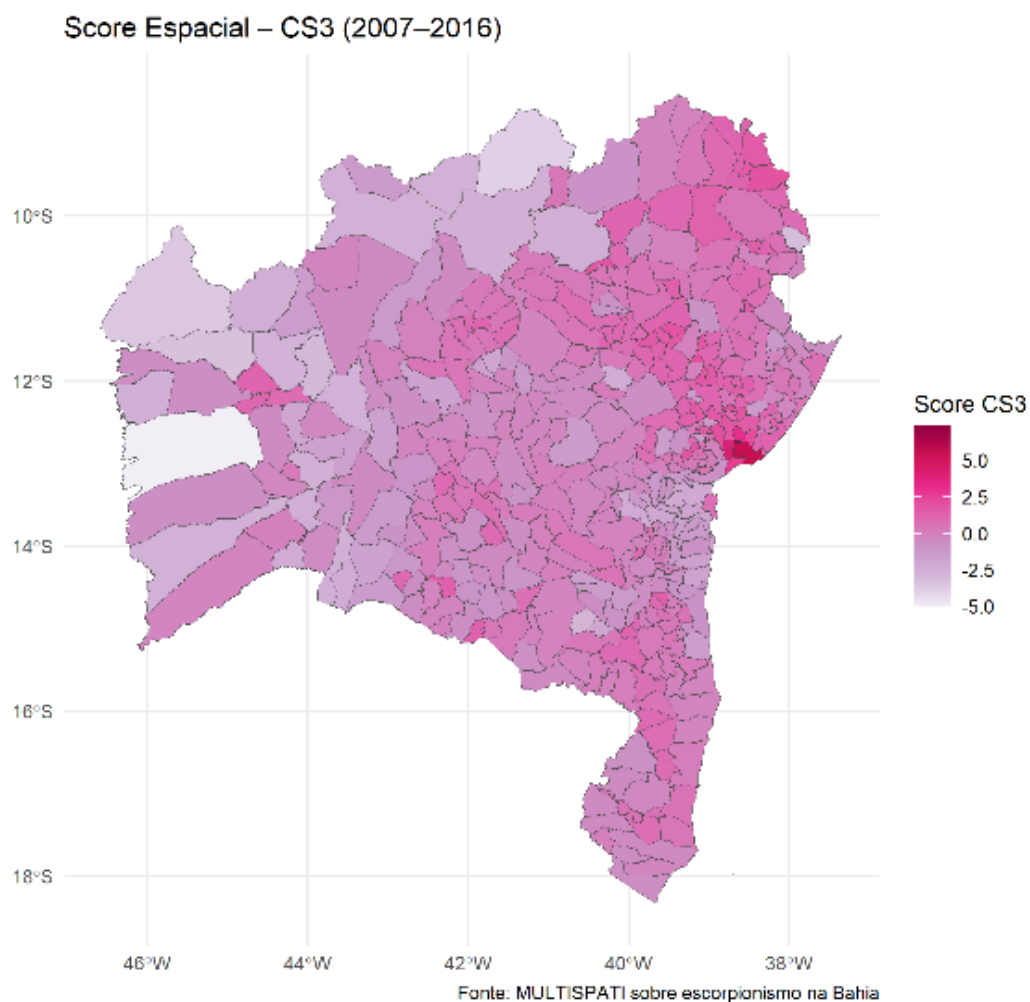


Figura 31. Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2007-2016 para o Eixo 3 (CS3).

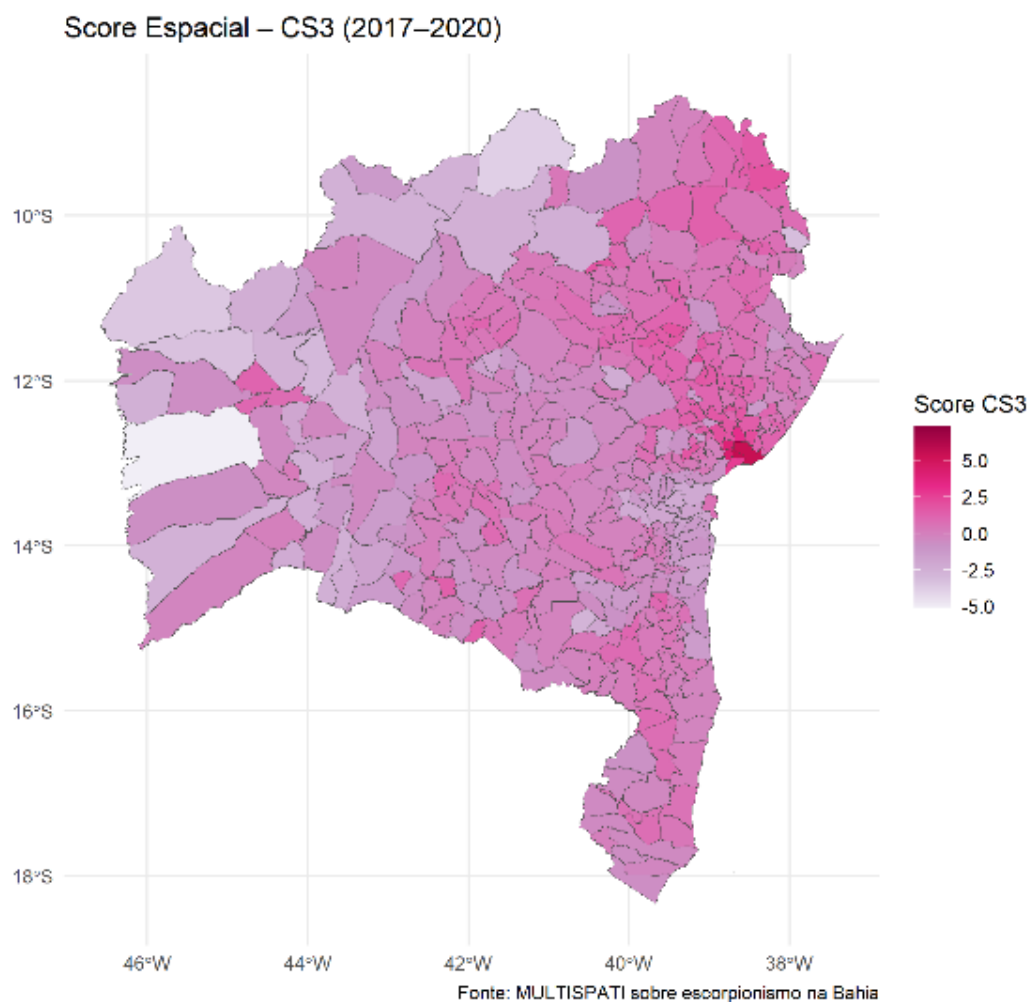


Figura 32. Distribuição espacial das correlações entre escores espaciais MULTISPATI e a variável incidência dos acidentes causados por escorpiões no Estado da Bahia, para períodos 2017-2020 para o Eixo 3 (CS3).

6.5 APÊNDICE F: Classificação dos municípios do Estado da Bahia segundo a prioridade de ações de controle da LTA

Tabela 6. Escores dos Componentes Espaciais 1 (CS1), e classificação por prioridade das incidências de acidentes por escorpião para os municípios do estado da Bahia, conforme análise MULTISPATI com dados agregados do período de 2007 a 2020. (continua...)

CD_MUN	NM_MUN	Log (incidência)	CS1	prioridade
2901007	AMARGOSA	2,801	1,445	Alta
2901304	ANDARAÍ	2,506	0,241	Alta
2902500	BAIANÓPOLIS	2,548	1,881	Alta
2903201	BARREIRAS	2,003	1,514	Alta
2903508	BELO CAMPO	2,765	3,141	Alta
2903805	BOA VISTA DO TUPIM	2,343	0,869	Alta
2904001	BONINAL	2,853	0,085	Alta
2904753	BURITIRAMA	1,605	2,555	Alta
2905008	CACULÉ	2,486	0,531	Alta
2905503	CALDEIRÃO GRANDE	2,052	3,255	Alta
2905909	CAMPO ALEGRE DE LOURDES	1,681	3,028	Alta
2907103	CARINHANHA	1,898	1,804	Alta
2907558	CATURAMA	1,929	1,173	Alta
2908101	COCOS	1,810	1,466	Alta
2908705	CONDEUBA	3,050	1,109	Alta
2910107	DOM BÁSILIO	2,237	1,922	Alta
2910305	ELÍSIO MEDRADO	2,254	0,926	Alta
2910404	ENCRUZILHADA	2,448	0,565	Alta
2900504	ERICO CARDOSO	2,395	1,193	Alta
2910727	EUNÁPOLIS	2,044	2,185	Alta
2912103	IBICARAI	1,642	1,585	Alta
2912202	IBICOARA	2,067	0,062	Alta
2912301	IBICUI	1,873	1,506	Alta
2912806	IBIRAPUA	1,957	2,629	Alta
2913903	IPIAU	2,529	1,809	Alta
2914208	IRAJUBA	2,764	0,165	Alta
2915106	ITAGI	2,445	1,581	Alta
2915304	ITAGIMIRIM	2,149	2,317	Alta
2915403	ITAJU DO COLÔNIA	2,708	1,856	Alta
2915809	ITAMBE	2,210	1,208	Alta
2916005	ITANHEM	1,894	1,301	Alta
2916104	ITAPARICA	1,916	3,875	Alta
2916302	ITAPEBI	2,222	2,111	Alta
2916401	ITAPETINGA	2,191	1,263	Alta
2916609	ITAPITANGA	2,035	1,821	Alta
2916708	ITAQUARA	2,091	1,239	Alta
2916807	ITARANTIM	2,087	1,233	Alta
2916906	ITIRUCU	2,605	0,581	Alta
2917102	ITORORO	1,953	1,226	Alta
2917300	ITUBERA	1,602	3,000	Alta
2917607	JAGUAQUARA	2,504	1,113	Alta
2918001	JEQUIÊ	2,421	0,776	Alta
2918704	LAFAIETE COUTINHO	2,344	0,790	Alta
2918803	LAJE	1,678	1,367	Alta
2918902	LAJEDÃO	1,989	2,232	Alta
2919058	LAJEDO DO TABOCAL	2,560	0,210	Alta
2919306	LENÇOIS	1,780	0,504	Alta
2919702	MACARANI	2,457	1,312	Alta
2920007	MAIQUINIQUE	2,491	1,328	Alta
2920403	MANOEL VITORINO	2,118	0,000	Alta
2921104	MEDEIROS NETO	2,620	1,840	Alta
2921906	MUCUGÊ	2,402	0,031	Alta
2922003	MUCURI	2,102	2,654	Alta
2922409	MUTUIPE	1,797	1,568	Alta
2922508	NAZARÉ	1,874	1,358	Alta
2923001	NOVA VICOSA	2,154	2,924	Alta
2923506	PALMEIRAS	2,093	0,075	Alta
2923902	PAU BRASIL	2,273	2,087	Alta
2925006	PLANALTO	2,179	0,693	Alta
2925105	POCOES	2,261	0,299	Alta
2925402	POTIRAGUA	2,536	1,726	Alta
2925758	PRESIDENTE TANCREDO NEVES	1,939	2,016	Alta
2926657	RIBEIRÃO DO LARGO	2,045	1,201	Alta
2927804	SANTA CRUZ DA VITÓRIA	2,074	1,715	Alta

Tabela 6. Escores dos Componentes Espaciais 1 (CS1), e classificação por prioridade das incidências de acidentes por escorpião para os municípios do estado da Bahia, conforme análise MULTISPATI com dados agregados do período de 2007 a 2020. (continua...)

CD_MUN	NM_MUN	Log (incidência)	CS1	prioridade
2927903	SANTA INES	2,062	0,888	Alta
2928109	SANTA MARIA DA VITORIA	3,048	2,406	Alta
2928703	SANTO ANTONIO DE JESUS	1,677	1,044	Alta
2930808	SOUTO SOARES	2,066	0,065	Alta
2931350	TEIXEIRA DE FREITAS	1,712	2,574	Alta
2931400	TEODORO SAMPAIO	1,602	0,108	Alta
2932101	UBAIRA	1,854	0,954	Alta
2932804	UTINGA	2,066	0,108	Alta
2933307	VITORIA DA CONQUISTA	1,749	0,083	Alta
2933406	WAGNER	2,300	0,025	Alta
2900108	ABAIRA	2,124	-0,317	Média
2900207	ABARE	1,764	-1,133	Média
2900306	ACAJUTIBA	0,515	0,287	Média
2900355	ADUSTINA	1,039	-1,215	Média
2900405	AGUA FRIA	1,597	-1,467	Média
2900603	AIQUARA	1,026	-0,893	Média
2900702	ALAGOINHAS	0,891	1,098	Média
2900801	ALCOBACA	1,008	0,402	Média
2900900	ALMADINA	0,872	2,875	Média
2901106	AMELIA RODRIGUES	1,202	0,610	Média
2901155	AMERICA DOURADA	1,521	-0,370	Média
2901205	ANAGE	2,222	-1,040	Média
2901353	ANDORINHA	1,380	-0,100	Média
2901403	ANGICAL	2,305	-2,438	Média
2901502	ANGUERA	0,318	-0,544	Média
2901601	ANTAS	1,004	-1,208	Média
2901700	ANTONIO CARDOSO	1,273	-1,570	Média
2901809	ANTONIO GONCALVES	1,202	-0,779	Média
2901908	APORA	0,342	-1,266	Média
2901957	APUAREMA	0,566	-0,364	Média
2902054	ARACAS	1,589	2,111	Média
2902005	ARACATU	1,812	-0,831	Média
2902104	ARACI	1,163	1,357	Média
2902302	ARATUIPE	0,069	2,342	Média
2902401	AURELINO LEAL	0,132	1,682	Média
2902609	BAIXA GRANDE	2,634	-0,506	Média
2902658	BANZAE	0,921	-0,765	Média
2902708	BARRA	1,385	0,113	Média
2902807	BARRA DA ESTIVA	2,086	-1,632	Média
2902906	BARRA DO CHOCA	1,870	-1,046	Média
2903003	BARRA DO MENDES	1,936	-0,222	Média
2903102	BARRA DO ROCHA	0,726	1,251	Média
2903235	BARRO ALTO	0,983	-0,157	Média
2903300	BARRO PRETO	1,002	-0,032	Média
2903276	BARROCAS	0,933	-2,178	Média
2903409	BELMONTE	1,142	2,067	Média
2903607	BIRITINGA	1,412	0,238	Média
2903706	BOA NOVA	2,126	-1,789	Média
2903904	BOM JESUS DA LAPA	2,132	-1,056	Média
2903953	BOM JESUS DA SERRA	3,016	-1,346	Média
2904050	BONITO	2,458	-0,685	Média
2904100	BOQUIRA	1,834	-0,114	Média
2904209	BOTUPORA	3,046	-1,378	Média
2904308	BREJOES	2,522	-1,286	Média
2904407	BREJOLANDIA	2,416	-0,246	Média
2904506	BROTAS DE MACAUBAS	1,412	-0,752	Média
2904605	BRUMADO	1,973	-0,665	Média
2904704	BUERAREMA	0,386	-0,630	Média
2904803	CAATIBA	1,919	-0,763	Média
2904852	CABACEIRAS DO PARAGUACU	1,226	1,484	Média
2904902	CACHOEIRA	0,814	-0,446	Média
2905107	CAEM	1,071	-1,207	Média
2905156	CAETANOS	1,952	-1,403	Média
2905206	CAETITE	2,461	-0,608	Média
2905305	CAFARNAUM	2,340	-1,328	Média
2905404	CAIRU	0,866	-0,652	Média
2905602	CAMACAN	1,114	-1,342	Média

Tabela 6. Escores dos Componentes Espaciais 1 (CS1), e classificação por prioridade das incidências de acidentes por escorpião para os municípios do estado da Bahia, conforme análise MULTISPATI com dados agregados do período de 2007 a 2020. (continua...)

CD_MUN	NM_MUN	Log (incidência)	CS1	prioridade
2905701	CAMACARI	0,950	1,888	Média
2905800	CAMAMU	1,446	2,074	Média
2906006	CAMPO FORMOSO	1,721	-0,962	Média
2906105	CANAPOLIS	1,921	-1,437	Média
2906204	CANARANA	1,374	-0,531	Média
2906303	CANAVIEIRAS	0,534	-0,479	Média
2906402	CANDEAL	1,562	2,918	Média
2906501	CANDEIAS	1,346	-1,701	Média
2906600	CANDIBA	0,721	1,425	Média
2906709	CANDIDO SALES	2,480	-0,783	Média
2906808	CANSANCAO	1,163	0,131	Média
2906824	CANUDOS	1,542	-2,273	Média
2906857	CAPELA DO ALTO ALEGRE	1,387	-1,927	Média
2906873	CAPIM GROSSO	1,501	-1,443	Média
2906899	CARAIBAS	1,785	-1,910	Média
2906907	CARAVELAS	1,783	-0,356	Média
2907004	CARDEAL DA SILVA	0,307	2,875	Média
2907202	CASA NOVA	0,951	-1,172	Média
2907301	CASTRO ALVES	2,039	-0,307	Média
2907400	CATOLANDIA	2,117	-0,211	Média
2907509	CATU	1,696	-0,558	Média
2907608	CENTRAL	0,610	-1,258	Média
2907707	CHORROCHO	0,788	-0,849	Média
2907806	CICERO DANTAS	1,037	-1,327	Média
2907905	CIPO	0,831	-1,647	Média
2908002	COARACI	1,294	-1,207	Média
2908200	CONCEICAO DA FEIRA	0,985	-0,611	Média
2908309	CONCEICAO DO ALMEIDA	0,803	-0,341	Média
2908408	CONCEICAO DO COITE	1,021	0,512	Média
2908507	CONCEICAO DO JACUIPE	1,000	-2,153	Média
2908606	CONDE	1,223	-0,161	Média
2908804	CONTENDAS DO SINCORA	0,902	-0,640	Média
2908903	CORACAO DE MARIA	0,965	-0,342	Média
2909000	CORDEIROS	2,791	-0,635	Média
2909109	CORIBE	1,880	-0,542	Média
2909208	CORONEL JOAO SA	0,967	-0,455	Média
2909307	CORRENTINA	2,401	-2,549	Média
2909406	COTEGIPE	2,324	-0,282	Média
2909505	CRAVOLANDIA	2,443	-0,561	Média
2909604	CRISOPOLIS	0,968	1,341	Média
2909703	CRISTOPOLIS	2,063	-0,439	Média
2909802	CRUZ DAS ALMAS	2,225	-0,556	Média
2909901	CURACA	1,494	-0,444	Média
2910008	DARIO MEIRA	1,979	-1,503	Média
2910057	DIAS D'AVILA	0,496	1,672	Média
2910503	ENTRE RIOS	0,961	0,899	Média
2910602	ESPLANADA	0,655	1,106	Média
2910701	EUCLIDES DA CUNHA	1,498	-2,202	Média
2910750	FATIMA	0,903	-0,473	Média
2910776	FEIRA DA MATA	1,809	-0,701	Média
2910800	FEIRA DE SANTANA	1,709	-1,501	Média
2910859	FILADELFIA	1,275	-1,655	Média
2910909	FIRMINO ALVES	0,644	1,486	Média
2911006	FLORESTA AZUL	1,190	1,621	Média
2911105	FORMOSA DO RIO PRETO	1,837	-0,515	Média
2911204	GANDU	0,975	2,350	Média
2911253	GAVIAO	1,690	-1,955	Média
2911303	GENTIO DO OURO	0,940	-0,341	Média
2911402	GLORIA	0,166	-1,561	Média
2911501	GONGOGI	0,966	1,840	Média
2911600	GOVERNADOR MANGABEIRA	1,960	-0,294	Média
2911659	GUAJERU	2,770	-0,869	Média
2911709	GUANAMBI	2,107	-1,420	Média
2911808	GUARATINGA	1,567	1,120	Média
2911857	HELIOPOLIS	0,476	-0,048	Média
2911907	IACU	1,963	-0,938	Média
2912004	IBIASSUCE	2,826	-1,365	Média

Tabela 6. Escores dos Componentes Espaciais 1 (CS1), e classificação por prioridade das incidências de acidentes por escorpião para os municípios do estado da Bahia, conforme análise MULTISPATI com dados agregados do período de 2007 a 2020. (continua...)

CD_MUN	NM_MUN	Log (incidência)	CS1	prioridade
2912400	IBIPEBA	0,641	-0,106	Média
2912509	IBIPITANGA	1,747	-1,482	Média
2912608	IBIQUERA	2,417	-0,118	Média
2912707	IBIRAPITANGA	1,386	2,367	Média
2912905	IBIRATAIA	0,917	2,152	Média
2913002	IBITIARA	1,772	-1,364	Média
2913101	IBITITA	0,771	-0,293	Média
2913200	IBOTIRAMA	1,766	-0,875	Média
2913309	ICHU	1,667	-1,915	Média
2913408	IGAPORA	2,337	-1,389	Média
2913457	IGRAPIUNA	1,245	2,985	Média
2913507	IGUAI	1,324	1,232	Média
2913606	ILHEUS	0,819	2,567	Média
2913705	INHAMBUPE	0,831	-0,970	Média
2913804	IPECAETA	1,427	-1,027	Média
2914000	IPIRA	1,047	-1,199	Média
2914109	IPUPIARA	0,870	-0,073	Média
2914307	IRAMAIA	2,070	-0,066	Média
2914406	IRAQUARA	2,546	-0,020	Média
2914505	IRARA	1,843	-0,974	Média
2914604	IRECE	1,749	-0,825	Média
2914653	ITABELA	1,556	2,752	Média
2914703	ITABERABA	2,031	-1,146	Média
2914802	ITABUNA	1,459	2,069	Média
2914901	ITACARE	1,006	2,608	Média
2915007	ITAETE	2,490	-0,339	Média
2915205	ITAGIBA	1,209	2,026	Média
2915353	ITAGUACU DA BAHIA	0,448	-0,963	Média
2915502	ITAJUIPE	0,554	2,135	Média
2915601	ITAMARAJU	1,178	1,750	Média
2915700	ITAMARI	0,614	2,016	Média
2915908	ITANAGRA	0,424	2,112	Média
2916203	ITAPE	0,593	2,049	Média
2916500	ITAPICURU	0,661	-0,979	Média
2916856	ITATIM	2,121	-0,502	Média
2917003	ITIUBA	1,039	-2,198	Média
2917201	ITUACU	2,269	-0,567	Média
2917334	IUIU	0,885	-1,071	Média
2917359	JABORANDI	2,677	-0,561	Média
2917409	JACARACI	2,784	-1,117	Média
2917508	JACOBINA	1,642	-1,187	Média
2917706	JAGUARARI	1,356	-1,917	Média
2917805	JAGUARIPE	0,176	2,065	Média
2917904	JANDAIRA	0,064	1,363	Média
2918100	JEREMOABO	1,021	-1,778	Média
2918209	JQUIRICA	1,300	1,500	Média
2918308	JITAUNA	1,344	1,791	Média
2918357	JOAO DOURADO	1,400	-1,128	Média
2918407	JUAZEIRO	1,349	-2,104	Média
2918456	JUCURUCU	1,223	1,083	Média
2918506	JUSSARA	0,810	-1,063	Média
2918555	JUSSARI	1,225	2,316	Média
2918605	JUSSIAPE	2,387	-0,404	Média
2918753	LAGOA REAL	2,630	-1,335	Média
2919009	LAJEDINHO	1,520	0,068	Média
2919108	LAMARAO	0,528	-1,634	Média
2919157	LAPAO	1,854	-0,629	Média
2919207	LAURO DE FREITAS	0,253	1,775	Média
2919405	LICINIO DE ALMEIDA	2,138	-1,132	Média
2919504	LIVRAMENTO DE NOSSA SENHORA	2,277	-1,443	Média
2919553	LUIS EDUARDO MAGALHAES	1,809	-0,228	Média
2919603	MACAJUBA	2,571	-0,981	Média
2919801	MACAUBAS	1,868	-1,541	Média
2919900	MACURURE	0,622	-1,246	Média
2919926	MADRE DE DEUS	0,584	2,990	Média
2919959	MAETINGA	3,005	-0,374	Média
2920106	MAIRI	2,328	-0,939	Média

Tabela 6. Escores dos Componentes Espaciais 1 (CS1), e classificação por prioridade das incidências de acidentes por escorpião para os municípios do estado da Bahia, conforme análise MULTISPATI com dados agregados do período de 2007 a 2020. (continua...)

CD_MUN	NM_MUN	Log (incidência)	CS1	prioridade
2920205	MALHADA	1,289	-0,992	Média
2920304	MALHADA DE PEDRAS	1,900	-0,929	Média
2920452	MANSIDAO	0,729	-0,700	Média
2920502	MARACAS	2,499	-0,235	Média
2920601	MARAGOGIPE	0,352	0,550	Média
2920700	MARAU	0,498	2,735	Média
2920809	MARCIONILIO SOUZA	2,506	-0,885	Média
2920908	MASCOTE	0,112	2,588	Média
2921005	MATA DE SAO JOAO	1,276	2,104	Média
2921054	MATINA	2,498	-1,447	Média
2921203	MIGUEL CALMON	1,946	-0,825	Média
2921302	MILAGRES	2,514	-0,454	Média
2921401	MIRANGABA	1,203	-1,116	Média
2921450	MIRANTE	1,656	-0,175	Média
2921500	MONTE SANTO	1,363	-2,651	Média
2921609	MORPARA	1,508	-0,864	Média
2921708	MORRO DO CHAPEU	2,174	-0,538	Média
2921807	MORTUGABA	2,201	-0,803	Média
2922052	MULUNGU DO MORRO	2,563	-0,073	Média
2922102	MUNDO NOVO	1,123	-0,507	Média
2922201	MUNIZ FERREIRA	0,000	1,557	Média
2922250	MUQUEM DE SAO FRANCISCO	1,059	-1,099	Média
2922300	MURITIBA	1,247	-0,707	Média
2922607	NILO PECANHA	1,076	2,806	Média
2922656	NORDESTINA	1,041	-2,283	Média
2922706	NOVA CANAA	1,356	1,132	Média
2922730	NOVA FATIMA	1,861	-1,870	Média
2922755	NOVA IBIA	0,423	2,342	Média
2922805	NOVA ITARANA	2,343	-0,782	Média
2922854	NOVA REDENCAO	2,608	-0,784	Média
2922904	NOVA SOURE	1,062	-1,488	Média
2923035	NOVO HORIZONTE	1,527	-1,271	Média
2923050	NOVO TRIUNFO	0,110	-1,659	Média
2923100	OLINDINA	0,827	-0,659	Média
2923209	OLIVEIRA DOS BREJINHOS	1,357	-1,094	Média
2923308	OURICANGAS	1,503	-0,730	Média
2923357	OUROLANDIA	1,398	-0,644	Média
2923407	PALMAS DE MONTE ALTO	1,936	-1,658	Média
2923605	PARAMIRIM	2,177	-1,191	Média
2923704	PARATINGA	1,416	-1,425	Média
2923803	PARIPIRANGA	1,445	-0,835	Média
2924009	PAULO AFONSO	0,739	-1,957	Média
2924058	PE DE SERRA	1,283	-1,478	Média
2924108	PEDRAO	0,241	-0,271	Média
2924207	PEDRO ALEXANDRE	0,991	-2,395	Média
2924306	PIATA	2,314	-0,588	Média
2924405	PILAO ARCADEO	0,747	-0,946	Média
2924504	PINDAI	0,906	-0,952	Média
2924603	PINDOBACU	1,411	-1,173	Média
2924652	PINTADAS	2,219	-0,986	Média
2924678	PIRAI DO NORTE	1,120	2,498	Média
2924702	PIRIPA	3,021	-0,301	Média
2924801	PIRITIBA	1,645	-0,600	Média
2924900	PLANALTINO	1,573	-0,513	Média
2925204	POJUCA	1,174	1,468	Média
2925253	PONTO NOVO	1,354	-1,851	Média
2925303	PORTO SEGURO	1,028	2,557	Média
2925501	PRADO	0,898	2,679	Média
2925600	PRESIDENTE DUTRA	1,768	-0,575	Média
2925709	PRESIDENTE JANIO QUADROS	2,851	-0,716	Média
2925808	QUEIMADAS	0,848	-2,557	Média
2925907	QUIJINGUE	0,767	-2,213	Média
2925931	QUIXABEIRA	1,047	-1,441	Média
2925956	RAFAEL JAMBEIRO	2,383	-0,633	Média
2926004	REMANSO	1,641	-0,442	Média
2926103	RETIROLANDIA	1,350	-2,378	Média
2926202	RIACHAO DAS NEVES	1,749	-0,208	Média

Tabela 6. Escores dos Componentes Espaciais 1 (CS1), e classificação por prioridade das incidências de acidentes por escorpião para os municípios do estado da Bahia, conforme análise MULTISPATI com dados agregados do período de 2007 a 2020. (continua...)

CD_MUN	NM_MUN	Log (incidência)	CS1	prioridade
2926301	RIACHAO DO JACUIPE	1,619	-1,835	Média
2926400	RIACHO DE SANTANA	1,976	-1,650	Média
2926509	RIBEIRA DO AMPARO	0,908	-0,852	Média
2926608	RIBEIRA DO POMBAL	0,932	-1,751	Média
2926707	RIO DE CONTAS	1,219	-0,627	Média
2926806	RIO DO ANTONIO	1,858	-1,014	Média
2926905	RIO DO PIRES	1,994	-1,088	Média
2927002	RIO REAL	1,032	-0,100	Média
2927101	RODELAS	1,906	-1,345	Média
2927200	RUY BARBOSA	2,155	-0,621	Média
2927309	SALINAS DA MARGARIDA	0,300	3,218	Média
2927408	SALVADOR	0,475	3,814	Média
2927507	SANTA BARBARA	1,453	-1,500	Média
2927705	SANTA CRUZ CABRALIA	1,160	2,826	Média
2928059	SANTA LUZIA	0,660	-1,790	Média
2928406	SANTA RITA DE CASSIA	2,543	-0,629	Média
2928505	SANTA TERESINHA	2,631	-1,119	Média
2928000	SANTALUZ	1,199	-1,523	Média
2928208	SANTANA	2,458	-0,367	Média
2928307	SANTANOPOLIS	1,363	-0,568	Média
2928604	SANTO AMARO	0,972	0,331	Média
2928802	SANTO ESTEVAO	2,221	-0,768	Média
2928901	SAO DESIDERIO	1,938	-0,809	Média
2928950	SAO DOMINGOS	1,610	-2,378	Média
2929107	SAO FELIPE	1,582	-0,124	Média
2929008	SAO FELIX	1,492	0,088	Média
2929057	SAO FELIX DO CORIBE	1,662	-0,811	Média
2929206	SAO FRANCISCO DO CONDE	1,217	1,485	Média
2929255	SAO GABRIEL	1,321	-1,119	Média
2929305	SAO GONCALO DOS CAMPOS	1,338	-0,755	Média
2929354	SAO JOSE DA VITORIA	0,256	2,583	Média
2929370	SAO JOSE DO JACUIPE	0,434	-1,711	Média
2929404	SAO MIGUEL DAS MATAS	0,455	1,208	Média
2929503	SAO SEBASTIAO DO PASSE	1,247	1,114	Média
2929602	SAPEACU	2,427	-0,166	Média
2929701	SATIRO DIAS	1,098	-1,833	Média
2929750	SAUBARA	0,277	2,486	Média
2929800	SAUDE	2,002	-1,166	Média
2929909	SEABRA	2,368	-0,809	Média
2930006	SEBASTIAO LARANJEIRAS	2,492	-1,129	Média
2930105	SENHOR DO BONFIM	1,966	-1,489	Média
2930204	SENTO SE	1,786	-1,083	Média
2930154	SERRA DO RAMALHO	2,142	-0,790	Média
2930303	SERRA DOURADA	2,476	-1,333	Média
2930402	SERRA PRETA	1,018	-1,033	Média
2930501	SERRINHA	1,609	-1,749	Média
2930600	SERROLANDIA	2,396	-1,069	Média
2930709	SIMOES FILHO	1,184	2,008	Média
2930758	SITIO DO MATO	1,942	-1,808	Média
2930766	SITIO DO QUINTO	0,332	-1,716	Média
2930774	SOBRADINHO	0,439	-0,984	Média
2930907	TABOCAS DO BREJO VELHO	2,145	-0,543	Média
2931004	TANHACU	1,877	-0,749	Média
2931053	TANQUE NOVO	2,253	-1,506	Média
2931103	TANQUINHO	2,140	-1,462	Média
2931202	TAPEROA	0,850	2,591	Média
2931301	TAPIRAMUTA	1,362	-0,185	Média
2931509	TEOFILANDIA	1,950	-1,890	Média
2931608	TEOLANDIA	1,480	2,403	Média
2931707	TERRA NOVA	1,003	0,073	Média
2931806	TREMEDAL	2,562	-0,017	Média
2931905	TUCANO	1,325	-2,073	Média
2932002	UAUA	1,661	-2,058	Média
2932200	UBAITABA	0,459	1,975	Média
2932309	UBATA	1,454	2,314	Média
2932408	UIBAI	1,308	-0,238	Média
2932457	UMBURANAS	1,133	-0,557	Média

Tabela 6. Escores dos Componentes Espaciais 1 (CS1), e classificação por prioridade das incidências de acidentes por escorpião para os municípios do estado da Bahia, conforme análise MULTISPATI com dados agregados do período de 2007 a 2020.

CD_MUN	NM_MUN	Log (incidência)	CS1	prioridade
2932507	UNA	1,293	2,994	Média
2932606	URANDI	2,719	-0,665	Média
2932705	URUCUCA	0,992	2,555	Média
2932903	VALENCA	0,736	1,905	Média
2933000	VALENTE	1,521	-2,356	Média
2933059	VARZEA DA ROCA	1,822	-1,204	Média
2933109	VARZEA DO POÇO	1,749	-0,965	Média
2933158	VARZEA NOVA	1,554	-0,730	Média
2933174	VARZEDO	0,000	0,794	Média
2933208	VERA CRUZ	1,052	3,124	Média
2933257	VEREDA	0,987	1,963	Média
2933455	WANDERLEY	2,238	-1,081	Média
2933505	WENCESLAU GUIMARAES	1,388	1,986	Média
2933604	XIQUEXIQUE	0,548	-0,962	Média
2902203	ARAMARI	0,000	-1,820	Baixa
2902252	ARATACA	0,082	-0,146	Baixa
2910206	DOM MACEDO COSTA	0,089	-0,931	Baixa
2927606	SANTA BRIGIDA	0,055	-2,066	Baixa