



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**ANÁLISE ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES OFÍDICOS
NO BRASIL E SEUS DETERMINANTES AMBIENTAIS E
SOCIOECONÔMICOS**

CLEITON JOSÉ COSTA SANTOS

**Goiânia - Goiás
2018**

CLEITON JOSÉ COSTA SANTOS

**ANÁLISE ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES OFÍDICOS
NO BRASIL E SEUS DETERMINANTES AMBIENTAIS E
SOCIOECONÔMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

Orientador: Drº. José Alexandre F. Diniz Filho (UFG)
Co-orientador: Drº. Darlan T. Feitosa (PUC GOIÁS)

**Goiânia - Goiás
2018**

S237a Santos, Cleiton José Costa

Análise espacial da ocorrência de acidentes ofídicos no Brasil e seus determinantes ambientais e socioeconômicos [manuscrito] / Cleiton José Costa Santos. -- 2018.

70 f.: il.; 30 cm

Texto em português com resumo em inglês

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Saúde, Goiânia, 2018

Inclui referências f. 48-61

1. Acidentes ofídicos – análise espacial. 3. Serpente – veneno.
I. Diniz Filho, José Alexandre F. II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. III. Título.

CDU:57.087.2:591.145 (043)




DISSERTAÇÃO DO MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE
DEFENDIDA EM 14 DE MARÇO DE 2018 E CONSIDERADA
APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:

1)


Prof. Dr. José Alexandre Filizolla Diniz Filho / UFG (Presidente/Orientador)

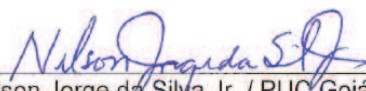
2)


Prof. Dr. Darlan Tavares Feitosa / PUC Goiás (Coorientador)

3)


Profa. Dra. Levi Catarina Terribile / UFG (Membro Externo)

4)


Prof. Dr. Nelson Jorge da Silva Jr. / PUC Goiás (Membro)

5)

Prof. Dra. Flávia Melo Rodrigues / PUC Goiás (Suplente)

DEDICATÓRIA

A todos os professores que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, em especial aos Professores Drº. Darlan Feitosa e Drª. Sandra Longhin, com muito respeito e gratidão, pelo apoio incondicional e por acreditarem que eu seria capaz.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dr^a. Sandra Regina Longhin, que é a principal responsável pelo meu ingresso no mestrado, sem ela eu não teria conseguido mais essa conquista.

Ao Professor Dr^o. José Alexandre Felizola Diniz Filho, pela confiança, atenção e todo conhecimento compartilhado durante todo o período de orientação para o desenvolvimento deste trabalho.

À Professora Dr^a. Levi Carina Terribile, pela parceria e importantes contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Dr^o. Nelson Jorge da Silva Júnior, por ter indicado o Prof. Dr. José Alexandre para orientação neste projeto de mestrado.

Ao Professor Dr^o. Darlan Tavares Feitosa, pela confiança e apoio incondicional a mim dispensado durante todo esse período de orientação.

A CAPES pela concessão de bolsa de mestrado e apoio financeiro para realização deste projeto.

Ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios – RAN/ICMBio por todo apoio prestado em diversas fases deste trabalho.

À Dona Zélia Evangelista de Sousa e sua filha Maria Vilma, que gentilmente me acolheram como família em Goiânia durante todo o curso.

A todos os professores do Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde, pelo compromisso com a formação de recursos humanos de qualidade.

Ao meu amigo e eterno parceiro Wellington Barros e Barbosa, pelo estímulo e conselhos dados em diversos momentos das minhas incertezas.

Aos meus amigos Antônio Moraes da Silva, Fernanda Santos e Lorraine Rafaela, pelos frequentes incentivos e apoio moral para não desacreditar da nossa capacidade.

À minha família, pela torcida constante e acreditar em mais essa conquista.

A todos os meus amigos e colegas do curso que compartilhamos dias muito enriquecedores durante as disciplinas cursadas.

RESUMO

Recentemente os acidentes ofídicos foram reclassificados pela Organização Mundial da Saúde como Doença Tropical Negligenciada. Esse problema atinge principalmente grupos etários economicamente ativos de populações rurais em países pobres ou em desenvolvimento nas regiões tropicais. Apesar do baixo índice de mortalidade associado a esse tipo de acidente no Brasil, uma das maiores estimativas de ocorrência foi atribuída ao país. O perfil epidemiológico é amplamente conhecido nas diversas regiões brasileiras, porém, pouco se inferiu sobre fatores associados à ocorrência de acidentes ofídicos no país. Assim, com o objetivo de analisar a distribuição espacial dos acidentes causados por serpentes das famílias Elapidae e Viperidae, registrados para os municípios brasileiros entre os anos de 2007 e 2015, associamos o número de acidentes ofídicos, obtidos na base de dados do Sistema de Informação e Notificação de Agravos do Ministério da Saúde, com variáveis ligadas a fatores humanos e ambientais considerando o efeito espacial na distribuição dos dados. A taxa de incidência média anual foi calculada para elaboração do mapa de distribuição nacional e regional da incidência no período analisado. A associação entre o número de acidentes e fatores analisados foi testada através de Análise de Regressão Linear Múltipla OLS (*Ordinary Least Square*), avaliando a autocorrelação espacial nos resíduos do modelo pelo Índice de Moran. A partição de variância foi realizada para avaliar o efeito isolado dos diferentes fatores sobre a variação do número de acidentes. A incidência média anual para o período foi de **12,1/100.000hab**. As regiões Norte e Centro-Oeste apresentaram as maiores incidências, seguidas pelas regiões Nordeste, Sul e Sudeste, respectivamente. O modelo OLS indicou associação superior a **50%** entre dados de acidentes e variáveis testadas, com maior contribuição dos fatores humanos seguidos do efeito espacial e menor contribuição dos fatores ambientais em todas as escalas analisadas. O modelo mostrou maior adequação principalmente para as regiões com maior taxa de incidência, indicando diferenças na composição das variáveis mais importantes em cada região. Contudo, é possível inferir que no período analisado, fatores humanos contribuíram mais fortemente para a ocorrência de acidentes ofídicos no Brasil, seguidos do efeito espacial sobre a distribuição desses acidentes e menor contribuição dos fatores ambientais. Especialmente, o adensamento demográfico ligado ao tipo de ocupação e condições climáticas podem favorecer o aumento de acidentes ofídicos no país e diferentes características regionais podem esclarecer a disparidade na taxa de incidência entre as regiões brasileiras.

Palavras-Chave: Distribuição Espacial. Fatores Ambientais. Fatores Humanos. Ofidismo. Serpentes.

ABSTRACT

Recently the World Health Organization reclassified the snakebites as Neglected Tropical Disease. This problem mainly affects economically active age groups of rural populations in poor or in developing countries in tropical regions. Despite the low mortality rate associated with this type of accident in Brazil, one of the largest estimates of occurrence was attributed to the country. The epidemiological profile is widely known in several Brazilian regions, but little was inferred about factors associated with the occurrence of snakebites in the country. In order to analyze the spatial distribution of snakebites caused by snakes of the Elapidae and Viperidae families in the Brazilian municipalities between 2007 and 2015, we associate the number of snakebites with variables related to human factors (Area of the Municipality, Population, Agricultural Production, Municipal Human Development Index and Gross Domestic Product) and environmental factors (Species Richness, Remnant Area of Native Vegetation, Altitude and Climate). The records of notifications were obtained from the database of the Ministry of Health's Information and Notification System of Injuries. The average annual incidence rate for the time series analyzed was calculated. The association between the number of snakebites and factors analyzed was tested through Multiple Linear Regression Analysis by an OLS (Ordinary Least Square) model, evaluating the spatial autocorrelation in the model residues by the Moran Index. The variance partition was performed to evaluate the isolated effect of the different factors (environmental, human and spatial) on the variation of the accident data. Data were analyzed at national and regional scales. The average annual incidence for the period was 12.1/100,000 inhabitants. The North and Midwest regions presented the highest incidence, followed by the Northeast, South and Southeast regions, respectively. The OLS model indicated association more than 50% between snakebites data and variables tested, with the highest contribution of human factors followed the spatial effect and lower contribution of environmental factors in all scales. The model showed higher suitability especially for regions with the highest incidence rate, indicating differences in the composition of the most important variables in each region. However, it is possible to infer that in the analysis period, human factors contributed most heavily to the occurrence of snakebites in Brazil, followed by the spatial effect on the distribution of these snakebites and minor contribution of environmental factors. Clearly, the demographic density linked to type of occupation and climatic conditions may favor the increase of snakebites in the country, and different regional characteristics can clarify the disparity in the incidence rate among the Brazilian regions.

Key words: Environmental factors. Human factors. Snakes. Snakebites. Spatial distribution.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Gráficos dos Valores Estimados x Valores Observados de $\sqrt{\text{Total_acidentes}}$ com os Coeficientes de Determinação Múltipla (R^2) para o Brasil e as cinco regiões geopolíticas28
- Figura 2.** Partição de variância dos fatores humanos, ambientais e efeito espacial associados à variação dos acidentes ofídicos registrados entre 2007 e 2015 no Brasil, analisados em níveis nacional e regionais33
- Figura 3.** Mapas de distribuição da incidência média anual de acidentes ofídicos no Brasil e nas cinco regiões geográficas entre os anos de 2007 e 2015 (Material Suplementar I).....62
- Figura 4.** Mapa de distribuição da riqueza de espécies de serpentes das famílias Elapidae e Viperidae por município no Brasil – Apêndice (Material Suplementar II).63
- Figura 5.** Correlograma do Índice de Moran para as classes de distâncias dos resíduos no modelo OLS nacional sem os filtros espaciais – Apêndice (Material Suplementar IV)69
- Figura 6.** Correlograma do Índice de Moran para as classes de distâncias dos resíduos no modelo OLS nacional com inclusão dos filtros espaciais – Apêndice (Material Suplementar IV)70

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Descrição dos eixos selecionados pelo critério de <i>Broken Stick</i> na PCA das 19 variáveis bioclimáticas (Apêndice – Material Suplementar III).....	68
Tabela 1. Estimativas globais de acidentes ofídicos apresentada pela literatura, distribuídas por continentes e/ou regiões geográficas.	14
Tabela 2. Número de espécies de serpentes consideradas de importância médica pela OMS, listadas segundo a categoria de importância por região geográfica.....	16
Tabela 3. Taxa de incidência média anual estimada para acidentes ofídicos causados por espécies das famílias Elapidae e Viperidae registrados no Brasil entre os anos de 2007 e 2015 em níveis regionais e nacional.....	27
Tabela 4. Coeficientes padronizados <i>b</i> e significância das variáveis incluídas na análise de Regressão Linear Múltipla OLS para os dados nacionais e regionais, agrupadas em fatores humanos e ambientais.....	31
Tabela 5. Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados nacionais – Apêndice (Material Suplementar I).....	64
Tabela 6. Autovalores das variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Norte – Apêndice (Material Suplementar I)	65
Tabela 7. Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Centro-Oeste – Apêndice (Material Suplementar I).....	65
Tabela 8. Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Sul – Apêndice (Material Suplementar I).....	66
Tabela 9. Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Nordeste – Apêndice (Material Suplementar I).....	66
Tabela 10. Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Sudeste – Apêndice (Material Suplementar I).....	67
Tabela 11. Coeficientes de Determinação Múltipla (R^2) do Modelo OLS nacional com a inclusão das variáveis <i>dummies</i> e filtros espaciais, avaliados com Índice de Moran para detecção de autocorrelação espacial nos resíduos – Apêndice (Material Suplementar II).....	69

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

=	Igual
>	Maior que
<	Menor que
%	Por cento
Bi	Bilhões
coef.	Coeficiente
hab	Habitantes
i.e.	<i>id est</i>
IBEG	Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
e.g.	<i>exempli gratia</i>
LAPIG	Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
log ₁₀	Logaritmo na base 10
m	Metros
Mi	Milhões
MS	Ministério da Saúde
N°	Número
NTD	Doença Tropical Negligenciada
NTDs	Doenças Tropicais Negligenciadas
OIM	<i>Institute of Medicine</i>
OLS	Mínimos Quadrados Ordinários
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Significância em teste estatístico
PCA	Análise de Componentes Principais
PCNM	Principais Coordenadas de Matriz de Vizinhaça
PIB	Produto Interno Bruto
Pop.	População
Prop.	Proporção
r	Correlação
R ²	Coeficiente de Determinação Múltipla
RVN	Remanescente de Vegetação Nativa
SAM	<i>Spatial Analysis in Macroecology</i>
SINAN	Sistema de Informação de Agravos e Notificação
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SVS	Secretaria de Vigilância Sanitária
sqrt	Raiz quadrada
UK	<i>United Kingdom</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 ACIDENTES OFÍDICOS NO MUNDO	14
2.2 GRUPOS DE SERPENTES DE INTERESSE MÉDICO GLOBAL.....	15
2.3 ACIDENTES OFÍDICOS NO BRASIL.....	16
2.4 GRUPOS DE SERPENTES DE INTERESSE MÉDICO NO BRASIL	18
2.5 ÁREAS DE RISCO E FATORES ASSOCIADOS	18
3 OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GERAL.....	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 COLETA DE DADOS.....	22
4.1.1 Registros de ocorrência de acidentes ofídicos	22
4.1.2 Fatores ambientais.....	22
4.1.2.1 Riqueza de espécies.....	22
4.1.2.2 Variáveis ambientais.....	23
4.1.3 Fatores humanos	23
4.2 ANÁLISE DE DADOS	24
4.2.1 Regressão linear múltipla	24
4.2.2 Autocorrelação espacial	25
5 RESULTADOS	27
5.1 ANÁLISE ESPACIAL NACIONAL E REGIONAL	27
5.2 PARTIÇÃO DE VARIÂNCIA	32
6 DISCUSSÃO	34

6.1 DISTRIBUIÇÃO E PREDITORES DE ACIDENTES OFÍDICOS NO BRASIL.....	34
6.2 EFEITO DOS FATORES HUMANOS, AMBIENTAIS E ESPACIAIS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE ACIDENTES OFÍDICOS NO BRASIL.....	43
7 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE	62
Material Supelentar I.....	62
Material Supelentar II.....	63
Material Supelentar III.....	64
Material Supelentar IV	69

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os acidentes ofídicos são listados como uma das principais Doenças Tropicais Negligenciadas (NTDs) mundialmente (CHIPPAUX, 2017a; KASTURIRATNE et al., 2017). Esses acidentes têm sido vistos como uma doença ambiental e ocupacional (GUTIÉRREZ et al., 2010; CHAVES et al., 2015) e referem-se a envenenamentos humanos causados por mordida de serpentes venenosas das famílias Colubridae, Elapidae, Viperidae, (CHIPPAUX, 1998; WHO, 2007; GUTIÉRREZ et al., 2017) e da subfamília Atractaspidinae (WAGNER et al., 2009; TRAPE et al., 2001) distribuídas por todos os continentes.

O impacto socioeconômico causado pelos acidentes ofídicos vai além das taxas de mortalidade, já que a incidência de amputações e outras sequelas decorrentes desses envenenamentos são também observadas entre as populações afetadas (GUTIÉRREZ et al., 2006; CHIPPAUX, 2011; GUTIÉRREZ et al., 2013; KASTURIRATNE et al., 2017). Na Nigéria, por exemplo, um levantamento identificou que, entre os anos de 1991 e 2005, os envenenamentos causados por serpentes estiveram entre as 10 principais indicações para amputação de membros (THANNI e TADE, 2007). Estima-se a ocorrência anual de pelo menos 400.000 amputações e outras sequelas decorrentes de acidentes ofídicos no mundo (ARNOLD, 2016) e a frequência desses acidentes é maior em indivíduos jovens do sexo masculino, trabalhadores rurais, compreendendo a grupos etários economicamente ativos em países tropicais (e.g.: ALIROL et al., 2010; CHIPPAUX, 2011; CHIPPAUX, 2012; VAIYAPURI et al., 2013; CHIPPAUX, 2017b).

Além da semelhança no perfil epidemiológico dos acidentes ofídicos entre os países tropicais, características socioeconômicas e condições ambientais que podem favorecer o aumento da ocorrência de acidentes ofídicos, também estão presentes nesses países (ver WARREL, 2010). Dados relacionados a essas características já foram associados à incidência e taxa de mortalidade decorrente de acidentes ofídicos em regiões tropicais (HARRISON et al., 2009; EDIRIWEERA et al., 2016). Estudos epidemiológicos são mais frequentes entre os países tropicais, porém, poucos são realizados em escala nacional (e.g.: BOCHNER et al., 2014; CHIPPAUX e POSTIGO, 2014; DOLAB et al., 2014; OTERO-PATIÑO, 2014; CHEN et al., 2015; CHAFIQ et al., 2016; HOSSAIN et al., 2016), e em geral, os levantamentos epidemiológicos são fragmentados (KASTURIRATNE et al., 2008) e

tendem a cobrir áreas geográficas limitadas ou apresentar aspectos clínicos de casos isolados (CHIPPAUX, 1998), porém, podem fornecer evidências para outros estudos de caráter ecológico (ver CÂMARA et al., 2003) e auxiliar no planejamento de ações de controle, tratamento e prevenção dos acidentes ofídicos (CHIPPAUX, 2012) mitigando os impactos causados pelos acidentes ofídicos nos países tropicais (GUTIERREZ et al., 2006).

Uma análise cientométrica avaliou as tendências de pesquisas relacionadas a acidentes ofídicos no mundo através de publicações dos últimos 116 anos, fornecendo o primeiro panorama em nível global da pesquisa sobre o tema. Os resultados apontaram que a maioria das pesquisas está focada em desvendar mecanismos básicos da fisiologia humana ou no desenvolvimento de novos fármacos e se concentram em países altamente desenvolvidos (GRONEBERG et al., 2016). Assim, considerando os acidentes ofídicos como um problema dinâmico, podendo responder a diferentes situações condicionantes (ver NORI et al., 2014), fica evidente a necessidade de investigação dos possíveis fatores que estejam influenciando o aumento e a distribuição espacial dos acidentes ofídicos nas regiões tropicais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ACIDENTES OFÍDICOS NO MUNDO

Nas últimas seis décadas apenas três estudos publicados apresentaram estimativas globais de mortalidade, incidência ou ocorrência de acidentes ofídicos (i. e. SWAROOP e GRAB, 1954; CHIPPAUX, 1998; KASTURIRATNE et al., 2008). O primeiro levantamento realizado por Swaroop e Grab (1954), apresentou estimativas globais do índice de mortalidade decorrentes de acidentes ofídicos a partir de registros hospitalares, sugerindo a ocorrência de 30.000 – 40.000 mortes anuais. Três décadas depois, o segundo levantamento realizado por Chippaux (1998) sugeriu uma estimativa global de 5.400.000 acidentes ofídicos por ano, utilizando dados de relatórios e publicações científicas. Em 2008, o último e mais recente estudo foi realizado com base em registros de banco de dados, artigos científicos e literatura cinza de aproximadamente 230 países, sugerindo duas estimativas: uma mais conservadora com 420.549 casos anuais de acidentes ofídicos e outra mais pessimista com 1.841.158 casos (KASTURIRATNE et al., 2008) (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativas globais de acidentes ofídicos apresentadas pela literatura, distribuídas por continentes e/ou regiões geográficas.

Região/Continente	Mortalidade 1954	Ocorrência 1998	Ocorrência 2008
Ásia	25.000 – 35.000	4.000.000	237.379 – 1.184.550
África	400 – 1.000	1.000.000	93.639 – 499.830
América Central e Sul	3.000 – 4.000	300.000	81.427 – 137.123
América do Norte	300 – 500	45.000	2.683 – 3.858
Europa	50	25.000	3.961 – 9.902
Oriente Médio	–	20.000	–
Oceania	10	10.000	1.460 – 5.895
Total	30.000 – 40.000	5.400.000	420.549 – 1.841.158

Fonte: SWAROOP e GRAB (1954); CHIPPAUX (1998); KASTURIRATNE et al. (2008).

Considerando que poucos países possuem registros sistemáticos de acidentes ofídicos, estas estimativas em nível global apresentam valores muitas vezes especulativos (CHIPPAUX, 1998). Para ponderar as disparidades nos dados globais apresentados pela literatura nos diferentes períodos levantados, cabe ressaltar para o índice de mortalidade sugerido por Swaroop e Grab (1954) que, até o ano de 1949, o Manual de Classificação Estatística Internacional de Doenças, Lesões e Causas de Morte (ILCD) não apresentava um código de classificação

específico para envenenamentos ou mortes decorrentes de acidentes ofídicos, sendo incluído o código “175ba” (Injúria por animais venenosos) apenas na 6ª Revisão do ILCID (WHO, 1949), fator limitante para a realização de análises mais precisas.

Apesar de Kasturiratne et al., (2008) apresentarem estimativas menores que as sugeridas por Chippaux (1998), é pouco provável que o número de acidentes ofídicos no mundo tenha reduzido. Segundo Chippaux (2017b), além da existência de subnotificação de casos, as estimativas baseadas em literaturas médicas e científicas, tendem a apresentar dados altamente viesados, uma vez que a maioria dos estudos publicados relata fatos epidemiológicos ou clínicos sobre acidentes ofídicos em áreas de alta incidência, porém com pouca representatividade.

2.2. GRUPOS DE SERPENTES DE INTERESSE MÉDICO GLOBAL

Entre os grupos de animais venenosos conhecidos, as serpentes terrestres formam o maior e mais importante grupo de interesse médico (JUNGHANSS e BODIO, 2006). As serpentes peçonhentas são amplamente distribuídas pelos continentes e nas regiões tropicais observa-se uma maior diversidade de espécies (CAMPBELL e LAMAR, 2004; TERRIBILE et. al., 2009), coincidindo com a distribuição das áreas com alta incidência de acidentes ofídicos em nível global (HARRISON et al., 2009).

A distribuição de serpentes de importância médica pode estender-se desde o nível do mar até mais de 4.000 metros de altitude (WARRELL, 2010; WHO, 2016). As distribuições mais austrais que atingem regiões frias são conhecidas apenas para duas espécies: a *Vipera berus* no norte europeu e a *Bothrops ammodytoides* no sul argentino (CARRASCO et al., 2010; MARITZ et al., 2016).

Cerca de 3.380 espécies de serpentes são formalmente reconhecidas, distribuídas em 23 famílias e 511 gêneros (PINCHEIRA-DONOSO et. al., 2013; PYRON et. al., 2013; VITT e CALDWELL, 2014). As famílias Colubridae (1.876 espécies), Elapidae (361 espécies), Lamprophiidae (315 espécies - sensu PYRON et. al., 2011) e Viperidae (342 espécies) (UETZ, 2017), comportam as espécies consideradas de importância médica (ver WARRELL, 2012), sendo listadas nesse grupo, ao menos 235 espécies agrupadas em duas categorias conforme sua importância em cada continente, país ou região geográfica (Tabela 02).

São incluídas na Categoria I (Maior importância médica) as espécies de serpentes altamente venenosas, com ampla distribuição geográfica e numerosos registros de acidentes resultando na alta incidência de morbidade e mortalidade. A Categoria II (Importância médica secundária) é composta por espécies altamente venenosas, capazes de causar morbidade ou morte, que apresentam deficiência de dados epidemiológicos ou clínicos e baixos registros de acidentes ocasionais (WHO, 2010; SILVA, 2013). Essa categorização lista as espécies com prioridades de produção de soro antiofídico (WHO, 2010).

Tabela 2. Número de espécies de serpentes consideradas de importância médica pela OMS, listadas segundo a categoria de importância por região geográfica.

Categoria	Número de espécies				
	África	Américas	Ásia e Austrália	Europa	Oriente Médio
I	26	30	42	3	13
II	28	45	52	12	12
Total	54	75	94	15	25

Fonte: WHO 2017.

2.3. ACIDENTES OFÍDICOS NO BRASIL

Os primeiros estudos sobre ofidismo no Brasil datam mais de um século, juntamente com a fundação do primeiro centro de pesquisa e produção de soros antiofídicos, o Instituto Butantan (BOCHNER e STRUCHINER, 2003; RISK et al., 2016). Isso tem refletido no cenário atual da pesquisa sobre acidentes ofídicos em nível mundial, colocando o Brasil em posição de destaque em número de publicações. Dados apontam o Brasil como o segundo país com maior número de publicações sobre acidentes ofídicos desde 1900, superado apenas pelos Estados Unidos (GRONEMBERG et al., 2016).

O Brasil é listado entre os cinco países com as maiores estimativas anuais de acidentes ofídicos no mundo (KASTURIRATNE et al., 2008). Dados baseados nos registros de acidentes ocorridos entre os anos de 2001 e 2012 estimaram média anual de 27.000 casos (BOCHNER et al., 2014). A taxa de incidência estimada pelo Ministério da Saúde para o ano de 2016 foi de 12,7/100.000hab (BRASIL, 2017).

De acordo com Chippaux (2017b), apesar de apresentar uma das maiores estimativas de incidência de acidentes ofídicos entre os países sul-americanos, a taxa de mortalidade no Brasil é considerada uma das mais baixas do continente (0,057/100.000hab), registrando taxa substancialmente inferiores àquelas estimadas

para países da Ásia e África (ver CHIPPAUX, 2011; MOHAPATRA et al., 2011; EDIRIWEERA et al., 2016).

Citado como um dos poucos países que possuem dados estatístico satisfatórios para os acidentes ofídicos registrados em território nacional (GUTIERREZ et al., 2010), o Brasil possui ferramentas de registros de acidentes ofídicos desde o ano de 1902, quando foram criados, pelo médico Vital Brazil, os Boletins de Notificação do Instituto Serumtherapico do Estado de São Paulo, que posteriormente serviu de referência para outros países no mundo inclusive com recomendações da OMS (RISK et al., 2016).

Em 1986 foi instituído o Programa Nacional de Controle de Acidentes Ofídicos que, em 1988, foi ampliado a acidentes causados por outros animais venenosos (CUPO, 2015) e, atualmente, é conhecido como Sistema de Informação de Agravos e Notificação (SINAN) do Ministério da Saúde. O SINAN se tornou a principal base de dados de informações epidemiológicas e estatísticas em saúde do governo brasileiro (BOCHNER, 2013).

Seguindo o protocolo adotado pelo Ministério da Saúde, os acidentes ofídicos são classificados segundo o gênero da serpente causadora, obtendo-se então quatro classificações: Acidente Bothrópico, causado por serpentes do gênero *Bothrops*; Acidente Crotálico, causado por serpentes do gênero *Crotalus*; Acidente Laquético, causado por serpentes do gênero *Lachesis*; Acidente Elapídico, causado por serpentes do gênero *Micrurus* e alguns acidentes causados por espécies da família Colubridae não possuem uma classificação específica (BRASIL, 2001; PINHO et al., 2001). Apesar da classificação dos acidentes elapídicos referir-se à família Elapidae com dois gêneros registrados para o Brasil (*Micrurus* e *Leptomicrurus*), os registros existentes ligados a esse tipo de acidente são relatados apenas como acidentes envolvendo serpentes do gênero *Micrurus* (BUCARETCHI et al., 2016a).

Em mais de um século de pesquisa sobre acidentes ofídicos no Brasil, a maioria dos estudos esteve voltada para identificação do perfil epidemiológico, sendo pouco observado estudos envolvendo fatores ambientais e socioeconômicos, possivelmente, associados à variação do número de acidentes ofídicos no país (BOCHNER e STRUCHINER, 2003). A distribuição dos acidentes ofídicos no Brasil é amplamente conhecida e os mais recentes levantamentos, em nível nacional, demonstram que a incidência é claramente maior na região Norte, seguida das

regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sul e Sudeste respectivamente (BOCHNER et al, 2014; CHIPPAUX, 2015).

2.4. GRUPO DE SERPENTE DE INTERESSE MÉDICO NO BRASIL

Ao Brasil é atribuída uma rica diversidade de serpentes (ver COSTA e BÉRNILS, 2015). São reconhecidas cerca de 392 espécies com ocorrência no país, das quais 63 espécies compõem as duas famílias (Elapidae e Viperidae) que mais causam acidentes ofídicos em território brasileiro. São registrados 40 táxons da família Elapidae, dos quais três pertencem ao gênero *Leptomicrurus* e 37 ao gênero *Micrurus* (MELGAREJO et al., 2016; COSTA e BÉRNILS, 2015). Em relação à família Viperidae, são conhecidos 36 táxons, dos quais 27 pertencem ao gênero *Bothrops*, dois ao gênero *Bothrocophias*, um ao gênero *Lachesis* e seis ao gênero *Crotalus* (COSTA e BÉRNILS, 2015).

A OMS lista para o Brasil 23 espécies de serpentes de importância médica, sendo alocadas na Categoria I seis espécies da família Viperidae e na Categoria II 12 espécies da família Viperidae e cinco da família Elapidae (WHO 2010). Apesar de haver registros na literatura de acidentes causados por espécies da família Colubridae (HESS e SQUAIELLA-BAPTISTÃO, 2012) e o Ministério da Saúde considerar importância médica para algumas espécies dessa família, nenhum táxon da família Colubridae é listado com importância médica pela OMS no Brasil.

As serpentes da família Viperidae são relatadas em 99% dos casos de acidentes ofídicos registrados em território brasileiro, e as espécies da família Elapidae representam apenas 1% (BUCARETCHI et al., 2016b). Dados referentes ao período de 2001 a 2012 mostraram que os acidentes com as espécies do gênero *Bothrops* são predominantes, correspondendo a mais de 70% dos casos registrados para o período, seguido de *Crotalus*, *Lachesis* e *Micrurus* respectivamente (BOCHNER et al., 2014; CHIPPAUX, 2015; WEN et al., 2015).

2.5. ÁREAS DE RISCO E FATORES ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE ACIDENTES OFÍDICOS

Desde os primeiros levantamentos sobre incidência de acidentes ofídicos, já eram observáveis áreas de maior ocorrência em escala global. Seguindo o mesmo padrão de outras NTDs, os acidentes ofídicos afetam especialmente países pobres ou em desenvolvimento, com altas taxas de incidência nas áreas rurais (CHIPPAUX,

1998; WHO 2007; KASTURIRATNE et al., 2008; WARRELL, 2010; CHIPPAUX, 2017b).

Embora as análises tenham sido realizadas com base em levantamentos epidemiológicos regionalizados, as características ambientais, o perfil epidemiológico e aspectos socioeconômicos são amplamente compartilhados entre as áreas de maior incidência de acidentes ofídicos (e.g.: HALESIA et al., 2013; SHARMA et al., 2013; KULARATNE et al., 2014; FEITOSA et al., 2015a; FEITOSA et al., 2015b; LADEIRA e MACHADO, 2017).

Assim como para outras NTDs, fatores ambientais, biológicos e sociais podem convergir para a variação da incidência dos acidentes ofídicos (ver IOM, 2011). Alguns determinantes sociais já foram inferidos para avaliar sua associação com esses acidentes e indicaram uma relação inversa entre a taxa de mortalidade decorrente de acidentes ofídicos e poder econômico dos países analisados, sugerindo maior impacto social e econômico em países ou regiões com menor capacidade financeira de investimentos em serviços de saúde (HARRISON et al., 2009; KASTURIRATNE et al., 2017).

Da mesma forma, considerando que fatores abióticos podem limitar a distribuição das espécies (BROWN e LOMOLINO, 1998; KREBS, 2001) e, conseqüentemente, refletir na variação do número de acidentes distribuídos espacialmente, alguns estudos utilizaram dados climáticos para testar sua relação com a variação dos acidentes ou predizer áreas de adequabilidade climática para ocorrência de espécies peçonhentas (e.g.: NORI et al., 2014; YAÑEZ-ARENAS et al., 2014; CHAVES et al., 2015; EDIRIWEERA et al., 2016), na tentativa de identificar áreas de maior risco de ocorrência dos acidentes devido à combinação dos diversos fatores associados.

No Brasil, alguns estudos avaliaram a relação entre acidentes ofídicos e fatores ambientais e humanos. Nos estados de São Paulo e Paraná foi observada uma coincidência entre áreas de maior incidência e a área de distribuição de serpentes (FAN et al., 2002). No Rio de Janeiro, aspectos socioeconômicos e ambientais foram apontados como fatores de risco para a ocorrência de acidentes ofídicos em diferentes regiões do estado (BOCHNER e STRUCHINER, 2004). Outro estudo revelou associação positiva entre características do perfil agrícola e a variação da incidência de acidentes ofídicos nos municípios da Bahia (MISE et al., 2016). Em diferentes regiões do Brasil, a variação sazonal dos acidentes ofídicos

aponta para aumento da incidência em períodos sazonais de maior precipitação e temperaturas mais elevadas (FEITOSA et al., 2015a; ARGON et al., 2016).

Contudo, um dos principais desafios no planejamento estratégico de ações para controle e prevenção dos acidentes ofídicos é a adoção de uma abordagem integrativa, contemplando os múltiplos fatores associados a esse problema (GUTIÉRREZ et al., 2010). A inferência estatística utilizando uma abordagem de análise espacial tem sido pouco explorada dentro da pesquisa sobre acidentes ofídicos, e alguns trabalhos com essa abordagem têm apresentado resultados relevantes para a identificação de áreas de risco e principais eventos associados à variação da incidência de acidentes em diferentes regiões (e.g.: NORI et al., 2014; YAÑEZ-ARENAS et al., 2014; EDIRIWEERA et al., 2016), contribuindo então para identificação das áreas com maior necessidade de atenção e direcionamento de ações estratégicas para o controle e prevenção dos acidentes ofídicos.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a distribuição espacial e fatores associados a ocorrência de acidentes ofídicos causados por serpentes das famílias Elapidae e Viperidae registrados no Brasil entre os anos de 2007 e 2015.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear a distribuição dos acidentes ofídicos no Brasil em níveis nacional e regional;
- Associar, utilizando modelos de regressão espacial, o número total de acidentes ofídicos a variáveis ambientais e de ocupação humana;
- Verificar quais fatores (ambientais, humanos e espacial) têm maior efeito sobre a variação do número de acidentes ofídicos em níveis nacional e regional.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. COLETA DE DADOS

4.1.1. Registros de ocorrência de acidentes ofídicos

Para este estudo foram coletados registros de ocorrência de acidentes ofídicos causados por serpentes das famílias Elapidae e Viperidae em números totais, ocorridos entre os anos de 2007 e 2015 nos municípios brasileiros e notificados na base de dados do Sistema de Informação de Agravos e Notificação (SINAN) do Ministério da Saúde (MS). Os dados referentes aos anos de 2014 e 2015 ainda estão sujeitos a eventual revisão pelo sistema.

Todos os casos (suspeitos e/ou confirmados) de acidentes por animais peçonhentos são obrigatoriamente notificados ao SINAN, através de ficha de notificação individual padronizada pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS) (BRASIL, 2007). Os dados coletados para este estudo referem-se apenas aos casos notificados com base no gênero da serpente causadora do acidente (i.e.: *Bothrops*, *Crotalus*, *Lachesis* e *Micrurus*), garantindo a confirmação do acidente por espécies das famílias Elapidae e Viperidae.

A taxa de incidência média anual de acidentes ofídicos para o período (2007 – 2015) foi calculada com base no modelo sugerido por CHIPPAUX (2012), dividindo o número de casos registrados no ano pela população anual estimada segundo o IBGE (2015), e o resultado foi expresso por 100.000 habitantes apenas para elaboração do mapa de distribuição da incidência de acidentes ofídicos no Brasil no período analisado em níveis nacional e regional (Apêndice – Material Suplementar I).

4.1.2. Fatores Ambientais

4.1.2.1. Riqueza de espécies

Para calcular a riqueza de espécies para cada município foram utilizados os polígonos de distribuição das espécies de serpentes das famílias Elapidae e Viperidae definidos por Terribile et al. (2009). Dados de espécies da família Elapidae foram complementados com informações provenientes de Passos e Fernandes (2007), Pires et al. (2014), Feitosa et al. (2015) e Silva Jr. et al. (2016). Para as espécies da família Viperidae, apesar de haver descrições de novas espécies, os

polígonos de distribuição dessas espécies não foram incluídos nas análises por se tratarem de espécies insulares (ver BARBO et al., 2012; BARBO et al., 2016).

A riqueza de espécies, para cada município, foi calculada a partir da sobreposição dos polígonos de distribuição das espécies com os polígonos de limites municipais (TERRIBILE e DINIZ-FILHO, 2008). A função *Spatial Join* do Arcgis 10.2 foi utilizada para realizar a junção espacial dos dados, permitindo a contagem do número de polígonos de distribuição das espécies sobrepostos aos polígonos dos municípios e posterior elaboração do mapa de riqueza de espécies por município para o Brasil (Apêndice – Material Suplementar II).

4.1.2.2. Variáveis ambientais

Variáveis climáticas possivelmente associadas a padrões de atividades das serpentes foram utilizadas com base em alguns estudos que identificaram predominância dos acidentes para períodos sazonais mais quentes e de maior precipitação pluviométrica (CHAVES et al., 2015; FEITOSA et al., 2015a; ARGON et al., 2016; EDIRIWEERA et al., 2016). Assim, optamos pela utilização de eixos climáticos gerados através de uma Análise de Componentes Principais (PCA) (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998) das 19 variáveis bioclimáticas do *worldclim* (FICK e HIJMANS, 2017) que sintetiza o clima ambiente em território brasileiro, selecionando os principais eixos pelo critério de *Broken Stick*, no SAM 4.0 (RANGEL, et al., 2010). A interpretação dos eixos significativos para os dados nacionais e regionais estão descritas no Quadro 1 em material suplementar apenso (Apêndice - Material Suplementar III).

Foram incluídos no conjunto de variáveis dados de altitude média – também associada a variação da incidência de acidentes ofídicos (EDIRIWEERA et al., 2016) – para cada município, extraídas de arquivo *raster* obtido na base de dados da *WorldClim* (FICK e HIJMANS, 2017) e, complementarmente, adicionamos a quantidade de área remanescente de vegetação nativa (Área RVN) em hectares para cada município, disponibilizados pela base de dados online do Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (LAPIG, 2017).

4.1.3. Fatores humanos

Considerando o fato dos acidentes ofídicos serem tratados como risco ocupacional a atividades agrícolas segundo GUTIÉRREZ et al. (2017), variáveis

ligadas a fatores sociais e econômicos já relacionados aos acidentes ofídicos em outros estudos, foram adicionadas ao conjunto de dados para construção do modelo (ver HARRISON et al., 2009; EDIRIWEERA et al., 2016; KASTURIRATNE et al., 2017). Utilizamos dados do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), Produto Interno Bruto (PIB), População (urbana e rural), Área do município em km² e Produção Agrícola (área total plantada ou destinada a colheita em km²) disponibilizados pelo IBGE através de censos e projeções populacionais (IBGE, 2006; 2010; 2015). Para a variável Produção Agrícola foi coletada apenas a produção referente a culturas não mecanizadas, excluindo-se a produção de monoculturas mecanizadas.

4.2. ANÁLISE DE DADOS

4.2.1. Regressão linear múltipla

A Regressão Linear Múltipla é um dos métodos estatísticos frequentemente utilizado em estudos ecológicos para estimar, inferir ou prever o valor de uma variável dependente ou resposta (y), em função de um conjunto de variáveis independentes ou preditoras (x) (NALLY, 2002). Esta análise estatística estima um coeficiente parcial de regressão das variáveis preditoras indicado pelo Coeficiente Padronizado identificado por Coeficiente b neste estudo, que é uma medida que indica quanto da taxa de variância de (y) é alterada pela mudança de uma unidade de (x) se mantidas constantes as demais variáveis indicando, portanto, a importância relativa de cada variável preditora para o modelo (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998; DINIZ-FILHO et al., 2008).

Em geral, estudos epidemiológicos utilizam a taxa de incidência como unidade de análise (ver CHIPPAUX, 2012), porém, considerando a necessidade de transformação linear de variáveis para melhor performance do modelo de regressão múltipla, os coeficientes foram estimados com base no número total de acidentes registrados. Assim, optamos pela transformação linear \sqrt{y} para o número total de acidentes ofídicos e $\log_{10}(x+1)$ para a população urbana, com o objetivo de melhorar a distribuição desses dados (ver LEGENDRE e LEGENDRE, 1998 e TERRIBILE et al., 2009).

A ferramenta SAM 4.0 foi utilizada para gerar e testar o modelo de regressão linear múltipla com ajuste da função linear de regressão pelos Mínimos Quadrados

Ordinários (modelo OLS), minimizando o erro das estimativas dos parâmetros (ver TERRIBILE e DINIZ-FILHO, 2008). Foi realizada também uma análise de partição de variância dos diferentes conjuntos, para analisar seus efeitos sobre a variação do número de acidentes ofídicos, conforme técnica adotada por Terribile et al. (2008) para esse tipo de análise estatística. Para calcular a partição de variância, exploramos os conjuntos de variáveis agrupadas em fatores humanos, fatores ambientais e efeito espacial no SAM 4.0 (RANGEL, et al., 2010) e utilizamos a função *Varpart* do pacote *Vegan* na plataforma R (OKSANEN et al., 2016) para plotar os diagramas da partição de variância.

Considerando a diferença do número de acidentes ofídicos entre as cinco regiões geopolíticas, evidenciada pela literatura (ver BOCHNER et al, 2014; CHIPPAUX, 2015), optamos pela inclusão dessas regiões como variáveis *dummies* no modelo OLS nacional para avaliar a necessidade de análise dos dados regionais, individualmente, com base na importância dessas regiões no modelo OLS nacional (ver TERRIBILE et al., 2008). Como essa inclusão aumentou perceptivelmente o coeficiente de determinação múltipla (R^2) no modelo OLS nacional, analisamos também um modelo OLS para cada região individualmente (ver Apêndice – Material Suplementar IV – Tabela 11).

4.2.2. Autocorrelação espacial

Em geral, dados distribuídos no espaço geográfico tendem a apresentar autocorrelação temporal e/ou espacial (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). Frequentemente, efeitos de estruturas espaciais não capturados pelos modelos de regressão não-espacial podem implicar em estimativas irrealistas dos parâmetros, inflando o erro Tipo I nas análises estatísticas (DINIZ-FILHO et al., 2003).

Para verificar o pressuposto de independência das observações no modelo de regressão, calculamos o Índice de Moran (*Moran's I*) para avaliar a autocorrelação nos resíduos do modelo OLS. Este índice foi obtido na análise da estrutura espacial realizada pelo software SAM 4.0 (ver DINIZ-FILHO et al., 2003 e TERRIBILE et al., 2009), identificando o padrão de distribuição espacial dos dados nos resíduos do modelo OLS nacional (*Mora's I* = 0,161) (ver Apêndice – Material Suplementar IV – Figura 10).

Para minimizar o efeito dessas estruturas espaciais existentes nos resíduos do modelo OLS, optamos pela inserção de filtros espaciais como variáveis preditoras

do modelo. Esses filtros foram obtidos por autovetores de uma análise de Principais Coordenadas de Matriz de Vizinhança (PCNM) (ver BORCARD et al., 2004; TERRIBILE e DINIZ-FILHO, 2008; DINIZ-FILHO et al., 2009). Para gerar os filtros espaciais utilizamos a função PCNM do pacote *Vegan* na Plataforma R (OKSANEN et al., 2016), e apenas eixos com autovetores que apresentaram correlação absoluta $> 0,1$ com os resíduos da regressão foram incluídos como variável preditora do modelo OLS. A incorporação desses filtros ao modelo OLS resultou na diminuição da autocorrelação espacial nos resíduos (*Moran's I* = 0,059), tornando-o aceitável sob o ponto de vista de inferência estatística. As tabelas com os resultados da análise de autocorrelação dos resíduos do modelo OLS e correlogramas estão disponíveis em material suplementar (ver Apêndice – Material Suplementar IV – Figura 11).

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISE ESPACIAL NACIONAL E REGIONAL

Entre os anos de 2007 e 2015 foram registrados no SINAN 211.584 casos de acidentes ofídicos causados por serpentes das famílias Elapidae (1.864) e Viperidae (209.720). Os acidentes causados por espécies da família Viperidae representaram 99,12% dos casos, e os acidentes envolvendo serpentes das famílias Elapidae foram inferiores a um por cento (0,88%) do total de acidentes ofídicos registrados para o período.

A incidência média anual estimada para o período analisado foi de 12,1 casos por 100.000 habitantes em nível nacional. As estimativas calculadas para as cinco regiões geopolíticas indicam um gradiente latitudinal, onde as regiões mais setentrionais apresentam maior incidência do que as regiões mais austrais. Há maior taxa de incidência para a região Norte, seguida da região Centro-Oeste e menores taxas para as regiões Nordeste, Sul e Sudeste, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Taxa de incidência média anual estimada para acidentes ofídicos causados por espécies das famílias Elapidae e Viperidae, registrados no Brasil entre os anos de 2007 e 2015 em níveis regionais e nacional.

Região	Total de acidentes (2007-2015)	População estimada (2015)	Incidência média (2007-2015)
Norte	73.160	17.504.446	50,4
Centro-Oeste	22.086	15.442.232	17,5
Nordeste	47.767	56.557.151	9,8
Sul	19.367	29.230.180	7,7
Sudeste	49.204	85.745.520	6,7
Brasil	211.584	204.479.529	12,1

O modelo OLS, composto por 12 variáveis preditoras, indicou que 54% da variação dos dados de acidentes ofídicos para o período analisado está associada ao conjunto de variáveis testadas. Para os dados regionais, os modelos apresentaram coeficiente de determinação múltipla (R^2) > 0,50, indicando que as variáveis inseridas no modelo OLS explicam bem a variação dos dados de acidentes ofídicos no Brasil. O modelo apresentou maior poder explicativo para a variação dos dados na região Norte, seguida das regiões Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Sudeste, respectivamente (Figura 1).

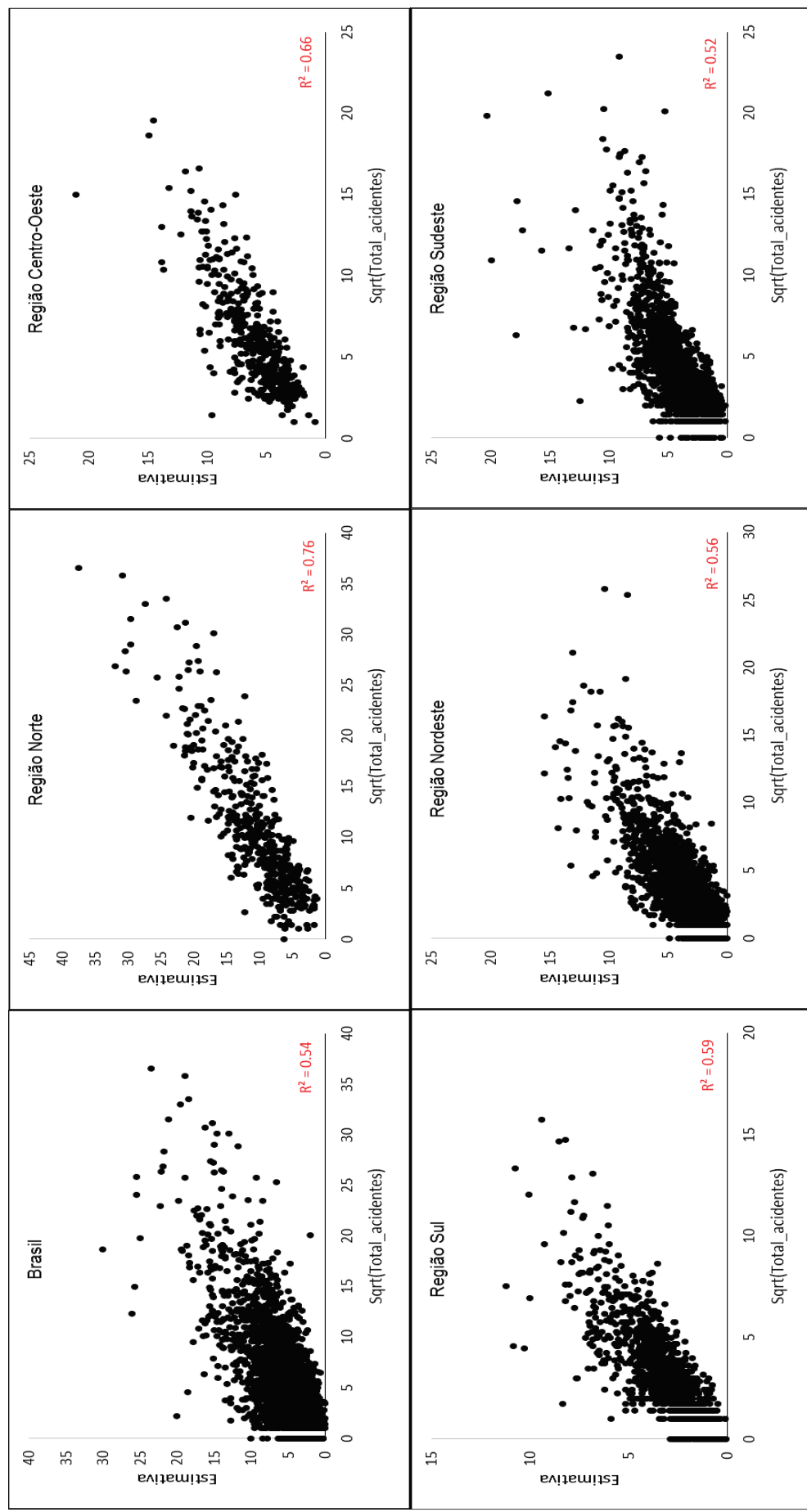


Figura 1 – Gráficos dos Valores Estimados x Valores Observados de sqrt(Total_acidentes) com os Coeficientes de Determinação Múltipla (R^2) para o Brasil e as cinco regiões geopolíticas.

Para os dados nacionais, 11 variáveis foram significativas estatisticamente para as análises ($p < 0,05$) incluindo Área do Município, Área RVN, População Rural, Eixo 2, População Urbana, Eixo 1, Riqueza de Espécies, Produção Agrícola, Altitude, PIB e Eixo 3. As variáveis Área do Município, Área RVN e População Rural tiveram os maiores coeficientes b , indicando-as como as variáveis mais importantes para o modelo OLS e as variáveis Altitude, PIB e Eixo 3 foram as de menor importância. O IDHM foi a única variável não significativa no modelo OLS em nível nacional (Tabela 4).

Na região Norte, as variáveis População Rural e População Urbana apresentaram os maiores coeficientes, respectivamente, seguidas das variáveis Riqueza de Espécies e Eixo 1. As variáveis Produção Agrícola e PIB apesar de terem apresentado os menores coeficientes, estiveram positivamente associadas à variação dos dados na região. Seis variáveis não foram significativas para explicar a variação dos dados na região: Área do Município, IDHM, Altitude, Área RVN, Eixos 2 e Eixo 3 (Tabela 4).

Para os dados da região Centro-Oeste, as variáveis População urbana, Área do município e Altitude foram, respectivamente, as mais importantes para o modelo OLS regional, seguidas do PIB e IDHM com relação positiva e Eixo 3 inversamente relacionado. As variáveis Riqueza de Espécies e Área RVN também apresentaram correlação positiva apesar da baixa importância no modelo OLS regional. Não foram significativos os dados de População Rural, Produção Agrícola, Eixos 1 e 2 (Tabela 4).

Os resultados das análises para a região Sul indicaram a variável Área do Município como a mais importante para o modelo OLS regional, seguida do Eixo 4 e População rural. Nessa região, três das quatro variáveis climáticas apresentaram relação inversa, apenas o Eixo 1 esteve positivamente relacionado à variação dos dados de acidentes ofídicos. Com menor importância relativa para o modelo OLS regional ficaram as variáveis Riqueza de espécies, População Urbana, PIB e Produção Agrícola, todas positivamente relacionadas. As variáveis IDHM, Altitude e Área RVN não foram significativas (Tabela 4).

A região Nordeste foi a única região onde a variável mais importante para o modelo OLS regional refere-se a uma variável ambiental representada pela Riqueza de Espécies, seguida da Área do Município e Altitude. A variável Eixo 1 também apresentou importância relativamente alta ($b = 0,212$), quando comparado o seu

coeficiente b com os das demais variáveis ($b < 0,155$). Os dados de IDHM, Área RVN e Eixo 3 não apresentaram resultados significativos para a região Nordeste (Tabela 4).

Para o modelo OLS da região Sudeste, as variáveis mais importantes foram: Área do município, Eixo 2 e Riqueza de espécies, sendo a única região a apresentar relação negativa para a variável Riqueza de espécies diferindo-se das demais regiões e do padrão nacional. Apesar de menor importância relativa, as variáveis Produção Agrícola, Altitude, População Urbana, População Rural, PIB e Eixo 1, estiveram positivamente associados à variação de acidentes ofídicos na região e, assim como na região Nordeste, as variáveis IDHM, Área RVN e Eixo 3 não foram significativas (Tabela 4).

A importância relativa de cada variável nas análises regionais variou entre todas as regiões, havendo o acréscimo de uma variável (Eixo 4) para a região Sul devido à seleção dos eixos pelo critério de *Broken Stick* na PCA das 19 variáveis bioclimáticas. Apenas as variáveis PIB, População Urbana e Riqueza de Espécies foram estatisticamente significativas nas análises de todas as regiões. A variável Área do município não foi significativa apenas para a região Norte. Da mesma forma, as variáveis População Rural e Produção Agrícola não foram significativas apenas para a região Centro-Oeste, a qual foi a única região a apresentar resultado significativo para a variável Área RVN (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficientes padronizados *b* e significância das variáveis incluídas na análise de Regressão Linear Múltipla OLS para os dados nacionais e regionais, agrupadas em fatores humanos e ambientais.

Variável	Brasil		Norte		Centro-Oeste		Sul		Nordeste		Sudeste	
	Coef. <i>b</i>	p	Coef. <i>b</i>	p	Coef. <i>b</i>	p	Coef. <i>b</i>	p	Coef. <i>b</i>	p	Coef. <i>b</i>	p
Área do Município	0,418	<,001	0,191	0,241	0,306	<,001	0,329	<,001	0,258	<,001	0,394	<,001
IDHM	-0,021	0,099	-0,001	0,963	-0,134	<,001	0,015	0,489	0,02	0,29	-0,022	0,365
PIB	0,089	0	0,114	<,001	0,214	<,001	0,108	<,001	0,076	<,001	0,13	<,001
Pop. Rural	0,219	<,001	0,417	0	0,028	0,539	0,15	<,001	0,155	<,001	0,132	<,001
Pop. Urbana (log(x +1))	0,161	<,001	0,145	<,001	0,46	0	0,109	<,001	0,12	<,001	0,14	<,001
Prod. Agrícola	0,112	<,001	0,135	<,001	0,047	0,118	0,102	<,001	0,069	<,001	0,162	<,001
Altitude Média	0,107	<,001	0,076	0,088	0,283	0,006	-0,079	0,189	0,253	<,001	0,158	<,001
Área RVN	-0,234	<,001	0,118	0,468	0,073	0,032	-0,007	0,722	0,005	0,739	-0,025	0,149
Eixo 1 (bioclimáticas)	0,156	<,001	0,139	0,014	-0,031	0,591	0,143	<,001	0,212	<,001	0,101	0,001
Eixo 2 (bioclimáticas)	0,17	0	0,042	0,246	-0,098	0,326	-0,085	0,023	0,126	<,001	0,236	<,001
Eixo 3 (bioclimáticas)	0,031	0,02	0,004	0,899	-0,121	0,026	-0,123	0,012	-0,012	0,553	-0,038	0,106
Eixo 4 (bioclimáticas)	-	-	-	-	-	-	-0,166	<,001	-	-	-	-
Riqueza de Espécies	0,138	<,001	0,144	0,002	0,099	0,015	0,115	0,002	0,434	<,001	-0,169	<,001

Legenda: Coef. – Coeficiente; p – Significância estatística da variável (p < 0,05); IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; PIB –

Produto Interno Bruto; Pop. – População; Prod. – Produção; RVN – Remanescentes de Vegetação Nativa.

5.2 PARTIÇÃO DE VARIÂNCIA

Na partição de variância foi observada em todas as escalas analisadas, maior contribuição dos fatores humanos para a variação do número de acidentes ofídicos ocorridos no Brasil entre os anos de 2007 e 2015. Em escala nacional o efeito isolado desses fatores sobre a variação dos dados foi de 17%. O efeito espacial apareceu como o segundo fator que mais contribuiu para a variação dos dados analisados neste estudo, influenciando cerca de 10% da variação observada. Os fatores ambientais pouco contribuíram para a variação dos dados de acidentes ofídicos nesse período, indicando um efeito de apenas quatro por cento (4%) sobre a variação dos dados nacionais. A interação entre fatores humanos e ambientais contribuiu em sete por cento (7%) sobre a variação dos dados de acidentes ofídicos no período analisado (Figura 2 – A).

Nas análises regionais verificou-se que os fatores humanos permaneceram como os principais contribuintes para a variação dos dados de acidentes ofídicos também em todas as regiões, evidenciando maior efeito desses fatores na região Centro-Oeste (39%), seguida das regiões Norte e Sudeste (30% cada), Sul (21%) e Nordeste (16%). O efeito espacial foi o segundo fator de maior contribuição para a variação dos acidentes também nas análises regionais, sendo mais evidente nas regiões Sul e Nordeste (17% e 14%, respectivamente) e mantendo o mesmo percentual nas demais regiões (7%). Os fatores ambientais apresentaram pouca relação com a variação dos dados, sendo verificado contribuição superior a 10% apenas para a região Nordeste, nas demais regiões a influência desses fatores foi de seis por cento (6%) para a região Sudeste, três por cento (3%) para as regiões Norte e Sul e apenas um por cento (1%) para a região Centro-Oeste. A partição de variância para os dados regionais revelou ainda que a interação entre fatores humanos e fatores ambientais foi predominante em todas as escalas analisadas, exceto para a região Sul, onde a maior interação ocorreu entre fatores humanos e efeito espacial (Figura 2 – B, C, D, E e F).

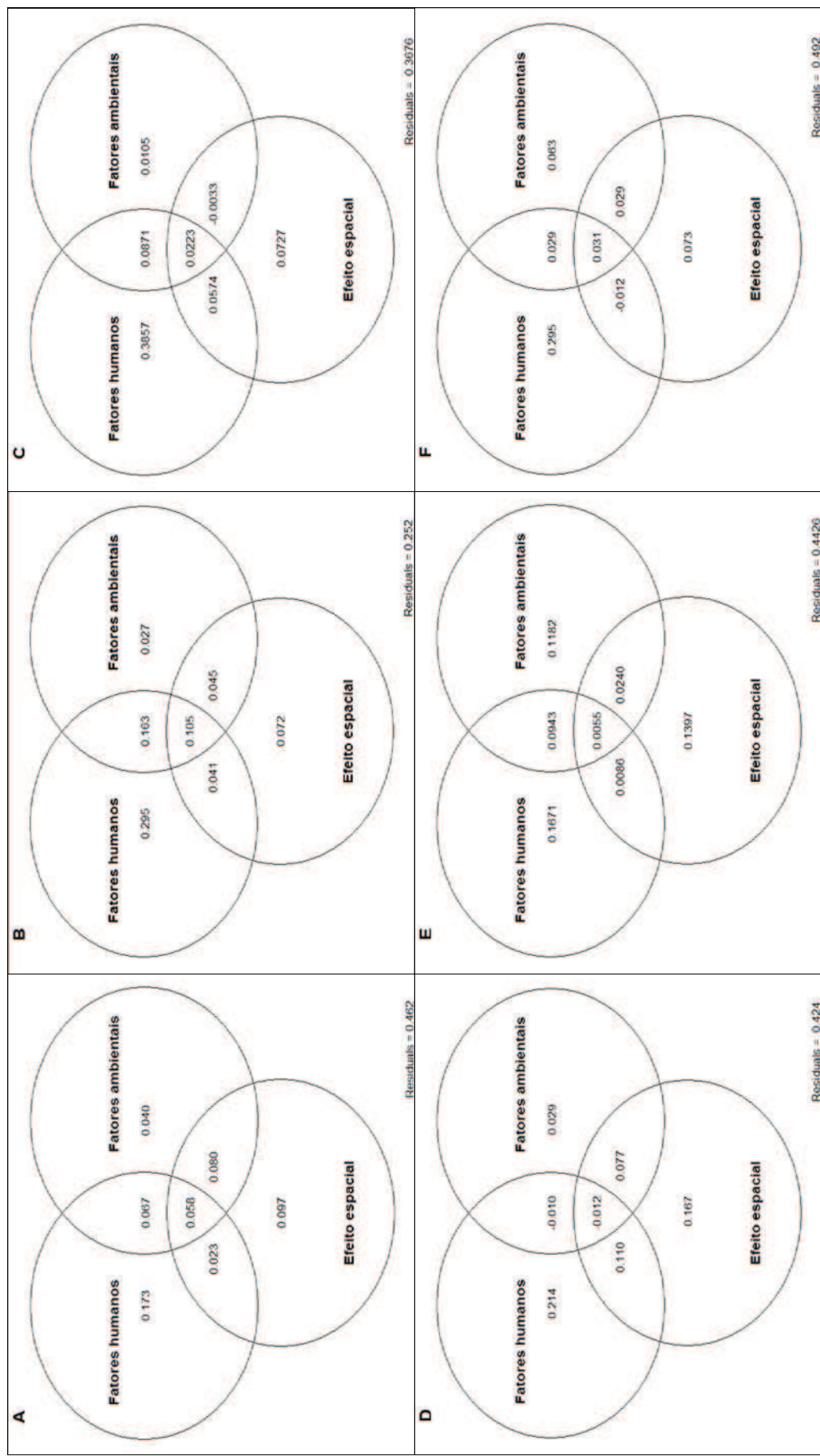


Figura 2 - Partição de variância dos fatores humanos, ambientais e efeito espacial associados à variação dos acidentes ofícios registrados entre 2007 e 2015 no Brasil, analisados em níveis nacional (A – Brasil) e regionais (B – Região Norte; C – Região Centro-Oeste; D – Região Sul; E – Região Nordeste; F – Região Sudeste).

6 DISCUSSÃO

6.1 DISTRIBUIÇÃO E PREDITORES DE ACIDENTES OFÍDICOS NO BRASIL

No Brasil, o Ministério da Saúde divulga anualmente relatórios da situação epidemiológica dos acidentes causados por animais peçonhentos com dados registrados desde o ano 2000. Um levantamento epidemiológico com dados referentes ao período entre 2001 e 2012 estimou uma taxa de incidência de 14,73/100.000hab (CHIPPAUX, 2015). O boletim informativo do MS, divulgado em 2017, apresentou uma estimativa da taxa de incidência média anual de 13,82/100.000hab nos últimos 17 anos (BRASIL, 2017).

Com base nos dados divulgados no último boletim informativo do MS, foi possível calcular, para o período entre 2007 e 2015, uma incidência média de 14,69/100,000hab (BRASIL, 2017). Entretanto, ao calcularmos a incidência média anual de acidentes ofídicos para o mesmo período apenas com registros envolvendo gêneros das famílias Elapidae e Viperidae, estimamos 12,1/100.000hab. A diferença entre a taxa de incidência divulgada pelo MS e a taxa calculada em nossos resultados se dá pela exclusão de notificações sem identificação do município de ocorrência e notificações de acidentes provocados por serpentes de outras famílias.

A incidência média anual para o período analisado nas regiões geopolíticas indicou as mais altas taxas para as regiões Norte e Centro-Oeste (50,4 e 17,5 respectivamente), e taxas inferiores a 10/100.000hab nas regiões Nordeste (9,8), Sul (7,7) e Sudeste (6,7). Estes resultados corroboram as taxas calculadas pelo MS que, assim como outros levantamentos que avaliaram a incidência regional dos acidentes ofídicos no Brasil, indicam o mesmo ranking entre as regiões (BOCHNER et al., 2014; CHIPPAUX, 2015).

Vale ressaltar que as incidências acima relatadas são passíveis de serem dados subestimados, dada a existência de subnotificações na base de dados (GUTIÉRREZ et al., 2006; KASTURIRATNE, et al., 2008; BOCHNER et al., 2014; CHIPPAUX, 2017b). Diferentes fatores podem contribuir para a subnotificação dos casos de acidentes ofídicos. Por exemplo, comunidades rurais distantes dos centros urbanos e com indisponibilidade de unidades de saúde próximas, em geral, têm maior frequência de subnotificação (FEITOSA et al., 2015a; FEITOSA et al., 2015b).

O uso de terapias tradicionais por pacientes que não passaram por atendimento em uma unidade de saúde é outro fator atribuído à subnotificação (GUTIÉRREZ et al., 2006; KASTURIRATNE, et al., 2008; CHIPPAUX, 2017b).

De acordo com Chippaux (2017b), o acidente ofídico se dá basicamente pelo eventual encontro entre o ser humano e a serpente. No entanto, a variação na distribuição desses acidentes é complexa, e para ser avaliada é importante considerar as interações entre os diferentes fatores (ambientais e humanos) associados (EDIRIWEERA et al., 2016; CHIPPAUX, 2017b; RIFAIE et al., 2017). Com 54% da variação de acidentes ofídicos em nível nacional associada ao conjunto de variáveis aqui testado, estas variáveis mostraram-se boas preditoras para explicar a variação de acidentes ofídicos no Brasil, apresentando melhor performance para as regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, como mostrado na Figura 1.

Outros dois estudos utilizaram algumas dessas variáveis para avaliar aspectos ambientais e socioeconômicos da incidência de acidentes ofídicos em diferentes localidades no Brasil. No Rio de Janeiro, uma combinação da diminuição nas variáveis de aspectos socioeconômicos com aumento de áreas de matas e tipo de atividade agrícola praticada na região, foram determinantes para definição das áreas de maior risco de acidentes ofídicos no estado entre 1990 e 1996 (BOCHNER e STRUCHINER, 2004). Na Bahia, dados socioeconômicos ligados à produção agrícola foram responsáveis por 52% da variação da incidência de acidentes ofídicos no estado entre os anos de 2000 e 2009 (MISE et al., 2016). Aqui, além de avaliarmos variáveis referentes a fatores ambientais e socioeconômicos, o problema de viés de distribuição espacial dos dados em termos estatísticos para análise espacial foi levado em conta, garantindo inferências mais seguras (LEGRENDRE & LEGENDRE, 1998; DINIZ-FILHO et al., 2003).

Entre as cinco variáveis relativamente mais importantes no modelo OLS em escala nacional, três estão ligadas a fatores humanos: Área do Município, População Rural e População Urbana. A Área do Município foi observada como a variável mais importante para o modelo OLS com os dados nacionais e com os dados das regiões Sul e Sudeste e a segunda mais importante nos modelos OLS das regiões Centro-Oeste e Nordeste. Em estudos anteriores que também utilizaram a abordagem de análise espacial não foi avaliada a relação da área da unidade de análise (município) com a variação de acidentes ofídicos (e.g. EDIRIWEERA et al., 2016; MISE et al., 2016; RIFAIE et al., 2017), limitando a comparação dos nossos resultados para esta

variável com outros estudos. O efeito de área, frequentemente observado em estudos da relação área-espécie e amplamente discutido em estudos ecológicos (ver AZOVSKY, 2010), pode explicar o comportamento dessa variável, justificando o aumento das estimativas para unidades amostrais com maiores extensões geográficas.

Dados demográficos são frequentemente testados quanto a sua relação à variação de acidentes ofídicos em diferentes regiões (e. g.: YAÑEZ-ARENAS et al., 2014; EDIRIWEERA et al., 2016; MISE et al., 2016; CHIPPAUX, 2017b). No Sri Lanka a densidade populacional apresentou uma relação inversa com a incidência de acidentes ofídicos (EDIRIWEERA et al., 2016), assim como na África Subsaariana (CHIPPAUX, 2011) e no Brasil (CHIPPAUX, 2015), porém, no Sri Lanka, o percentual de trabalhadores agrícolas esteve positivamente correlacionado com a incidência de acidentes ofídicos (EDIRIWEERA et al., 2016).

Os resultados das nossas análises indicaram uma correlação positiva entre dados demográficos (variáveis População Rural e Urbana) e a variação de acidentes ofídicos no Brasil, com exceção apenas da região Centro-Oeste do Brasil, onde os dados de População Rural não foram estatisticamente significativos para explicar a variação dos acidentes regionalmente. Estes resultados corroboram outro estudo que utilizou a mesma abordagem, para avaliar a distribuição dos acidentes no distrito de Bondowoson, na Indonésia, identificando que as áreas de maior incidência de acidentes ofídicos coincidem com as áreas mais populosas da região (RIFAIE et al., 2017).

Por outro lado, dados de densidade populacional não foram significativos para avaliar a variação de acidentes ofídicos na Europa (CHIPPAUX et al., 2013), no estado de Veracruz do México (YAÑEZ-ARENAS et al., 2014) e no estado da Bahia no Brasil (MISE et al., 2016), porém, em Veracruz, o índice de marginalização dos municípios esteve positivamente associado à incidência de acidentes ofídicos (YAÑEZ-ARENAS et al., 2014), reforçando a hipótese sugerida por Chippaux (2017b) de que a incidência de acidentes pode aumentar em função da demografia.

Sabe-se que em ambientes antropizados a diversidade e abundância de espécies tendem a diminuir (MORRIS, 2010), porém, espécies generalistas (i.e.: Gêneros *Bothrops* e *Crotalus*) conseguem ocupar áreas alteradas pela atividade humana (ver MARTINS et al., 2002; BASTOS et al., 2005; DUARTE e MENEZES, 2013) aumentando o risco de acidentes ofídicos em áreas de lavouras e até mesmo

em áreas urbanas (BASTOS et al., 2005; NORI et al., 2014). Assim é possível inferir que variáveis demográficas por si só não explicam a variação de acidentes ofídicos, apenas a combinação de maior densidade populacional com o tipo de ocupação local realizada pela população é capaz de esclarecer essa variação (ver WALDEZ e VOGT, 2009; RIFAIE et al., 2017).

A associação positiva dos dados de acidentes ofídicos com dados de Produção Agrícola e Riqueza de Espécies no Brasil, identificada em nossas análises, reforça a hipótese de que o tipo de ocupação combinada com a adequabilidade ambiental para a ocorrência da espécie pode favorecer o aumento da incidência de acidentes. No estado da Bahia, cultivos que demandam mão-de-obra não mecanizada como cacau e café, foram positivamente correlacionados com a incidência de acidentes ofídicos no estado (MISE et al., 2016) e em Bondowson na Indonésia, a incidência foi maior nas áreas de cultivos tradicionais (RIFAIE et al., 2017).

Além disso, apesar da importância da variável Produção Agrícola ter sido relativamente baixa, esta variável esteve positivamente correlacionada à variação de acidentes ofídicos no Brasil, e coincide com a distribuição nacional dos grupos de municípios considerados Rurais de Autoconsumo definidos por Maia e Buainain (2015) predominantes nas regiões Norte, Nordeste e Sul do país. Assim, estes municípios, além de apresentarem característica socioeconômicas favoráveis à ocorrência de acidentes ofídicos, dispõem de população, clima, relevo e riqueza de espécies como fatores adicionais positivamente relacionados a acidentes ofídicos, e isso pode gerar impactos no desenvolvimento socioeconômico dos municípios, uma vez que estes acidentes acometem, principalmente, grupos etários economicamente ativos, causando altas taxas de morbidade e mutilações (KASTURIRATNE et al., 2008; 2017; VAIYAPURI et al., 2013).

Considerando os fatores ambientais, as variáveis Área RVN e Eixo 2 ocuparam segunda e quarta posição, respectivamente, no ranking das variáveis mais importantes no modelo OLS nacional. Segundo Chippaux (2017b), ambientes naturais que oferecem melhores condições para realização de nicho das espécies são mais propícios à ocorrência de acidentes, e a ocupação humana nessas áreas pode favorecê-la. Bochner e Struchiner (2004) encontraram associação positiva entre a incidência de acidentes ofídicos e a quantidade de área de mata natural ou plantada no Rio de Janeiro.

Contrário a isso, nossos resultados mostraram uma associação inversa entre o número de acidentes ofídicos e a quantidade de Área RVN em cada município, sugerindo que a preservação de áreas naturais diminui os riscos de acidentes ofídicos, uma vez que estas áreas podem servir de refúgios com melhores condições ecológicas para a sobrevivência de espécies endêmicas (ver BARBO, 2012).

Espécies dos gêneros *Bothrops* e *Crotalus*, principais causadoras de acidentes ofídicos no Brasil, até possuem grande capacidade de ocupação de áreas alteradas pela ação humana (ver BASTOS et al., 2005; DUARTE e MENEZES, 2013), porém, há uma preferência ecológica por habitats mais preservados que possam garantir presas e ambientes mais propícios a sua sobrevivência (MARTINS et al., 2002). Além disso, a predação humana, o uso de máquinas agrícolas, fertilizantes e outras técnicas de manejo do solo em atividade agrícola, diminuem as condições ideais para a ocorrência dessas espécies em áreas ocupadas para fins agrícolas (DUARTE e MENEZES, 2013), tornando as áreas remanescentes mais próximas, um refúgio natural, apesar de declínios populacionais causados pela fragmentação dos remanescentes (RIDLEY, 2006; BEGON, 2007).

O clima é considerado um dos fatores determinantes na distribuição geográfica e atividade sazonal de serpentes (THOMAS et al., 2004) e já foi associado à ocorrência de acidentes ofídicos em outros estudos (FEITOSA et al., 2015a; ARGON et al., 2016). Em nossas análises, esta variável esteve entre as de maior importância para os modelos OLS nacional e regional, exceto na região Centro-Oeste. Vale ressaltar que levantamentos epidemiológicos costumam apresentar a sazonalidade de acidentes ofídicos e, em geral, sugerem uma maior ocorrência de acidentes para períodos quentes e úmidos (e. g.: WALDEZ e VOGT, 2009; COSER et al., 2015; FEITOSA et al., 2015a; ARGON et al., 2016). Diferente disso, nossas variáveis climáticas caracterizam o clima ambiente das áreas estudadas, assemelhando-se a zonas climáticas também testadas por Ediriweera et al. (2016), favorecendo a identificação de áreas que oferecem condições climáticas para a ocorrência de acidentes ofídicos e não o período de maior ocorrência como apresentado em estudos epidemiológicos (e.g.: RAHMAN et al., 2011; FEITOSA et al., 2015a; CHIPPAUX, 2015; EDIRIWEERA et al., 2016; CHIPPAUX, 2017b).

De fato, essa maior frequência de acidentes ofídicos, em períodos sazonais mais quentes e úmidos, foi corroborada em estudo utilizando um modelo de série

temporal bayesiano (ARGON et al., 2016). Nossas análises não avaliaram a distribuição temporal dos acidentes, porém, determinaram as condições climáticas que podem favorecer a ocorrência de acidentes, e essa informação é importante ser considerada dada a dinâmica na distribuição dos acidentes ofídicos (NORI et al., 2014).

Tratando-se de um grupo animal ectodérmico (POUG et al., 2008), a atividade sazonal em serpentes é um importante componente ecológico, influenciado pela variação climática (LILLYWHITE, 1987), e maior atividade sazonal já foi observada para períodos mais úmidos e quentes (FRANÇA e BRAZ, 2013). Porém, um interessante dado apresentado por Ediriweera et al. (2016) mostrou que, no Sri Lanka, diferente do número de mordidas que foi predominante em zonas climáticas mais úmidas, a incidência de envenenamento foi maior em zonas climáticas mais secas. Isso demonstra a necessidade de considerar e discutir a variação climática regional e aprofundar nos estudos sobre o padrão de atividade sazonal das espécies envolvidas nos acidentes ofídicos.

Regionalmente, apesar de haver uma tendência ao padrão de composição dos fatores observado em escala nacional, a importância relativa de cada variável nos modelos regionais variou segundo características peculiares de cada região, excetuando algumas características compartilhadas em âmbito nacional. Na região norte, por exemplo, basicamente dados demográficos e riqueza de espécies compõem os principais preditores de acidentes ofídicos na região.

Um estudo realizado em comunidades ribeirinhas, no estado do Amazonas, com dados coletados "*in loco*", identificou associação positiva entre o número de residências com casos de acidente e o tamanho da população das comunidades (WALDEZ e VOGT, 2009). Para Feitosa et al. (2015a), programas de incentivo a atividades rurais, extrativistas e de pesca no estado do Amazonas e a crescente urbanização de áreas periféricas do município de Manaus, na década de 1990, coincidiram com um período de aumento expressivo no número de casos de acidentes na região. Esta relação entre acidentes e urbanização de áreas periféricas foi corroborada por Yañes-Arenas et al. (2014) que identificaram associação positiva entre incidência de acidentes ofídicos e índice de marginalização dos municípios do Estado de Veracruz, no México.

Até então a influência da riqueza de espécies sobre o número de acidentes ofídicos, seja em escala regional ou nacional, não havia sido testada. O estudo que

utilizou dados de cunho mais ecológico foi realizado por Yañes-Arenas et al. (2014), no qual avaliaram a relação entre a distância do centróide do nicho das espécies (DNCs) e a incidência de acidentes ofídicos em Veracruz e concluíram que quanto mais próximo, for a ocupação humana do centróide do nicho das espécies *Crotalus simus* e *Bothrops asper*, maior a probabilidade de ocorrer acidentes. No entanto, em nossas análises, dados de riqueza de espécies foram significativos em todos os modelos avaliados, indicando que esta variável pode ser um bom preditor de acidentes ofídicos no Brasil, especialmente na região Nordeste.

No Centro-Oeste, a tendência de variáveis ligadas a fatores humanos, explicando a distribuição dos acidentes ofídicos também foi significativa. As variáveis População Urbana e Área do Município apresentaram coeficientes b superiores a 0,30, seguidas dos dados de altitude com coeficiente próximo a este valor (0,28). Como já discutimos anteriormente, dados demográficos por si só não são capazes de explicar a variação de acidentes (ver CHIPPAUX, 2011, 2013, 2015, 2017b; YAÑES-ARENAS et al., 2014; EDIRIWEERA et al., 2016; MISE et al., 2016; RIFAIE et al., 2017), porém, outra característica regional como a taxa de urbanização associada a esse adensamento populacional podem esclarecer o comportamento dessa variável não apenas para a região Centro-Oeste, onde a taxa de urbanização ultrapassa os 90% (IBGE, 2012), mas, também, o fato de ela ter sido uma das duas únicas variáveis significativas em todos os modelos testados.

Em outros estudos, o índice de marginalização dos municípios, que é um indicador de ocupação humana nas regiões periféricas, já foi associado à incidência de acidentes ofídicos (ver HARRISON et al., 2009; CHIPPAUX, 2011; YAÑES-ARENAS et al., 2014), comprovando que a expansão da ocupação humana, nas áreas marginais, pode aumentar os riscos de acidentes dada a possibilidade de co-ocupação de espécies generalistas, por exemplo (BASTOS et al., 2005; DUARTE e MENEZES, 2013). A insignificância estatística observada para a variável População Rural, na região Centro-Oeste, pode estar ligada ao baixo índice de população rural, visto que o Centro-Oeste é a região que, relativamente, apresenta a menor população rural no Brasil (MAIA e BUAINAIN, 2015).

A terceira variável de maior importância para o modelo OLS, da região Centro-Oeste, está ligada a fatores ambientais e refere-se a dados de altitude médias dos municípios em relação ao nível do mar. No Sri Lanka, a associação positiva entre a incidência de acidentes ofídicos e níveis de elevação topográfica foi

observada, porém, estes dados só estiveram positivamente associados para áreas com altitude inferior a 160 metros. A partir dessa altitude a incidência de acidentes diminuiu, e os envenenamentos diminuíram somente a partir dos 195 metros de altitude (EDIRIWEERA et al., 2016). Em nossas análises esta variável foi significativa em todas as regiões e escalas em que há maior heterogeneidade topográfica (regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Brasil) (ver DANTAS et al., 2008), e este resultado é compreendido ao observarmos que a formação do relevo pode determinar o tipo de ocupação das áreas para atividades humanas (ROCHA e ROSA, 2009).

A região Sul foi a única a apresentar relação negativa para a maioria das variáveis climáticas (Eixo 2, Eixo 3 e Eixo 4) e o Eixo 4 aparecendo como a variável mais importante no modelo depois da Área do Município, refere-se a localidades com variação climática influenciada principalmente por baixas temperaturas e pouca precipitação, ou seja, áreas frias e secas. Considerando as características fisiológicas das serpentes (ver PUG et al., 2008; VITT e CALDWELL, 2014), a relação inversa entre acidentes ofídicos e o Eixo 4 na região Sul é facilmente compreendida. Porém, um achado interessante em nossos resultados, para esta região, foi a relação positiva com o Eixo 1, que sintetiza o clima ambiente de áreas frias e úmidas na região, diferindo do padrão nacional observado em nossos resultados para este tipo de variável (áreas quentes e úmidas).

Em geral, pouco se espera uma relação positiva entre acidentes ofídicos e áreas de clima mais frio, dada a condição ectodérmica das serpentes (ver PUG et al., 2008; VITT e CALDWELL, 2014). Porém, essa relação identificada em nossos resultados para a região sul pode ser explicada ao considerarmos, essencialmente, aspectos ecológicos das espécies endêmicas da região como *B. pubescens* (BORGES-MARTINS et al., 2007); *M. altirostris* (SILVA Jr. 2016) e *M. silviae* (SILVA Jr. 2016; UETZ & HOŠEK, 2018), bem como das espécies com distribuição geográfica mais austral no país (i. e.: *B. jararacuçu* (MARTINS, 2010) *B. alternatus*, *B. cotiara*, *B. diporus*, *B. jararaca*, *M. decoratus* (BORGES-MARTINS et al., 2007; UETZ & HOŠEK, 2018); *M. corallinus* (SILVA Jr. 2016)) possivelmente mais adaptadas a condições climáticas com temperaturas mais baixas.

No Nordeste, componentes ambientais tiveram um melhor desempenho quando comparados aos resultados das outras regiões. Riqueza de espécies e Altitude representam a primeira e terceira variável de maior importância no modelo

OLS regional. Observando a distribuição da incidência na região, é possível perceber uma predominância de acidentes ofídicos em áreas de ecótonos da Amazônia com o Cerrado e do Cerrado com a Mata Atlântica.

Na porção noroeste desta região, devido à influência amazônica, há uma composição na diversidade de espécies distinta das áreas mais centrais do Nordeste (ver SILVA et al., 2015; FREITAS et al., 2016), ocorrendo registros de espécies amazônicas com distribuição nordestina restrita ao estado do Maranhão (LIRA-DASILVA et al., 2009). Nesta mesma porção da região, é observado um aumento da diversidade de atividade agrícola (SILVA et al., 2016), ligando dois fatores de risco – humanos e ambientais – para aumento da ocorrência de acidentes ofídicos.

Igualmente, a incidência de acidentes aumenta na porção sudeste da região nordestina, coincidindo, também, com a área de transição Cerrado – Mata Atlântica no Sul da Bahia. Esta área apresenta características similares ao observado para a porção noroeste, com aumento da diversidade de espécies de serpentes potencialmente causadoras de acidentes e aumento de atividades agrícolas não mecanizadas como produção cacau e café (ver ARGOLO, 2004; MISE et al., 2016). Um estudo identificou que, na Bahia, um dos estados nordestinos com maior incidência de acidentes ofídicos, dados socioeconômicos foram responsáveis por 52% da variação de acidentes e os cultivos de cacau e café foram as principais variáveis associadas a essa variação, indicando que atividades agrícolas, em modelo cabruca, oferecem maiores riscos de acidentes ofídicos na Bahia (MISE et al., 2016).

Por fim, para a região Sudeste, onde modelo apresentou o menor poder explicativo para a variação de acidentes ofídicos, vale destacar que essa região registrou o menor número de acidentes para a série temporal, e o nosso modelo mostrou-se mais adequado às regiões com os maiores números de registros. Além de apresentar o menor número de acidentes ofídicos, a região Sudeste possui um perfil socioeconômico composto, predominantemente, de atividade ocupacional fortemente ligada ao comércio, serviços e indústria (MDIC, 2013) e tais atividades não reúne as condições frequentemente observadas em casos de acidentes ofídicos.

Regionalmente, características climáticas estiveram associadas a distribuição local dos acidentes na região Sudeste. Nossas análises indicaram uma relação positiva entre acidentes ofídicos e áreas climáticas com temperaturas

médias, mais amenas e estáveis, e baixa variação sazonal de precipitação. Essa característica climática pode exercer influência sobre a composição da diversidade e distribuições geográficas das espécies (ver MARTINS, 2010; BORGES-MARTINS et al., 2007; UETZ & HOŠEK, 2018; SILVA Jr. 2016). Além disso, a distribuição dessa característica coincide com os remanescentes de Mata Atlântica na região (ver LAPIG, 2016) e áreas compostas, predominantemente, por municípios rurais adjacentes, conforme definição da tipologia municipal rural-urbano do IBGE (IBGE, 2017). Tais condições corroboram o padrão de fatores associados a distribuição dos acidentes observados nas demais regiões, ainda que a frequência desse padrão na região Sudeste seja menor.

A região Sudeste foi a única a apresentar relação inversa com a riqueza de espécies, e isso pode ser explicado pelo viés de distribuição espacial do conhecimento da biodiversidade local, fortemente influenciado por aspectos demográficos, disponibilidade de especialistas e rotas de acesso (ver RODRIGUES et al., 2010; COLLI et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; MOURA et al., 2018). Por exemplo, a densidade demográfica tem sido destacada como um dos fatores que contribuem para a descoberta de novas espécies (DINIZ-FILHO et al., 2005; DINIZ-FILHO et al., 2006; COLLI et al., 2016); rotas de acesso constituem um forte viés na distribuição do conhecimento da biodiversidade brasileira (OLIVEIRA et al., 2016); e a presença de centros de pesquisa e coleções herpetológicas contribuem para o adensamento de especialistas (RODRIGUES et al., 2010; MOURA et al., 2018).

Esses fatores fortemente percebidos na região Sudeste, confere a ela um maior conhecimento sobre a diversidade de espécies, especialmente pelo volume de pesquisa em áreas de influência do *hotspot* de biodiversidade Mata Atlântica (MOURA et al., 2018), e a distribuição de maior conhecimento sobre a diversidade de serpentes nas áreas estudadas por Moura et al. (2018), coincide com as regiões mais urbanizadas (ver IBGE, 2017) e com menores registros de acidentes ofídicos apontados pelos nossos resultados, justificando assim, a relação inversa identificada em nossas análises.

6.2 EFEITO DOS FATORES HUMANOS, AMBIENTAIS E ESPACIAIS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE ACIDENTES OFÍDICOS NO BRASIL

De fato, os principais fatores de risco de acidentes ofídicos, elencados pela literatura, estão ligados à combinação de atividade agrícola e densidade populacional (ver BOCHNER e STRUCHINER, 2004; KASTURIRATNE et al., 2008; CHIPPAUX, 2011; 2017b). Isso é perceptível, também, em nossos resultados ao observarmos a associação positiva identificada para quase todas as variáveis do modelo OLS nacional, exceto para os dados de IDHM (significativos apenas na região Centro-Oeste) e a Área RVN podendo ser considerada uma variável de proteção contra acidentes ofídicos, segundo o conceito proposto por Bochner e Struchiner (2004).

A interação entre os diferentes fatores, embora não tenha sido medida em outros estudos, já foi pautada por Rifaie et al. (2017) em uma análise da distribuição espacial dos acidentes ofídicos em um distrito indonésio. Nossos resultados estimaram o grau de contribuição de cada um dos fatores aqui analisados, e ao identificar maior contribuição de fatores humanos, seguidos de efeito espacial e fatores ambientais, bem como a interação entre ambos, influenciando a variação de acidentes ofídicos no Brasil, reforça o conceito usado para caracterizar os acidentes ofídicos como uma doença ocupacional e ambiental (CHAVES et al., 2015; GUTIERREZ et al, 2010).

A ação antrópica constitui um risco para a biodiversidade causando perda de espécies (MORRIS, 2010), porém, algumas espécies de serpentes como *B. diporus*, *B. jararaca*, *B. moojeni* e *Crotalus d. terrificus* têm maior capacidade de interação em áreas antropizadas podendo serem encontradas em áreas urbanas (BASTOS et al., 2005; DUARTE e MENEZES, 2013; NORI et al., 2014), e por se tratar de espécies mais generalistas, possivelmente a abundância desses animais deve ser mais alta, ampliando as possibilidades de ataques nas áreas marginais das cidades, como sugerido por Waldez e Vogt (2009) e Yañes-Arenas et al. (2014). Cabe ressaltar que, no Brasil, estas espécies mais generalistas pertencem à família Viperidae, responsável por 99% dos acidentes ofídicos registrados no país (BUCARETCHI et al., 2016b).

No Brasil, as divisões territoriais apresentam grande heterogeneidade em termos de área das unidades administrativas. Isso é perceptível a partir da observação do mapa de divisão política do Brasil (IBGE, 2010). A extensão territorial dos municípios influencia diretamente nas análises estatísticas de dados com dependência espacial, sendo importante considerar esse efeito espacial para não

inferir estimadores com viés de distribuição (ver DINIZ-FILHO et al., 2009). Isso é demonstrado pela importante contribuição dos filtros espaciais incluídos nas análises, aumentando potencial explicativo do modelo e reduzindo a autocorrelação nos resíduos para níveis mais aceitáveis estatisticamente (ver DINIZ-FILHO et al., 2003 e TERRIBILE et al., 2009). Contudo, considerando que há estruturas na distribuição da abundância de espécies, a teoria da Distância do Centróide do Nicho (DNCs), proposta por MARTINEZ-MEYER et al. (2013), pode esclarecer o fato de que o efeito espacial tenha exercido maior influência sobre a variação dos dados de acidentes ofídicos do que o efeito ambiental em nossas análises, pois municípios com maior número de ocorrências, podem estar mais próximos do centróide do nicho das espécies.

Da mesma forma, os fatores ambientais são discutidos pela literatura quanto a sua contribuição para o favorecimento da ocorrência de acidentes ofídicos, chegando a sugerir-se que áreas naturais oferecem maior risco para ocorrência de acidentes devido a maiores chances de presença das espécies (CHIPPAUX, 2017b). No entanto, nossos resultados demonstraram que fatores ambientais pouco contribuíram para a ocorrência de acidentes ofídicos no Brasil entre os anos de 2007 e 2015, mas, dados ambientais como a quantidade de área remanescente de vegetação, clima, riqueza de espécies e altitude, são importantes para avaliar a distribuição espacial dos acidentes. Considerando que tais variáveis atuam no controle da distribuição geográfica das espécies (KREBS, 2001; BROWN e LOMOLINO, 2006), é possível compreender a associação positiva entre riqueza de espécies e número de acidentes ofídicos distribuídos pelo país dentro desta perspectiva, excetuando-se as peculiaridades regionais, como na região sudeste, em que esta variável esteve negativamente associada à variação de acidentes ofídicos.

Regionalmente, o efeito dos fatores segue o mesmo padrão nacional discutido no início deste subitem, exceto na região Sul onde o resultado para interação entre os diferentes fatores foi maior entre fatores humanos e efeito espacial, diferindo-se do padrão nacional. Essa maior interação entre fatores humanos e efeito espacial na região sul pode ser resultado do adensamento demográfico na região (ver MAIA e BUAINAIN, 2015) ligado a outras variáveis de fator humano, tendo em vista que maioria das variáveis ambientais (3/5) refletem

mais condições que minimizam os riscos de acidentes (ver ARGON et al., 2016; EDIRIWEERA et al., 2016).

7 CONCLUSÃO

A ocorrência de acidentes ofídicos no Brasil foi alta entre os anos de 2007 e 2015, com predominância dos acidentes causados por espécies da família Viperidae. As regiões Norte e Centro-Oeste necessitam de maior atenção para o planejamento estratégico de ações de controle, tratamento e prevenção.

O conjunto de dados utilizados no modelo de regressão espacial para avaliar a associação entre as variáveis mostrou-se adequado para explicar a variação de acidentes no Brasil, demonstrando alto poder explicativo para a distribuição de acidentes nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sul. Nas demais regiões, apesar de menor poder explicativo, o modelo demonstrou que as variáveis inseridas no conjunto de dados podem ser consideradas boas preditoras de acidentes ofídicos nestas regiões.

Dentro de cada fator, a importância relativa de cada variável variou conforme a escala e a região analisada, e pelo nível de importância das variáveis socioeconômicas em cada modelo ficou evidente uma maior influência dos fatores humanos sobre a variação dos dados em níveis nacional e regional, seguido do efeito espacial e fatores ambientais com menor influência. As diferenças regionais, identificadas na composição dos fatores aqui testados, fornecem importantes informações para o planejamento de ações de controle e prevenção de acidentes ofídicos, visto que as características socioeconômicas e ambientais se diferem entre as regiões. Essa maior influência dos fatores humanos demonstra a necessidade de planejamento de ações preventivas considerando as diferenças regionais, especialmente quanto ao tipo de ocupação local, visto que a densidade populacional ligada ao tipo de ocupação pode favorecer o aumento de acidentes ofídicos.

Apesar dos resultados obtidos, outros estudos serão necessários para melhor esclarecer as diferenças regionais na distribuição dos acidentes principalmente com base em informações ecológicas de táxons menores, como abundância de espécies, por exemplo, possibilitando testar se a teoria da DNC poderia explicar, ecologicamente, o efeito espacial percebido em nossas análises. Igualmente, dada a associação positiva de dados de população rural e produção agrícola, na maioria das regiões, outros estudos serão necessários para avaliar quais tipos de atividades agrícolas (ou cultivos) podem contribuir para o aumento de acidentes regionalmente.

REFERÊNCIAS

- ALIROL, E.; SHARMA, S. K.; BAWASKAR, H. S.; KUCH, U.; CHAPPUIS, F. (2010). *Snake Bite in South Asia: A Review*. (J. de Silva, Ed.) ***PLoS Neglected Tropical Diseases***, 4(1): e603. DOI:10.1371/journal.pntd.0000603.
- ARAGON, D. C.; QUEIROZ, J. A. M. DE; MARTINEZ, E. Z. (2016). *Incidence of snakebites from 2007 to 2014 in the State of São Paulo, Southeast Brazil, using a Bayesian time series model*. ***Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical***, v. 49, n. 4, p. 515–519.
- ARGÔLO, A. J. S. (2004). *As serpentes dos cacauais do sudeste da Bahia*. **Editus**, Ilhéus – BA. 260pp. ISBN - 85-7455-067-1.
- ARNOLD, B. Y. C. (2016). *The snakebite fight*. ***Nature***, v. 537, p. 26–28.
- AZOVSKY, A. I. (2011). *Species-area and species-sampling effort relationships: Disentangling the effects*. ***Ecography***. v. 34, p. 18-30.
- BAGCCHI, S. (2015). *Experts call for snakebite to be re-established as a neglected tropical disease*. ***BMJ***, 351:h5313. DOI:10.1136/bmj.h5313.
- BARBO, F. E.; GRAZZIOTIN, F. G.; SAZIMA, I.; et al. (2012). *New and Threatened Insular Species of Lancehead from Southeastern Brazil*. ***Herpetologica***, v. 68, n. 3, p. 418–429.
- BARBO, F. E.; GASPARINI, J. L.; ALMEIDA, A. P.; et al. (2016). *Another new and threatened species of lancehead genus Bothrops (Serpentes, Viperidae) from Ilha dos Franceses, Southeastern Brazil*. ***Zootaxa***, v. 4097, n. 4, p. 511-529.
- BASTOS, E. G. M.; ARAÚJO, A. F. B.; SILVA, H. R. (2005). *Records of the Rattlesnakes *Crotalus Durissus Terrificus* (Laurenti) (Serpentes, Viperidae) in the State of Rio de Janeiro, Brazil: A Possible Case of Invasion Facilitated by Deforestation*. ***Revista Brasileira de Zoologia***, v. 22, n. 3, p. 812–815.
- BÉRNILS, R. S. & COSTA, H. C. (2015). Répteis brasileiros – Lista de espécies 2015. ***Herpetologia Brasileira***, v.4, n. 3.

BOCHNER, R. (2013). *The international view of envenoming in Brazil: myths and realities. Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, v. 19, n. 1, p. 29.

BOCHNER, R.; FISZON, J.; MACHADO, C. A (2014). *Profile of Snake Bites in Brazil, 2001 to 2012. Journal of Clinical Toxicology*, v. 4, n. 3, p. 194.

BOCHNER, R.; STRUCHINER, C. J. (2003). Epidemiologia dos acidentes ofídicos nos últimos 100 anos no Brasil: uma revisão. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 1, p. 07–16.

BOCHNER, R. & STRUCHINER, C. J. (2004). *Exploratory analysis of environmental and socioeconomic factors related to snakebite incidence in Rio de Janeiro from 1990 to 1996. Cadernos de Saúde Pública*, 20(4), 976–985.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P.; AVOIS-JACQUET, C. and TUOMISTO, H. (2004). *Dissecting the spatial structure of ecological data at multiple scales. Ecology*, v. 85(7), p. 1826-183.

BORGES-MARTINS, M.; ALVES, M. L. M.; ARAÚJO, M. L. de; et al. (2007). Répteis p. 292-315. *In: BECKER, F. G.; RAMOS, R. A. & MOURA, L. A. (orgs.) Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 385 p.*

BRASIL. (2017). Situação Epidemiológica - Dados. **Ministério da saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde**. Disponível em: http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2017/abril/28/2-Incidencia_Ofidismo_2000_2016.pdf. Acesso em 05 de agosto de 2017.

_____. (2007). Sistema de Informação de Agravos de Notificação - SINAN: normas e rotinas. **Ministério da saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde**. Brasília, 2ª Ed. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/1025-secretaria-svs/vigilancia-de-a-a-z/animais-peconhentos-serpentes/l2-animais-peconhentos-serpentes/13712-situacao-epidemiologica-dados>. Acesso em 13 de novembro 2016.

_____. (2001). Manual de Diagnóstico e Tratamento de Acidentes por Animais Peçonhentos. **Ministério da saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde**. Brasília, 2001.

BROWN, J. H. & LOMOLINO. M. V. (1998): *Biogeography*. 2nd Ed. **Sunderland, Massachusetts** (Sinauei- Associates. Inc. Publishers). - 691 s. ISBN 0-87593-07-W.

BUCARETCHI, F.; CAPITANI, E. M. DE; VIEIRA, R. J.; et al. (2016a). *Coral snake bites (Micrurus spp.) in Brazil: A review of literature reports*. **Clinical Toxicology**, v. 54, n. 3.

BUCARETCHI, F.; DE CAPITNI, E. M.; HYSLOP, S. (2016b): Aspectos Clínicos do Envenenamento Causado por Cobras-Corais no Brasil. In: *As Cobras-Corais do Brasil - Biologia, Taxonomia, Venenos e Envenenamentos*, p. 346–379. SILVA JR., N. J. (Org.), **PUC Goiás**, Goiânia, Brasil. ISBN 978-85-7103-1.

CAMARA, V. M. e TAMBELLINI, A. T. (2003). Considerações sobre o uso da epidemiologia nos estudos em saúde ambiental. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. [online]. Vol.6, n.2, pp.95-104. ISSN 1980-5497. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2003000200004>.

CAMPBELL, J. A. & LAMAR, W. W. (2004). *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere*. **Comstock Publishing Associates, Ithaca and London**. 1032pp. ISBN-13: 978-0801441417.

CARRASCO, P. A.; LEYNAUD, G.; SCROCCHI, G.; (2010). *Redescription of the southernmost snake species, Bothrops ammodytoides (Serpentes: Viperidae: Crotalinae)*. **Amphibia-Reptilia**, v. 31, n. 3, p. 323–338.

CHAFIQ, F.; HATTIMY, F. EL; RHALEM, N.; et al. (2016). *Snakebites notified to the poison control center of Morocco between 2009 and 2013*. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 22, n. 1.

CHAVES, L. F.; CHUANG, T. W.; SASA, M.; et al. (2015). *Snakebites Are Associated with Poverty, Weather Fluctuations, and El Niño*. **Science Advances**, v. 1, n. 8, p. e1500249–e1500249. DOI:10.1126/sciadv.1500249.

- CHEN, C. K.; LIN, C. C.; SHIH, F. Y.; et al. (2015). *Population-based study of venomous snakebite in Taiwan*. **Journal of Acute Medicine**, v. 5, n. 2, p. 38–42.
- CHIPPAUX, J. P. (1998). *Snake-bites: Appraisal of the global situation*. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 76, n. 5, p. 515–524.
- CHIPPAUX, J. P. (2008). *Estimating the global burden of snakebite can help to improve management*. **PLoS Med** 5(11): e221. DOI:10.1371/journal.pmed.0050221.
- CHIPPAUX, J. P. (2011). *Estimate of the burden of snakebites in sub-Saharan Africa: a meta-analytic approach*. **Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology**, v. 57, n. 4, p. 586–99.
- CHIPPAUX, J. P. (2012). *Epidemiological investigation on envenomation: from theory to practice*. **The Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 18, n. 4, p. 446–50.
- CHIPPAUX, J. P. (2012). *Epidemiology of snakebites in Europe: A systematic review of the literature*. **Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology**, v. 59, p. 86–99.
- CHIPPAUX, J. P. (2015). *Epidemiology of envenomations by terrestrial venomous animals in Brazil based on case reporting: from obvious facts to contingencies*. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 21, n. 1, p. 13.
- CHIPPAUX, J. P. (2017a). *Snakebite envenomation turns again into a neglected tropical disease!* **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 23, n. 1, p. 38.
- CHIPPAUX, J. P. (2017b). *Incidence and mortality due to snakebite in the Americas*. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, 11(6): e0005662. DOI:10.1371/journal.pntd.0005662.
- CHIPPAUX, J. P.; POSTIGO, J. R. (2014) *Appraisal of snakebite incidence and mortality in Bolivia*. **Toxicon**, v. 84, p. 28–35, 2014.

CUPO, P. (2015). *Bites and stings from venomous animals: A neglected Brazilian tropical disease*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 48, n. 6, p. 639–641.

DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; ADAMY, A. (2008). Origem das paisagens. In: Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. ed. DA SILVA, C. R. **Serviço Geológico Brasileiro - CPRM**. Rio de Janeiro, 264 p.

DINIZ-FILHO, J. A.; BINI, L. M.; HAWKINS, B. A. (2003). *Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology*. **Global Ecology & Biogeography**, v. 12 p. 53–64.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BASTOS, R. P.; VIEIRA, C. M. et al. (2005). *Priority areas for anuran conservation using biogeographical data: a comparison of greedy, rarity, and simulated annealing algorithms to define reserve networks in Cerrado*. **Brazilian Journal of Biology**, 65(2), 251-261.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M.; PINTO, M. P.; et al. (2006). *Anuran species richness, complementarity and conservation conflicts in Brazilian Cerrado*. **Acta Oecologica**, 29, 9–15.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; NABOUT, J. C.; TELLES, M. P. C.; et al. (2009). *Review of techniques for spatial modeling in geographical, conservation and landscape genetics*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, n. 2, p. 203–211.

DOLAB, J. A.; ROODT, A. R. DE; TITTO, E. H. DE; et al. (2014). *Epidemiology of snakebite and use of antivenom in Argentina*. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 108, n. 5, p. 269–276.

DUARTE, M. R.; MENEZES, F. A. (2013) *Is the population of *Crotalus durissus* (Serpentes, Viperidae) expanding in Brazil?* **The journal of venomous animals and toxins including tropical diseases**, v. 19, n. 1, p. 30.

EDIRIWEERA, D. S.; KASTURIRATNE, A.; PATHMESWARAN, A.; et al. (2016) *Mapping the Risk of Snakebite in Sri Lanka - A National Survey with Geospatial Analysis*. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 10, n. 7, p. 1–14.

- FEITOSA, D. T.; SILVA, N. J. DA; PIRES, M. G.; et al. (2015). *A new species of monadal coral snake of the genus Micrurus (Serpentes, Elapidae) from Western Amazon*. **Zootaxa**, v. 3974, n. 4, p. 538–554.
- FEITOSA, E. S.; SAMPAIO, V.; SACHETT, J.; et al. (2015a). *Snakebites as a largely neglected problem in the Brazilian Amazon: Highlights of the epidemiological trends in the state of Amazonas*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 48 (Suppl I), p. 34-41.
- FEITOSA, E. L.; SAMPAIO, V. S.; SALINAS, J. L.; et al. (2015b). *Older Age and Time to Medical Assistance Are Associated with Severity and Mortality of Snakebites in the Brazilian Amazon: A Case-Control Study*. **PLoS ONE** 10(7): e0132237. DOI:10.1371/journal.pone.0132237.
- FICK, S. E. and HIJMANS, R. J. (2017). *Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. **International Journal of Climatology**. Available in: <http://worldclim.org/version2>.
- FRANÇA, F. G. R., & BRAZ, V. S. (2013). *Diversity, activity patterns, and habitat use of the snake fauna of Chapada dos Veadeiros National Park in Central Brazil*. **Biota Neotropica**, vol. 13, no. 113(1), 74–85.
- GRONEBERG, D. A.; GEIER, V.; KLINGELHÖFER, D.; et al. (2016). *Snakebite Envenoming – A Combined Density Equalizing Mapping and Scientometric Analysis of the Publication History*. **PLoS Neglected Tropical Diseases** 10(11):e0005046. DOI:10.1371/journal.pntd.0005046.
- GUTIÉRREZ, J. M.; CALVETE, J. J.; HABIB, A. G.; et al. (2017). *Snakebite envenoming*. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 3, p. 17063.
- GUTIÉRREZ, J. M.; WARRELL, D. A.; WILLIAMS, D. J.; et al. (2013). *The Need for Full Integration of Snakebite Envenoming within a Global Strategy to Combat the Neglected Tropical Diseases: The Way Forward*. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, 7(6): e2162. DOI:10.1371/journal.pntd.0002162.
- GUTIÉRREZ, J. M.; WILLIAMS, D.; FAN, H. W.; WARRELL, D. A. (2010). *Snakebite envenoming from a global perspective: Towards an integrated approach*. **Toxicon**, v. 56, n. 7, p. 1223–1235.

HALESHA, B. R.; HARSHAVARDHAN, L.; LOKESH, A. J.; et al. (2013). *A study on the clinico-epidemiological profile and the outcome of snake bite victims in a tertiary care centre in Southern India*. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 7, n. 1, p. 122–126.

HARRISON, R. A.; HARGREAVES, A.; WAGSTAFF, S. C.; et al. (2009). *Snake Envenoming: A Disease of Poverty*. (J. White, Ed.) **PLoS Neglected Tropical Diseases**, 12): e569. DOI:10.1371/journal.pntd.0000569.

HESS, P. L.; SQUAIELLA-BAPTISTAO, C. C. (2012). Toxinas animais: Serpentes da família Colubridae e seus venenos. **Estudos de Biologia**, v. 34, n. 421, p. 135.

HOSSAIN, J.; BISWAS, A.; RAHMAN, F.; MASHREKY, S. R. (2016). *Snakebite Epidemiology in Bangladesh — A National Community Based Health and Injury Survey*. **Health**, v. 8, n. March, p. 479–486.

HOTEZ, P. J.; MOLYNEUX, D. H.; FENWICK, A.; et al. (2007). *Control of Neglected Tropical Diseases*. **The new England Journal of medicine**, v. 357, n. 10, p. 1018–1027.

IBGE. (2017). Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Coordenação de Geografia**. – Rio de Janeiro: IBGE. ISBN 978-85-240-4421-2.

_____. (2016). Produção Agrícola Municipal. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em 21 de novembro de 2016.

_____. (2013). Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. **IBGE**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm>. Acesso em 21 de novembro de 2016.

_____. (2010). Censo Demográfico 2010 - CENSO 2010. **IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html>>. Acesso em 21 de novembro de 2016.

_____. (2010). Mapa dos Limites Municipais. **IBGE**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/download/arquivos/index1.shtm>>.

Acesso em 21 de novembro de 2016.

IOM (*INSTITUTE OF MEDICINE*). *The Causes and Impacts of Neglected Tropical and Zoonotic Diseases: Opportunities for Integrated Intervention Strategies. Workshop Summary*. 2011.

JUNGHANSS, T. & BODIO, M. (2006). *Medically Important Venomous Animals: Biology, Prevention, First Aid, and Clinical Management*. **Clinical Infectious Diseases**, v. 43, n. 10, p. 1309–1317.

KASTURIRATNE, A.; PATHMESWARAN, A.; WICKREMASINGHE, A. R.; et al. (2017). *The socio-economic burden of snakebite in Sri Lanka*. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, 11(7): e0005647. DOI:10.1371/journal.pntd.0005647.

KASTURIRATNE, A.; WICKREMASINGHE, A. R.; SILVA, N. DE; et al. (2008). *The global burden of snakebite: A literature analysis and modelling based on regional estimates of envenoming and deaths*. **PLoS Medicine**, 5(11): e218. DOI:10.1371/journal.pmed.0050218.

KREBS, C. J. (2001). *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. 5th ed. **Benjamin Cummings**, San Francisco, USA. ISBN 0-321-04289-1.

KULARATNE, A. M.; SILVA, A.; MADUWAGE, K.; et al. (2014). *Victims' response to snakebite and socio-epidemiological factors of 1018 snakebites in a tertiary care hospital in Sri Lanka*. **Wilderness and Environmental Medicine**, v. 25, p. 35–40.

LADEIRA, C. G. P. & MACHADO, C. TORNEIO, M. (2017). Epidemiologia dos acidentes com animais peçonhentos na região de Ponte Nova, Minas Gerais, Brasil. **Journal Health NPEPS**, v. 2 (Supl.1), p. 40-57.

LAPIG. Laboratório de Processamento de Imagem e Georreferenciamento. (2016). **Universidade Federal de Goiás**. Disponível em: <http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>. Acesso em 13 novembro de 2016.

LEGENDRE, P. and LEGENDRE, L. (1998). *Numerical Ecology. 2nd. English ed. Elsevier, Amsterdam.* ISBN 0-444-89249-4.

LILLYWHITE, H. B. (1987). *Temperature, energetics, and physiological ecology. In: SEIGEL, R. A., COLLINS, J. T. & NOVAK, S. S. (Eds.). Snakes: Ecology and Evolutionary Biology. New York: McGraw-Hill.* p. 422-477.

MAIA, A. G. e BUAINAIN, A. M. (2015). O novo mapa da população rural brasileira. **Confins [Online]**, 25 | 2015, posto online no dia 19 Novembro 2015, consultado o 22 Fevereiro 2018. DOI:10.4000/confins.10548.

MARTINS, M. 2010. *Bothrops jararacussu. The IUCN Red List of Threatened Species 2010:* e.T178720A7602591. DOI:10.2305/IUCN.UK.2010-4.RLTS.T178720A7602591.en. Downloaded on 28 February 2018.

MARTINS, M., MARQUES, O.A.V. & SAZIMA, I. (2002). *Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in Neotropical pitvipers (Genus Bothrops). In Biology of the vipers (G.W. Schuett, M. Höggren, M.E. Douglas & H.W. Greene, eds.). Eagle Mountain Publishing, Utah,* p. 307-328.

MARTINEZ-MEYER, E.; DÍAZ-PORRAS, D.; PETERSON, A. T.; et al. (2013). *Ecological niche structure and rangewide abundance patterns of species. Biology Letters* 9:20120637. DOI:10.1098/rsbl.2012.0637.

MARITZ, B.; PENNER, J.; MARTINS, M.; et al. (2016). *Identifying global priorities for the conservation of vipers. Biological Conservation*, v. 204, p. 94–102.

MATHERS, C. D.; EZZATI, M.; LOPEZ, A. D. (2007). *Measuring the burden of neglected tropical diseases: The global burden of disease framework. PLoS Neglected Tropical Diseases*, 1(2): e114. DOI:10.1371/journal.pntd.0000114.

MDIC. (2013). Atlas nacional de comércio e serviços [material cartográfico] - Escalas diferem. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – Brasília, DF: MDIC, 2013.** ISBN 978-85-60206-04-9.

MELGAREJO, A, R.; PUORTO, G.; BUONONATO, M. A.; DA SILVA JR, N. J. (2016): Cobras-Corais de Interesse Médico no Brasil. In: As Cobras-Corais do Brasil

- *Biologia, Taxonomia, Venenos e Envenenamentos*, p. 330–345. In: SILVA JR., N. J. (Org.), **PUC Goiás**, Goiânia, Brasil. ISBN 978-85-7103-1.
- MISE, Y. F.; LIRA-DA-SILVA, R. M. & CARVALHO, F. M. (2016). *Agriculture and snakebite in Bahia, Brazil – An ecological study*. ***Annals of Agricultural and Environmental Medicine***, 23(3), 416–419. DOI:10.5604/12321966.1219179.
- MOHAPATRA, B.; WARRELL, D. A.; SURAWEERA, W.; et al. (2011). *Snakebite mortality in India: a nationally representative mortality survey*. ***PLoS Neglected Tropical Diseases***, 5(4): e1018. DOI:10.1371/journal.pntd.0001018.
- MOLYNEUX, D. (2013). *Neglected Tropical Diseases*. ***Community Eye Health Journal***, v. 26, ISSUE 82, p. 21–24.
- MORRIS, R. J. (2010). *Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network structure and ecosystem functioning perspective*. ***Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences***, v. 365, p. 3709–3718.
- MOURA, M. R.; COSTA, H. C.; PEIXOTO, M. A.; et al. (2018). *Geographical and Socioeconomic Determinants of Species Discovery Trends in the Atlantic Forest*. ***Biological Conservation***, n. 220, p. 237–244.
- NALLY, R. M. (2002). *Multiple regression and inference in ecology and conservation biology: further comments on identifying important predictor variables*. ***Biodiversity and Conservation***, v. 11, p. 1397–1201.
- NORI, J.; CARRASCO, P. A.; LEYNAUD, G. C. (2014). *Venomous snakes and climate change: Ophidism as a dynamic problem*. ***Climatic Change***, v. 122, n. 1–2, p. 67–80.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M. et al (2016). *Vegan: Community Ecology Package*. ***R package version 2.4-1***. Available in: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- OLIVEIRA, U.; PAGLIA, A. P.; BRESCOVIT, A. D. et al. (2016). *The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity*. ***Diversity and Distributions*** 1–13. DOI:10.1111/ddi.12489.

- OTERO-PATIÑO, R. *Snake Bites in Colombia Introduction: Epidemiological Background*. **Clinical Toxinology**, DOI:10.1007/978-94-007-6288-6_41-2.
- PINCHEIRA-DONOSO, D.; BAUER, A. M.; MEIRI, S.; UETZ, P. (2013). *Global Taxonomic Diversity of Living Reptiles*. **PLoS ONE**, v. 8, n. 3, p. 1–10.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L. and MCMAHON, T. A. (2007). *Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification*. **Hydrology Earth System Sciences**, 11, 1633–1644.
- PINHO, F. M. O. & PEREIRA, I. D. (2001). Ofidismo. **Revista da Associação Médica do Brasil**, v. XVI, n. 3, p. 559–572.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. A vida dos vertebrados. [tradução: Ana Maria de Souza; Paulo Auricchio]. 4ª ed. São Paulo: **Atheneu Editora**, 2008.
- PYRON, R. A.; BURBRINK, F. T.; COLLI, G. R.; et al. (2011). *The phylogeny of advanced snakes (Colubroidea), with discovery of a new subfamily and comparison of support methods for likelihood trees*. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 58, n. 2, p. 329–342.
- PYRON, R.; BURBRINK, F. T.; WIENS, J. J. (2013). *A phylogeny and revised classification of Squamata, including 4161 species of lizards and snakes*. **BMC Evolutionary Biology**, v. 13, n. 1, p. 93.
- R Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. Available in: <https://www.R-project.org/>.
- RAHMAN, R.; FAIZ, M. A.; SELIM S. et al. (2010) *Annual Incidence of Snake Bite in Rural Bangladesh*. **PLoS Neglected Tropical Diseases** 4(10): e860. DOI:10.1371/journal.pntd.0000860
- RANGEL, T. F.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M. (2010). *SAM: A comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology*. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 46–50.
- RODRIGUES, A. S. L.; GRAY, C. L.; CROWTER, B. J. et al. (2010). *A global assessment of amphibian taxonomic effort and expertise*. **Bioscience** 60, 798–806. DOI:10.1525/bio.2010.60.10.6.

- RIFAIE, F.; MAHARANI, T. & HAMIDY, A. (2017). *Where did Venomous Snakes Strike? A Spatial Statistical Analysis of Snakebite Cases in Bondowoso Regency, Indonesia*. **HAYATI Journal of Biosciences**, v. 24, n. 3, p. 142-148.
- RISK, J. Y.; CARDOSO, J. L. C.; SUEIRO, L. R.; ALMEIDA-SANTOS, S. M. (2016): Acidentes com Cobras-Corais e o Instituto Butantan. *In: As Cobras-Corais do Brasil - Biologia, Taxonomia, Venenos e Envenenamentos*, p. 378–415. SILVA JR., N. J. (Org.), **PUC Goiás**, Goiânia – GO. ISBN 978-85-7103-1.
- SCHNEEBERGER, C. A. (2003) *Minimanual compacto de geografia do Brasil: teoria e prática*, 1ª ed. **Rideel**. São Paulo - SP. ISBN 85-339-0583-1.
- SHARMAA, S. K.; KHANALB, B.; POKHRELC, P.; KHANA, A.; et al (2003). *Snakebite-reappraisal of the situation in Eastern Nepal*. **Toxicon**, v. 41, n. 3, p. 285–289.
- SIQUEIRA, H. (2015). Novo desenvolvimentismo e dinâmica urbano-regional no Brasil (2004-2012). **EURE**, vol 41, nº 122, Enero 2015, pp. 261-277.
- ROCHA, M. B. B.; ROSA, R. (2009). O meio físico e o uso da terra no município de Araxá – MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n.1, p.55-62.
- SILVA, A. (2013). *Dangerous snakes, deadly snakes and medically important snakes*. **The journal of venomous animals and toxins including tropical diseases**, v. 19, n. 1.
- SILVA JR., N. J.; PIRES, M. G.; FEITOSA, D. T. (2016). Diversidade das cobras-corais do Brasil. *In: As Cobras-Corais do Brasil - Biologia, Taxonomia, Venenos e Envenenamentos*, p. 78–167. SILVA JR., N. J. (Org.), **PUC Goiás**, Goiânia, Brasil. ISBN 978-85-7103-1.
- SWAROOP, S. (1954). *Snakebite mortality in the world*. **World Health Organization**, 10, p. 35–76, 1954.
- TERRIBILE, L. C. & DINIZ-FILHO, J. A. F. (2009). *Spatial patterns of species richness in New World coral snakes and the metabolic theory of ecology*. **Acta Oecologica**, v. 35, n. 2, p. 163–173.

- TERRIBILE, L. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; RODRÍGUEZ, M. Á.; RANGEL, T. F. L. V. B. (2009). *Richness patterns, species distributions and the principle of extreme deconstruction*. ***Global Ecology and Biogeography***, v. 18, n. 2, p. 123–136.
- TERRIBILE, L. C.; OLALLA-TÁRRAGA, M. Á.; MORALES-CASTILLA, I.; et al. (2009). *Global richness patterns of venomous snakes reveal contrasting influences of ecology and history in two different clades*. ***Oecologia***, v. 159, n. 3, p. 617–626.
- THANNI, L. O. A.; TADE, A. O. (2007). *Extremity amputation in Nigeria - A review of indications and mortality*. ***Surgeon***, v. 5, n. 4, p. 213–217.
- THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; et al. (2004). *Extinction risk from climate change*. ***Nature***, v. 427(6970), p. 145-148.
- TRAPE, J. F.; PISON, G.; GUYAVARCH, E.; MANE, Y. (2001). *High mortality from snakebite in south-eastern Senegal*. ***Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene***, v. 95, n. 4, p. 420–423.
- UETZ, P.; FREED, P. & HOŠEK, J. (eds.). *The Reptile Database*. Disponível em: <http://www.reptile-database.org>. Acesso em 15 de setembro de 2017.
- UETZ P. & HOŠEK J. (2018). *The Reptile Database (version Dec 2015)*. In: ROSKOV, Y.; ABUCAY, L.; ORRELL, T.; et al. eds. (2018). *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 26th February 2018. Digital resource at www.catalogueoflife.org/col. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands*. ISSN 2405-8858.
- VITT, L. J. and CALDWELL, J. P. (2014). *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. ***Academic Press***, San Diego, California, USA.
- VAIYAPURI, S.; VAIYAPURI, R.; ASHOKAN, R.; et al. (2013). *Snakebite and Its Socio-Economic Impact on the Rural Population of Tamil Nadu, India*. ***PLoS ONE***, 8(11): e80090. DOI:10.1371/journal.pone.0080090.
- WAGNER, P.; TOWNSEND, E.; BAREJ, M.; et al. (2009). *First record of human envenomation by *Atractaspis congica* Peters, 1877 (Squamata: Atractaspididae)*. ***Toxicon***, v. 54, n. 3, p. 368–372.
- WARRELL, D. A. (2010). *Snake bite*. ***The Lancet***, v. 375, n. 9708, p. 77–88.

WARRELL, D. A. (2012). *Venomous Bites and Stings*. **Infectious Disease Clinics of North America**, v. 26, n. 2, p. 207-223.

WEN, F. H.; MONTEIRO, W. M.; MOURA DA SILVA, A. M.; et al. (2015). *Snakebites and Scorpion Stings in the Brazilian Amazon: Identifying Research Priorities for a Largely Neglected Problem*. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, 9(5): e0003701. DOI:10.1371/journal.pntd.0003701.

WILLIAMS, D.; GUTIÉRREZ, J. M.; HARRISON, R.; et al. (2010). *The Global Snake Bite Initiative: an antidote for snake bite*. **The Lancet**, v. 375, n. 9708, p. 89–91.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (1949). *Manual of the international statistical classification of diseases, injuries, and causes of death. Sixth revision*. **World Health Organization**. Geneva.

_____. (2007). *Rabies and envenomings: a neglected public health issue: report of a Consultative Meeting*. **World Health Organization**. Geneva.

_____. (2010). *These Guidelines were adopted by the WHO Expert Committee on Biological Standardization at its 59th meeting which took place in Geneva from 13 to 17 October 2008 and will be published in the WHO Technical Report Series*. **World Health Organization**. Geneva.

_____. (2016). *Guidelines for the Production, Control and Regulation of Snake Antivenom Immunoglobulins*. **World Health Organization**. Geneva.

_____. (2017). *Integrating neglected tropical diseases into global health and development. 4th WHO report on neglected tropical diseases*. **World Health Organization**. Geneva.

YAÑEZ-ARENAS, C.; PETERSON, A. T.; MOKONDOKO, P.; et al. (2014). *The use of ecological niche modeling to infer potential risk areas of snakebite in the Mexican State of Veracruz*. **PLoS ONE**, 9(6): e100957. DOI:10.1371/journal.pone.0100957.

APÊNDICE

Material Suplementar I

Distribuição da incidência de acidentes ofídicos por município em níveis nacional e regional entre os anos de 2007 e 2015

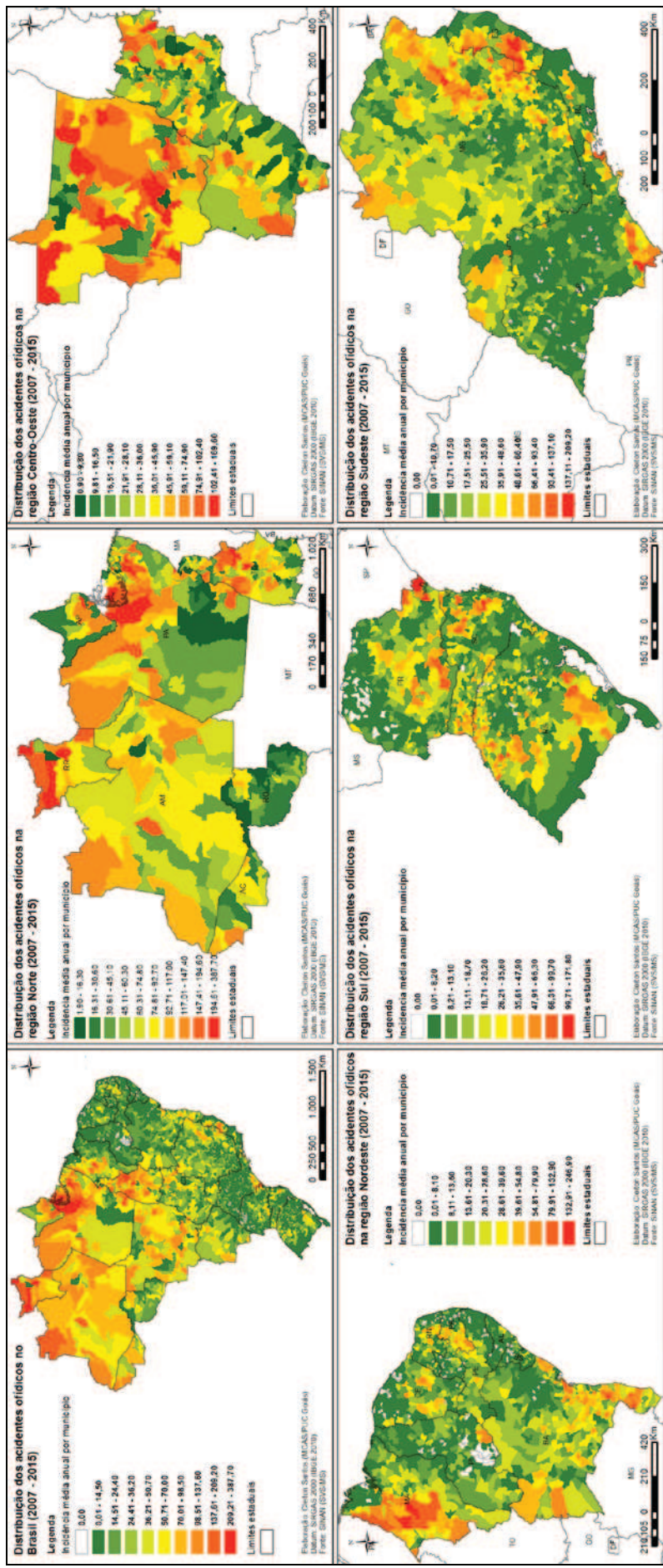


Figura 3 - Mapas de distribuição da incidência média anual de acidentes ofídicos no Brasil e nas cinco regiões geográficas entre os anos de 2007 e 2015.

Material Suplementar II
Distribuição da riqueza de espécies de serpentes das famílias Elapidae e
Viperidae no Brasil

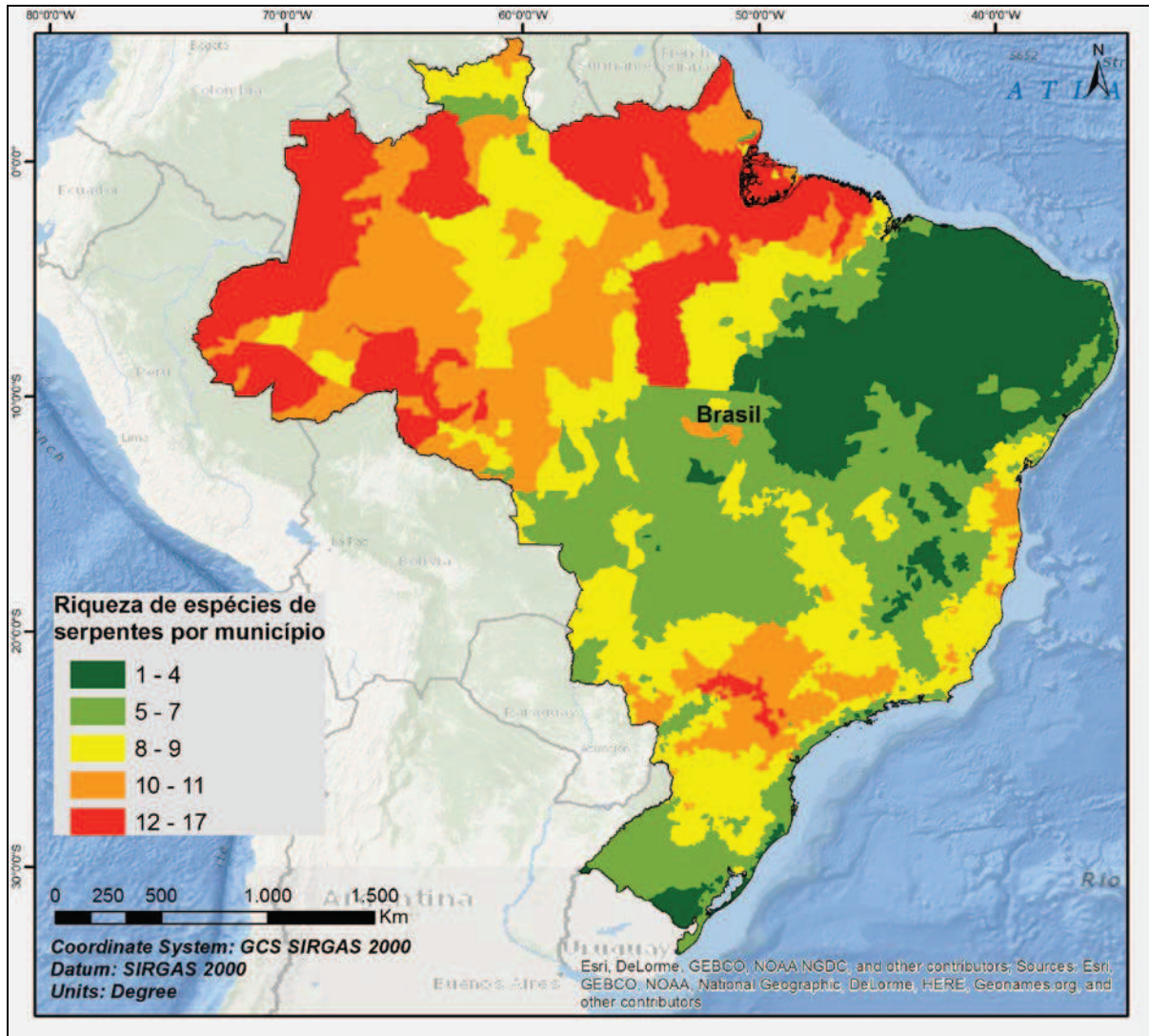


Figura 4 - Mapa de distribuição da riqueza de espécies de serpentes das famílias Elapidae e Viperidae por município no Brasil.

Material Suplementar III

Descrição dos eixos da PCA das variáveis bioclimáticas

Na PCA das variáveis bioclimáticas com os dados globais e regionais referentes às regiões Norte, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste foram selecionados três eixos para cada escala de análise, que, proporcionalmente, acumularam 86%, 85%, 84%, 85% e 87% da variação climática nas respectivas escalas (Tabela 5 a 8), resumizando a variação climática nacional e regional em termos de temperatura e precipitação (Quadro 1). Para a região Sul, quatro eixos foram necessários para acumular 88% da variação climática na região, sintetizando o clima ambiente para a referida região (Tabelas 9).

Tabela 5 - Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados nacionais.

Autovalor	Proporção	Prop. Acumulada	<i>Broken Stick</i>
10.412	0.548	0.548	0.187
3.12	0.164	0.712	0.134
2.734	0.144	0.856	0.108
1.343	0.071	0.927	0.09
0.485	0.026	0.952	0.077
0.317	0.017	0.969	0.067
0.245	0.013	0.982	0.058
0.13	0.007	0.989	0.05
0.119	0.006	0.995	0.044
0.034	0.002	0.997	0.038
0.026	0.001	0.998	0.033
0.014	<.001	0.999	0.028
0.009	<.001	0.999	0.023
0.005	<.001	1	0.019
0.003	<.001	1	0.016
0.002	<.001	1	0.012
0.001	<.001	1	0.009
<.001	<.001	1	0.006
<.001	<.001	1	0.003

Tabela 6 - Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Norte.

Autovalor	Proporção	Prop. Acumulada	<i>Broken Stick</i>
9.853	0.519	0.519	0.187
4.156	0.219	0.737	0.134
2.22	0.117	0.854	0.108
1.059	0.056	0.91	0.09
0.889	0.047	0.957	0.077
0.322	0.017	0.974	0.067
0.2	0.011	0.984	0.058
0.138	0.007	0.991	0.05
0.065	0.003	0.995	0.044
0.039	0.002	0.997	0.038
0.028	0.001	0.998	0.033
0.011	<.001	0.999	0.028
0.009	<.001	0.999	0.023
0.006	<.001	1	0.019
0.003	<.001	1	0.016
0.002	<.001	1	0.012
0.001	<.001	1	0.009
<.001	<.001	1	0.006
<.001	<.001	1	0.003

Tabela 7 - Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Centro-Oeste.

Autovalor	Proporção	Prop. Acumulada	<i>Broken Stick</i>
8.939	0.47	0.47	0.187
4.081	0.215	0.685	0.134
2.936	0.155	0.84	0.108
1.453	0.076	0.916	0.09
0.572	0.03	0.946	0.077
0.397	0.021	0.967	0.067
0.291	0.015	0.983	0.058
0.183	0.01	0.992	0.05
0.048	0.003	0.995	0.044
0.033	0.002	0.997	0.038
0.027	0.001	0.998	0.033
0.018	<.001	0.999	0.028
0.011	<.001	0.999	0.023
0.005	<.001	1	0.019
0.003	<.001	1	0.016
0.001	<.001	1	0.012
<.001	<.001	1	0.009
<.001	<.001	1	0.006
<.001	<.001	1	0.003

Tabela 8 - Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Sul.

Autovalor	Proporção	Prop. Acumulada	Broken Stick
9.742	0.513	0.513	0.187
2.953	0.155	0.668	0.134
2.104	0.111	0.779	0.108
1.881	0.099	0.878	0.09
0.972	0.051	0.929	0.077
0.464	0.024	0.953	0.067
0.438	0.023	0.976	0.058
0.173	0.009	0.986	0.05
0.119	0.006	0.992	0.044
0.045	0.002	0.994	0.038
0.044	0.002	0.996	0.033
0.03	0.002	0.998	0.028
0.013	<.001	0.999	0.023
0.009	<.001	0.999	0.019
0.006	<.001	1	0.016
0.004	<.001	1	0.012
0.003	<.001	1	0.009
0.002	<.001	1	0.006
<.001	<.001	1	0.003

Tabela 9 - Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Nordeste.

Autovalor	Proporção	Prop. Acumulada	Broken Stick
9.601	0.505	0.505	0.187
5.08	0.267	0.773	0.134
1.409	0.074	0.847	0.108
1.257	0.066	0.913	0.09
0.654	0.034	0.947	0.077
0.379	0.02	0.967	0.067
0.246	0.013	0.98	0.058
0.142	0.007	0.988	0.05
0.121	0.006	0.994	0.044
0.063	0.003	0.997	0.038
0.021	0.001	0.999	0.033
0.01	<.001	0.999	0.028
0.008	<.001	1	0.023
0.004	<.001	1	0.019
0.003	<.001	1	0.016
0.001	<.001	1	0.012
<.001	<.001	1	0.009
<.001	<.001	1	0.006
<.001	<.001	1	0.003

Tabela 10 - Autovalores das 19 variáveis bioclimáticas na PCA para os dados da região Sudeste.

Autovalor	Proporção	Prop. Acumulada	<i>Broken Stick</i>
8.887	0.468	0.468	0.187
5.512	0.29	0.758	0.134
2.149	0.113	0.871	0.108
1.521	0.08	0.951	0.09
0.496	0.026	0.977	0.077
0.25	0.013	0.99	0.067
0.057	0.003	0.993	0.058
0.054	0.003	0.996	0.05
0.021	0.001	0.997	0.044
0.014	<.001	0.998	0.038
0.013	<.001	0.999	0.033
0.008	<.001	0.999	0.028
0.007	<.001	1	0.023
0.004	<.001	1	0.019
0.003	<.001	1	0.016
0.001	<.001	1	0.012
<.001	<.001	1	0.009
<.001	<.001	1	0.006
<.001	<.001	1	0.003

Quadro 1 - Descrição dos eixos selecionados pelo critério de *Broken stick* na PCA das 19 variáveis bioclimáticas.

Eixo Climático	Região					
	Brasil	Norte	Centro-Oeste	Sul	Nordeste	Sudeste
Eixo 1	Maior efeito da temperatura para áreas quentes e com estabilidade térmica e maior variação sazonal e diminuição da precipitação.	Maior efeito da temperatura para áreas quentes e úmidas com menor sazonalidade de precipitação.	Maior efeito da temperatura para áreas com diminuição da temperatura média e da precipitação com sazonalidade diminuída.	Maior efeito da precipitação para áreas mais frias e úmidas.	Maior efeito da temperatura para áreas mais quentes com variação térmica estável e períodos sazonais de precipitação mais irregulares.	Efeito balanceado de temperatura e precipitação para áreas mais quentes e úmidas com períodos sazonais de temperatura e precipitação irregulares.
Eixo 2	Maior efeito da precipitação para áreas quentes e úmidas com variação climática estável.	Maior efeito da baixa precipitação para áreas quentes com maior variação térmica.	Maior efeito da temperatura para áreas com diminuição da temperatura média e períodos sazonais de precipitação irregulares.	Maior efeito da temperatura para áreas quentes e úmidas.	Maior efeito da precipitação para áreas mais úmidas com maior variação térmica.	Maior efeito de temperatura para áreas com temperatura média mais baixa e estável, e menor variação sazonal de precipitação.
Eixo 3	Maior efeito da baixa precipitação para áreas com menor variação sazonal e maior amplitude térmica, com temperaturas médias e umidade mais baixa.	Maior efeito da precipitação para áreas com diminuição da temperatura média e aumento da precipitação.	Maior efeito da temperatura para áreas com maior variação térmica e precipitação.	Maior efeito da baixa precipitação para áreas quentes com diminuição da precipitação.	Não significativo na análise de regressão.	Não significativo na análise de regressão.
Eixo 4	-	-	-	Maior efeito da baixa temperatura em áreas mais frias e secas.	-	-

Material Suplementar IV

Autocorrelação espacial nos resíduos do modelo OLS nacional

Tabela 11 - Coeficientes de Determinação Múltipla (R^2) do Modelo OLS nacional com a inclusão das variáveis *dummies* e filtros espaciais, avaliados com Índice de Moran para detecção de autocorrelação espacial nos resíduos.

Modelo OLS	r	R ²	R ² ajustado	P	Moran's I (resíduos)
Nacional	0.66	0.443	0.442	<.001	0.162
Nacional com <i>dummies</i>	0.70	0.496	0.494	0	0.128
Nacional com PCNM	0.74	0.54	0.539	0	0.058
Nacional com <i>dummies</i> e PCNM	0.75	0.565	0.563	<.001	0.05

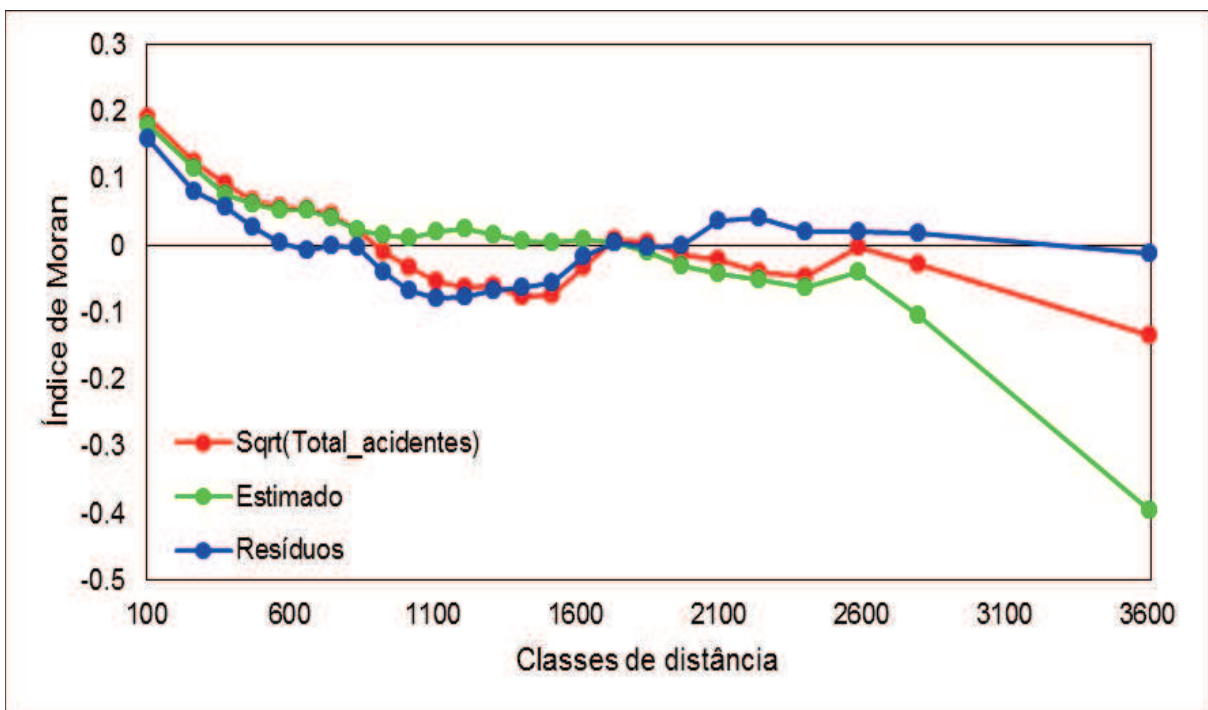


Figura 5 - Correlograma do Índice de Moran para as classes de distâncias dos resíduos no modelo OLS nacional sem os filtros espaciais.

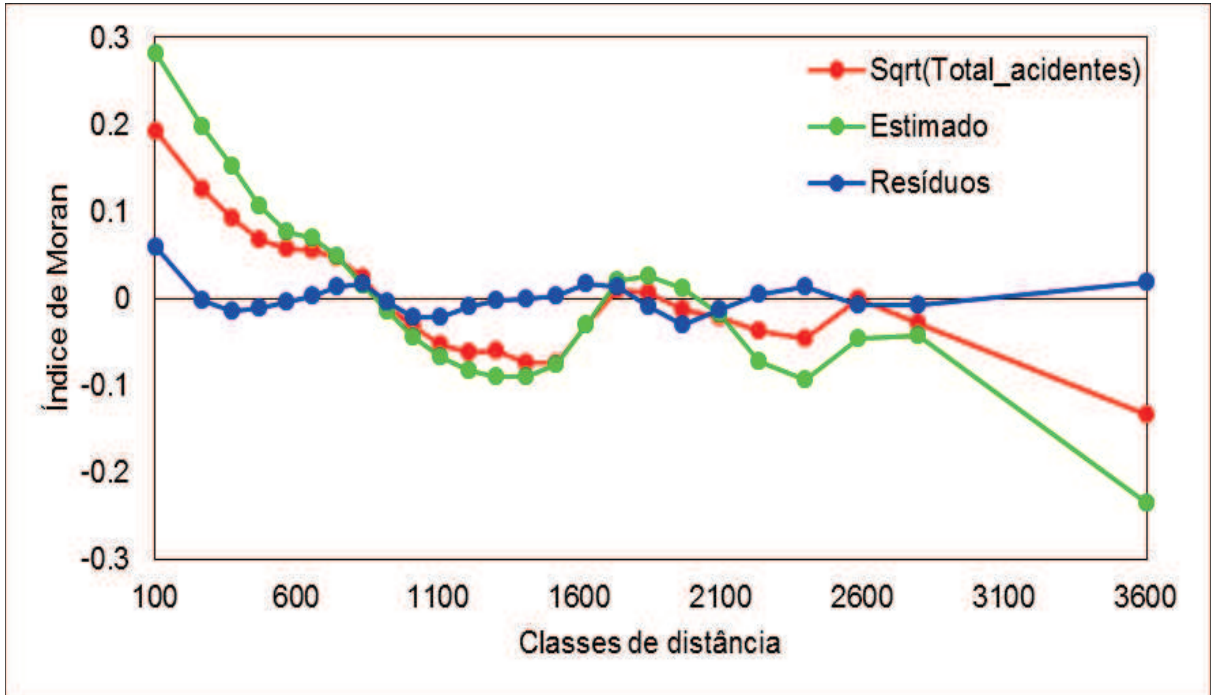


Figura 6 - Correlograma do Índice de Moran para as classes de distâncias dos resíduos no modelo OLS nacional com inclusão dos filtros espaciais.