



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SÚDE
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS –
MESTRADO EM BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL (PPGBIO)**

Alexia Eisfeld Leite de Assumpção Magalhães

**Panorama Atual dos Acidentes Crotálicos e Laquéticos no
Brasil: perfil epidemiológico e padrão de distribuição espacial**

Rio de Janeiro
2017

Panorama Atual dos Acidentes Crotálicos e Laquéticos no Brasil: perfil epidemiológico e padrão de distribuição espacial

Alexia Eisfeld Leite de Assumpção Magalhães

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical), da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof. Dr^a Maria Lucia Lorini

Rio de Janeiro- RJ

2017

E188 Einfeld Leite de Assumpção Magalhães, Alexia
Panorama Atual dos Acidentes Crotálicos e
Laquéticos no Brasil: perfil epidemiológico e padrão
de distribuição espacial / Alexia Einfeld Leite de
Assumpção Magalhães. -- Rio de Janeiro, 2018.
100

Orientadora: Maria Lucia Lorini.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação
em Ciências Biológicas, 2018.

1. Acidentes Ofídicos. 2. *Crotalus durissus*. 3.
Lachesis muta. 4. Brasil. I. Lorini, Maria Lucia,
orient. II. Título.

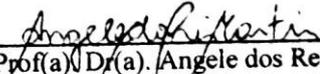


ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO N° 65

Aos vinte e sete dias do mês de fevereiro de dois mil e dezoito, às 11:30 horas, realizou-se na sala 502 do Instituto de Biociências (Av. Pasteur 458), do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, a defesa da dissertação intitulada *Panorama atual dos acidentes crotálicos e laquéticos no Brasil: perfil epidemiológico e padrão de distribuição espacial* do(a) Mestrando(a) **Alexia Eisfeld Leite de Assumpção Magalhães** do Mestrado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical). A presente dissertação foi orientada pelo(a) Prof(a). Dr(a). Maria Lucia Lorini. A Banca Examinadora foi constituída pelos professores, a saber: Prof(a). Dr(a). Davor Vcribradic e Prof(a). Dr(a). Angele dos Reis Martins, com suplência do(a) Prof(a). Dr(a). Rafael da Rocha Fortes. Após arguir o(a) mestrando(a) e considerar que o(a) mesmo(a) demonstrou capacidade no trato do tema escolhido e sistematização dos dados, a Banca Examinadora houve por bem aprová-lo(a) com conceito B.

Rio de Janeiro, 27 de fevereiro de 2018.


Prof(a). Dr(a). Davor Vcribradic (UNIRIO)


Prof(a) Dr(a). Angele dos Reis Martins (MNRJ)


Prof(a). Dr(a). Maria Lucia Lorini (UNIRIO)
(Presidente da Banca)

Epígrafe

*“Pedras no caminho? Guardo todas. Um
dia vou construir um castelo!”*

(Fernando Pessoa)

Agradecimentos

Agradeço à minha família, principalmente à minha tia e minha mãe, por todo o apoio, puxões de orelha e seções de terapia. Vocês são meus alicerces e meu lar. Aos meus avós, que apesar de não estarem presentes nessa etapa, sempre me inspiraram a trilhar meu caminho de um jeitinho todo especial. Ao meu tio e ao Manoel, por acompanharem essa trajetória.

Ao meu namorado Allan, que chegou no meio desse processo, mas que não poupou esforços para me ajudar. Que em meio a noites mal dormidas e mil planilhas sempre me estendeu a mão repleta de carinho e amor.

Aos amigos de laboratório e do programa, Gabriel Panigai (meu companheiro desde o início), Cadu Arlé, Michelle Andreu, Bruna Fernandes, Patrícia Pereira, Marco Kato (e nossas aventuras latinas), Jéssica Schnier, muito obrigada por todas as conversas e por toda a convivência. Aos meus queridos, Carla Medeiros, Nathércia Chança, Camila Santos, Rodolfo Vieira, a amizade de vocês é inestimável e imprescindível pra mim. Aos meus amigos de trabalho e nova família, Roberta Bicalho, Mineia Anselmo, Mariana Barreto e Victor Rezende, só tenho a agradecer pela força e pela parceria.

A Gabriela Guerra, por me ceder seus dados e ser sempre muito solícita.

A Dra. Gisele Winck, por aceitar o convite da minha banca de defesa e por fazer parte da minha qualificação. Todas as correções foram extremamente úteis e enriquecedoras.

Ao Prof. Dr. Davor Vrcibradic, que me acompanha desde a graduação e é dotado de uma paciência infinita para comigo. Sou muito grata por tudo que o senhor me proporcionou.

A Dra. Angele Martins, pela oportunidade incrível de trabalho e por ser o melhor apoio nessa turbulência de trabalho e mestrado.

Ao Prof. Dr. Rafael Fortes, por me abrir as portas do LEB e por fazer parte da minha banca de defesa.

A Prof.^a Dra. Maria Lucia Lorini, minha orientadora, pela jornada e pelos frutos alcançados.

À UNIRIO, como é bom fazer parte daqui, e a CAPES pela bolsa do Mestrado.

Resumo

Os acidentes ofídicos são um problema de saúde pública em várias partes do mundo, principalmente nas regiões rurais dos trópicos. O impacto decorrente da alta morbimortalidade desses acidentes afeta tanto a saúde como a economia dos países atingidos. A Organização Mundial da Saúde considera esse agravo como uma das Doenças Tropicais Negligenciadas, doenças que são abundantes nas regiões tropicais e subtropicais, que afetam principalmente pessoas em situação de pobreza. As populações humanas nessas condições sofrem de alta morbidade e mortalidade por conta do acesso precário aos serviços de saúde, que muitas vezes são deficientes e, em alguns casos, pela escassez de soro antiofídico, que é o único tratamento específico. No Brasil a Funasa também enfatiza os acidentes ofídicos como uma questão de importância pública. O tratamento do envenenamento por picada de cobra baseia-se na administração em tempo hábil do soro antiofídico indicado. Assim, os tipos de soro devem ser distribuídos com base na distribuição do problema. Logo, o conhecimento sobre a distribuição das serpentes peçonhentas é essencial para o tratamento adequado dos acidentes ofídicos. Existe uma forte relação entre a pobreza, população rural e os acidentes. Onde a combinação desses fatores aumenta a exposição a abrangência desse agravo na população alvo. No país ocorrem cerca de 19 e 22 mil acidentes por ano, com uma incidência de 13,5 acidentes / 100.000 habitantes. A maioria dos acidentes está associado a serpentes da família Viperidae. Os gêneros *Crotalus* e *Lachesis*, pertencentes a essa família possuem apenas uma espécie em território nacional, *Crotalus durissus* e *Lachesis muta*. O objetivo desta dissertação foi descrever a epidemiologia dos acidentes crotálicos e laquéuticos para os últimos 15 anos e identificar as áreas de risco desses envenenamentos a partir de análises espaciais. Esses dois gêneros aparecem na maioria dos acidentes fatais e com maior morbidez no país, participando de 42.408 acidentes entre 2001-2015 (*Crotalus durissus* em 29.364, 1,03acidentes/ 100.000 habitantes; e *Lachesis muta* em 13.044, 0,39 acidentes/ 100.000 habitantes) que culminaram em 371 mortes. As letalidades associadas foram de 0,98 para *Crotalus durissus* e 0,76 para *Lachesis muta*, apresentando as maiores letalidades para os acidentes desta categoria. As faixas etárias mais atingidas frequentemente acidentadas foram 20- 39 anos e 40-59 anos e os homens foram os mais acometidos em todas as faixas etárias analisadas. Assim, o perfil epidemiológico para estes dois tipos de acidentes se mantiveram condizentes com a população alvo dos mesmos, homens em idades produtivas. Os agrupamentos espaciais dos acidentes coincidiram com os habitats preferenciais das

espécies. Já quanto à incidência, corresponderam aos municípios com maiores proporções de população rural. Os agrupamentos espaciais dos óbitos e da letalidade compatibilizaram com a diminuta taxa de IDH dos locais atingidos pelo agravo. Através das análises espaciais dos acidentes crotálicos e laquéuticos, podemos identificar as áreas que mais necessitam de assistência do sistema de saúde, o que pode contribuir para o planejamento no sentido de suprir as necessidades regionais e locais identificadas.

Palavras-chave: Acidentes ofídicos, *Crotalus durissus*, *Lachesis muta*, Brasil

Abstract

Snakebites are a public health problem in many parts of the world, especially in the rural tropics. The impact of the high morbidity and mortality of these accidents affects both the health and the economy of the affected countries. The World Health Organization regards this as one of the Neglected Tropical Diseases, diseases that are plentiful in tropical and subtropical regions, which affect mainly people living in poverty. Human populations in these conditions suffer from high morbidity and mortality due to precarious access to health services, which are often deficient and, in some cases, due to the scarcity of anti-fowl serum, which is the only specific treatment. In Brazil, Funasa also emphasizes ophidian accidents as a matter of public importance. Treatment of snakebite poisoning is based on the timely administration of the indicated anti-fungal serum. Thus, the types of serum should be distributed based on the distribution of the problem. Therefore, knowledge about the distribution of venomous snakes is essential for the proper treatment of ophidian accidents. There is a strong link between poverty, rural population and accidents. Where the combination of these factors increases exposure to the extent of this condition in the target population. In the country there are approximately 19 and 22 thousand accidents per year, with an incidence of 13.5 accidents / 100,000 inhabitants. Most accidents are associated with snakes from the Viperidae family. The genera *Crotalus* and *Lachesis*, belonging to this family have only one species in national territory, *Crotalus durissus* and *Lachesis muta*. The objective of this project was to describe the epidemiology of Crotalic and Laquetic accidents for the last 15 years and to demonstrate the risk areas of these poisonings based on spatial analysis. These two genera appear in the majority of fatal accidents and with greater morbidity in the country, participating in 42,408 accidents between 2001-2015 (*Crotalus durissus* in 29,364, 1,03accidentes / 100,000 inhabitants, and *Lachesis muta* in 13,044, 0.39 accidents / 100,000 inhabitants) that culminated in 371 deaths. The associated lethality was 0.98 for *Crotalus durissus* and 0.76 for *Lachesis muta*, presenting the highest fatalities for accidents in this category. The most frequently affected age groups were 20-39 years and 40-59 years, and men were the most affected in all age groups analyzed. Thus, the epidemiological profile for these two types of accidents remained consistent with the target population, men at productive ages. The spatial agglomerations of the accidents coincided with the preferential habitats of the species. Regarding the incidence, they corresponded to the municipalities with the highest proportions of rural population. The spatial groupings of

deaths and lethality were compatible with the low HDI rate of the sites affected by the disease. Through the spatial analyzes of Crotalic and Laetic accidents, we can identify the areas that most require health system assistance to then meet the identified regional and local needs.

Key-words: Snakebites, *Crotalus durissus*, *Lachesis muta*, Brazil

Lista de Figuras

FIGURA 1: DISTRIBUIÇÃO DOS ACIDENTES CROTÁLICOS DE 2001 A 2015.	32
FIGURA 2: DISTRIBUIÇÃO DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS DE 2001 A 2015.	32
FIGURA 3: DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DE INCIDÊNCIA DOS ACIDENTES CROTÁLICOS DE 2001 A 2015.	33
FIGURA 4: DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DE INCIDÊNCIA DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS DE 2001 A 2015.	33
FIGURA 5: ÓBITOS DECORRENTES DE ACIDENTES CROTÁLICOS DE 2001 A 2015.	34
FIGURA 6: DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DE LETALIDADE PARA OS ACIDENTES CROTÁLICOS DE 2001 A 2015.	34
FIGURA 7: ÓBITOS DECORRENTES DE ACIDENTES LAQUÉTICOS DE 2001 A 2015.	35
FIGURA 8: DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DE LETALIDADE PARA OS ACIDENTES LAQUÉTICOS DE 2001 A 2015.	35
FIGURA 9: PARTICIPAÇÃO DE HOMENS E MULHERES NAS FAIXAS ETÁRIAS ANALISADAS DOS ACIDENTES CROTÁLICOS.	37
FIGURA 10: PARTICIPAÇÃO DE HOMENS E MULHERES NAS FAIXAS ETÁRIAS ANALISADAS DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS.	37
FIGURA 11: PORCENTAGEM DE HOMENS E MULHERES VÍTIMAS DE ACIDENTES CROTÁLICOS.	40
FIGURA 12: PROPORÇÃO DE HOMENS ENVOLVIDOS EM ACIDENTES CROTÁLICOS EM SEIS FAIXAS ETÁRIAS.	41
FIGURA 13: PROPORÇÃO DE MULHERES ENVOLVIDAS EM ACIDENTES CROTÁLICOS EM SEIS FAIXAS ETÁRIAS.	42
FIGURA 14: DISTRIBUIÇÃO NOS ESTADOS DE ACORDO COM OS TIPOS DE EVOLUÇÃO DOS ACIDENTES CROTÁLICOS.	43
FIGURA 15: PORCENTAGEM DE HOMENS E MULHERES VÍTIMAS DE ACIDENTES LAQUÉTICOS.	45
FIGURA 16: PROPORÇÃO DE HOMENS ENVOLVIDOS EM ACIDENTES LAQUÉTICOS EM SEIS FAIXAS ETÁRIAS.	46
FIGURA 17: PROPORÇÃO DE MULHERES ENVOLVIDAS EM ACIDENTES LAQUÉTICOS EM SEIS FAIXAS ETÁRIAS.	47
FIGURA 18: DISTRIBUIÇÃO NOS ESTADOS DE ACORDO COM OS TIPOS DE EVOLUÇÃO DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS.	48
FIGURA 19: TESTE DA EXISTÊNCIA DE AGRUPAMENTO ESPACIAL PARA OS ACIDENTES E ÓBITOS CROTÁLICOS.	61
FIGURA 20: TESTE DA EXISTÊNCIA DE AGRUPAMENTO ESPACIAL PARA OS ACIDENTES E ÓBITOS LAQUÉTICOS.	62
FIGURA 21: DISTÂNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA O TOTAL DE ACIDENTES CROTÁLICOS (PICO DE CORRELAÇÃO EM 390952,29 M).	63
FIGURA 22: DISTÂNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA A INCIDÊNCIA DOS ACIDENTES CROTÁLICOS (PICO DE CORRELAÇÃO EM 412324,59 M).	64
FIGURA 23: DISTÂNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA ÓBITOS DOS ACIDENTES CROTÁLICOS (MAIOR Z DE CORRELAÇÃO EM 369580,00 M).	64

FIGURA 24: DISTÂNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA A LETALIDADE DOS ACIDENTES CROTÁLICOS (PICO DE CORRELAÇÃO EM 390952,29 M).	65
FIGURA 25: DISTÂNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA A INCIDÊNCIA DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS (MAIOR VALOR DE Z EM 561930,63 M).	66
FIGURA 26: DISTÂNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA A INCIDÊNCIA DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS (PICO DE CORRELAÇÃO EM 412324,59 M).	66
FIGURA 27: DISTÂNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA ÓBITOS DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS (MAIOR Z DE CORRELAÇÃO EM 412324,59 M).	67
FIGURA 28: DISTÂNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA A LETALIDADE DOS ACIDENTES CROTÁLICOS (PICO DE CORRELAÇÃO EM 433696,88 M).	68
FIGURA 29 : EXTENSÃO DE OCORRÊNCIA DE <i>CROTALUS DURISSUS</i>	70
FIGURA 30: EXTENSÃO DE OCORRÊNCIA DE <i>LACHESIS MUTA</i>	71
FIGURA 31: <i>CLUSTERS</i> ESPACIAIS E <i>OUTLIERS</i> PARA O TOTAL DE ACIDENTES CROTÁLICOS (A) E PARA A INCIDÊNCIA MÉDIA DOS ACIDENTES CROTÁLICOS (B) RESULTANTES DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DE DADOS ATÍPICOS COM O ÍNDICE DE MORAN LOCAL.	73
FIGURA 32: <i>CLUSTERS</i> ESPACIAIS E <i>OUTLIERS</i> PARA O TOTAL DE ÓBITOS POR ACIDENTES CROTÁLICOS (A) E PARA A LETALIDADE MÉDIA DOS ÓBITOS POR ACIDENTES CROTÁLICOS (B) RESULTANTES DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DE DADOS ATÍPICOS COM O ÍNDICE DE MORAN LOCAL.	74
FIGURA 33: <i>CLUSTERS</i> ESPACIAIS E <i>OUTLIERS</i> PARA O TOTAL DE ACIDENTES LAQUÉTICOS (A) E PARA A INCIDÊNCIA MÉDIA DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS (B) RESULTANTES DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DE DADOS ATÍPICOS COM O ÍNDICE DE MORAN LOCAL.	75
FIGURA 34: <i>CLUSTERS</i> ESPACIAIS E <i>OUTLIERS</i> PARA O TOTAL DE ÓBITOS POR ACIDENTES LAQUÉTICOS (A) E PARA A LETALIDADE MÉDIA DOS ÓBITOS POR ACIDENTES LAQUÉTICOS (B) RESULTANTES DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DE DADOS ATÍPICOS COM O ÍNDICE DE MORAN LOCAL.	76
FIGURA 35: REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE <i>CROTALUS DURISSUS</i> NOS ESTADOS BRASILEIROS.	92
FIGURA 36: REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE <i>LACHESIS MUTA</i> NOS ESTADOS BRASILEIROS.	93
FIGURA 37: REMANESCENTES DE FORMAÇÕES FLORESTAIS NO BRASIL.	95
FIGURA 38: REMANESCENTES DE FORMAÇÕES ABERTAS NO BRASIL.	96
FIGURA 39: EXTENSÃO DE ÁREAS DE AGROPECUÁRIA NO BRASIL.	96

Lista de Tabelas

TABELA 1: ACIDENTE CROTÁLICO: MANIFESTAÇÕES, GRAVIDADE E SOROTERAPIA.....	24
TABELA 2: ACIDENTES LAQUÉTICOS: MANIFESTAÇÕES, GRAVIDADE E SOROTERAPIA.	25
TABELA 3: NÚMERO E PORCENTAGEM DOS ACIDENTES CROTÁLICOS PELAS FAIXAS ETÁRIAS ATINGIDAS.	36
TABELA 4: NÚMERO E PORCENTAGEM DOS ACIDENTES LAQUÉTICOS PELAS FAIXAS ETÁRIAS ATINGIDAS.	36
TABELA 5: AVALIAÇÃO DO MÉTODO E DA DISTÂNCIA PARA ANÁLISE DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DOS ACIDENTES E ÓBITOS CROTÁLICOS.	97
TABELA 6: AVALIAÇÃO DO MÉTODO E DA DISTÂNCIA PARA ANÁLISE DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DOS ACIDENTES E ÓBITOS LAQUÉTICOS.	98

Sumário

FICHA CATALOGRÁFICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
EPÍGRAFE	IV
AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO	VIII
ABSTRACT	X
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XIV
SUMÁRIO.....	XV
INTRODUÇÃO GERAL	17
PROPOSTA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	20
ÁREA DE ESTUDO	21
BREVE CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	22
CROTALUS DURISSUS	22
LACHESIS MUTA	24
CAPÍTULO I – EPIDEMIOLOGIA DOS ACIDENTES CROTÁLICOS E LAQUÉTICOS NO BRASIL	26
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	30
<i>Obtenção de dados</i>	30
<i>Análises Exploratórias</i>	31
<i>Análises Espaciais</i>	31
RESULTADOS	32
<i>Visão Geral</i>	32
<i>Perfil Epidemiológico Geral</i>	35
<i>Perfil Epidemiológico dos Acidentes Crotálicos</i>	38
<i>Perfil Epidemiológico dos Acidentes Laquéticos</i>	44
DISCUSSÃO	49
CONCLUSÃO	54
CAPÍTULO II – AGRUPAMENTOS ESPACIAIS DOS ACIDENTES CROTÁLICOS E LAQUÉTICOS NO BRASIL	55
INTRODUÇÃO.....	56
MATERIAL E MÉTODOS	57
<i>Obtenção de dados</i>	57

<i>Análises Espaciais</i>	59
RESULTADOS	69
<i>Extensão de Ocorrência</i>	69
<i>Autocorrelação Espacial</i>	71
DISCUSSÃO	77
CONCLUSÃO	79
DISCUSSÃO GERAL.....	80
PERSPECTIVAS FUTURAS	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
MATERIAL SUPLEMENTAR	92

INTRODUÇÃO GERAL

Os acidentes ofídicos são uma importante causa de mortalidade e morbidez humana, com impactos importantes sobre a saúde, bem como para a economia dos países tropicais (Pinho *et al.* 2005; Kasturiratne *et al.* 2008; Harrison *et al.* 2009). Essa enfermidade resulta em cerca de 95.000-150.000 mortes por ano no mundo (Vaiyapuri *et al.* 2013), quase metade das mortes causadas por animais peçonhentos (WHO 2007), sendo mais preocupante que muitas doenças tropicais (Chavez *et al.* 2015) como Leishmaniose (51.000 mortes/ano), Dengue Hemorrágica (19.000 mortes/ano), ou Esquistossomose (15.000 mortes/ano; Snakebite Initiative 2017).

Em 2009, a Organização Mundial da Saúde (OMS) incluiu os acidentes ofídicos na listagem das Doenças Tropicais Negligenciadas (NTD na sigla em inglês; Hansson *et al.* 2010). Estas são um grupo heterogêneo de doenças transmissíveis, de óbito preveníveis (Martins-Melo *et al.* 2016), que são abundantes nas regiões tropicais e subtropicais, afetando principalmente pessoas que vivem na pobreza, sem saneamento básico adequado e com contato direto com os vetores (WHO 2018). Posteriormente, em 2013, esse agravo foi reclassificado como “condição negligenciada” pela falta de dados para sustentação deste como uma NTDs. Então em 2015 a comunidade científica destacou a importância dos acidentes ofídicos devido aos riscos reais subestimados da diminuição dos estoques e da qualidade de soro antiofídico em alguns países, principalmente em áreas rurais (Bagcchi 2015). Assim, em 2017, os acidentes ofídicos voltaram a figurar a lista das 20 Doenças Tropicais Negligenciadas da OMS (Chippaux 2017a).

O tratamento para os envenenamentos ofídicos é feito a partir da administração endovenosa de soro antiofídico (Brasil 2009), uma vez que via intramuscular, subcutânea e associação de vias são menos eficazes e mais lentas para o tratamento que deve ser feito o mais celere possível (Rahman *et al.* 2010; Borges *et al.* 1999). Antivenenos específicos e o atendimento rápido do acidentado podem salvar partes do corpo e vidas (Borges *et al.* 1999), considerando que pacientes atendidos em até 6 horas após a picada geralmente apresentam bom prognóstico (Brasil 1998), sendo o tempo para o atendimento das vítimas diretamente proporcional ao risco de morbidade e mortalidade do acidente (Feitosa *et al.* 2015).

A produção deste soro depende certa quantidade de recursos financeiros e, por esse motivo, na maioria dos países Latino-Americanos a produção é subsidiada pelo governo e distribuída gratuitamente (Harrison *et al.* 2009). No Brasil, os soros antiofídicos são produzidos pelos Institutos Butantan (no estado de São Paulo) e Vital Brazil (no estado do Rio de Janeiro) e pela Fundação Ezequiel Dias (Minas Gerais). Esta produção é então adquirida pelo Ministério da Saúde e distribuída gratuitamente para todos os acidentados que procuram os postos de saúde (Brasil 2009). Ainda que a produção seja realizada em ampla escala por estas instituições, o fornecimento de soro normalmente é abaixo da demanda requerida (Warrell 2008).

Uma questão importante da produção é a composição do soro antiofídico. Variações na composição do veneno são amplamente encontradas em animais peçonhentos, principalmente nas espécies com ampla distribuição (Otero *et al.* 1998), assim é necessária a utilização de espécies de várias localidades e vários indivíduos, uma vez que fatores ontogenéticos, sazonais, interpopulacionais, intrapopulacionais e fatores individuais, podem contribuir para variações tanto qualitativas, quanto quantitativas das peçonhas (Chippaux *et al.* 1991; Dos-Santos *et al.* 2005). Assim, a eficiência do soro depende também da diversidade utilizada em sua produção, promovendo maior cobertura dos variados sintomas e maior neutralização possível das toxinas injetadas (Dos-Santos *et al.* 2005). Não são recomendados, pelo Ministério da Saúde, testes de sensibilidade cutânea no paciente, mesmo que a origem heteróloga do soro possa causar reações de hipersensibilidade imediata, pois o retardo no início do tratamento pode ser determinante nas chances de cura e pelo baixo valor preditivo obtido nesse tipo de ensaio (Brasil 2010).

O aumento no número de acidentes ofídicos resulta da fragmentação e destruição do habitat natural desses animais peçonhentos, o que proporciona maiores interações entre o animal e o homem (Chaves *et al.* 2015). O acidente ocorre quando o animal se sente ameaçado, a partir do momento que o homem ultrapassa a distância de fuga, na qual o animal se sente seguro (Nascimento 2000). Essa distância corresponde a um mecanismo de espaçamento entre as espécies relacionados num encontro, distância esta, mantida entre o animal e o suposto 'inimigo' antes de escapar da situação de perigo (Sandrin *et al.* 2005).

Os acidentes ofídicos afetam principalmente as áreas rurais das regiões mais quentes do planeta, uma vez que o desflorestamento muitas vezes é ocasionado para a

expansão das fronteiras agrícolas e para vasta atividade humana, aumentando assim, a ocorrência de encontros entre vítima e animal (Sharma *et al.* 2004; Hansson *et al.* 2010). Essa parcela da população que está ligada a trabalhos agrícolas, geralmente, está associada a índices de pobreza e à falta de acesso à saúde, tais grupos, que não possuem grande poder político ou mesmo aquisitivo, sofrem pelo desinteresse em investimentos para prevenção e tratamento adequado aos acidentados (Gutiérrez *et al.* 2010).

Estudos voltados para a abrangência dos acidentes pelo mundo demonstraram o quão divergentes da realidade são as estimativas governamentais, obtidas através dos sistemas de saúde (Chippaux 1998; Kasturiratne *et al.* 2008; Sharma *et al.* 2004). Para tanto, modelos preditivos a partir de sistemas de informação geográfica (GIS) estão sendo, cada vez mais, utilizados para sanar as lacunas de notificação presentes para esse agravo (Yañez-Arenas *et al.* 2014), identificando as áreas de maior risco quanto à vulnerabilidade para os acidentes, assim como à mortalidade inerente (Hansson *et al.* 2010; Yañez-Arenas *et al.* 2014) Assim sendo, informações sobre a distribuição das serpentes peçonhentas e dos acidentes são necessárias para estimar áreas com alto risco de acidentes, melhorar o planejamento da distribuição de antivenenos (Hansson *et al.* 2013), bem como orientar a coleta de veneno para a produção de soros em toda a distribuição das espécies. Este tipo de conhecimento pode contribuir para identificar as áreas com maior necessidade de atenção e direcionar políticas estratégicas para o controle e prevenção dos acidentes ofídicos. Isto é especialmente importante para os países do sul e sudeste da Ásia, África Subsaariana e América Latina, que apresentam as maiores incidências de acidentes ofídicos no mundo.

O Brasil figura entre os cinco países com as maiores estimativas anuais de acidentes ofídicos (Kasturiratne *et al.* 2008), nestes países, em sua maioria tropicais, estes acidentes têm impactos não apenas na saúde pública, mas também na economia, pois o impacto econômico e social causado pelos envenenamentos por acidentes ofídicos vai além das taxas de mortalidade, uma vez que a incidência de amputações e outras sequelas decorrentes desses envenenamentos são bastante frequentes entre as populações afetadas (Chippaux 2011, Gutiérrez *et al.* 2013).

No país ocorrem quatro gêneros de serpentes de importância médica (Brasil 2010) e destes, dois se destacam pela alta letalidade dos envenenamentos, os gêneros *Crotalus* e *Lachesis*. Estudos sobre acidentes crotálicos e laquéticos ainda são escassos,

principalmente para o segundo tipo, sendo assim, este trabalho pretende reunir informações e apresentá-las espacialmente, de forma que a sua distribuição no país leve a um melhor entendimento da problemática atual.

Proposta e estrutura da dissertação

A presente dissertação propôs-se a descrever a epidemiologia atual dos acidentes crotálicos e laquélicos no Brasil e identificar as áreas de risco desses envenenamentos. a partir de análises espaciais. O estudo procurou desenvolver um arcabouço espacialmente

explícito, utilizando análises espaciais para avaliar o perfil epidemiológico e o padrão de distribuição dos acidentes crotálicos e laquéuticos no Brasil entre 2001 e 2015.

A dissertação está estruturada em cinco partes, iniciando por esta seção de Introdução Geral, que apresenta a contextualização do estudo, seguida por dois capítulos específicos e encerrando com as seções de Discussão Geral e Considerações Finais.

O primeiro capítulo específico trata de descrever a epidemiologia geral dos acidentes crotálicos e laquéuticos e mapear a epidemiologia descrita para cada tipo de acidente nos estados do país. Este capítulo focalizou na distribuição e a magnitude destes envenenamentos nos diferentes grupos das populações humanas. O segundo capítulo específico trata de mapear a área de distribuição geográfica das espécies-alvo a partir de pontos de ocorrência e avaliar se há agrupamento espacial dos acidentes crotálicos e laquéuticos, bem como das taxas de incidência e de letalidade de cada grupo de acidente. Neste segundo capítulo, o foco é dirigido para a análise dos padrões espaciais das ocorrências destes envenenamentos, para avaliar se a incidência dos eventos apresenta concentrações no espaço e, em caso positivo, se foram predominantemente de altos ou de baixos valores.

Área de estudo

O Brasil é um país de dimensões continentais (Bochner 2013), está localizado na costa leste da América do Sul, junto ao Oceano Atlântico. Seu território corresponde a 8.514.877 Km² (Chippaux 2017b) dividido em cinco regiões (Bochner 2013), com cerca de 203.106.000 habitantes (Chippaux 2017b). Essas proporções possibilitam grande diversidade geográfica, ambiental, socioeconômica, cultural e política (Bochner 2013).

Nosso país se encontra como o maior representante na participação quanto as Doenças Tropicais Negligenciadas na América Latina (Martins-Melo *et al.* 2016) com cerca de 20.000 casos por ano, seguido pelo Peru (4.500 casos/ano), Venezuela (2.500 a 3.000 casos/ano), Equador (1.200 a 1.400 casos/ano) e Argentina (1.150 a 1250 casos/ano) (Warrell 2004). Além de figurar o primeiro lugar em subnotificações de acidentes de trabalho (Silva *et al.* 2001).

Os acidentes com animais peçonhentos no Brasil chegam a quase 100 mil ocorrências por ano, sendo a mortalidade para acidentes com aranhas em média de 1%, com escorpiões 2% e com serpentes cerca de 5% (Brasil 2009). A elevada frequência e gravidade dos acidentes ofídicos em comparação aos outros acidentes por animais peçonhentos realça a importância desse agravo no país, figurando um dos itens na lista dos agravos de interesse nacional (Brasil 2007).

Temos uma longa tradição de produção, controle e distribuição gratuita de soro antiofídico (Bochner 2013; utilizado no tratamento de envenenamentos por serpentes) para as vítimas dos acidentes. Tão tradicional quanto garantir os recursos necessários ao tratamento são também as informações acerca dos acidentes, que datam de 1901, desde a primeira ampola de soro fornecida por Vital Brazil (Brazil 2011).

Breve caracterização das espécies

Crotalus durissus

Crotalus durissus Linnaeus, 1758 é popularmente conhecida como cascavel e pertence à família Viperidae, uma das famílias com espécies peçonhentas que ocorrem no Brasil (Bernarde 2011). A espécie é amplamente distribuída desde o norte da América do Sul até a Argentina (Nascimento 2000; Bastos *et al.* 2005), sendo encontrada originalmente em ambientes secos e abertos em todo o Brasil, com exceção de regiões florestadas como a Floresta Amazônica e Mata Atlântica, e regiões úmidas como o

Pantanal (Brasil 2001; Barreto *et al.* 2010). Contudo, com os desmatamentos e mudanças de uso do solo, sua área de ocorrência está em expansão (Marques 2003).

Esta espécie atinge em média um metro de comprimento, sendo sua maior particularidade a modificação das escamas caudais terminais em guizo ou chocalho (Brasil 2001); possui denticção solenóglifa, o que permite a injeção de peçonha (Campbell e Lamar 2004). De hábitos vespertinos e crepusculares, estas serpentes terrícolas se abrigam e caçam no solo ou na vegetação, tendo como presas principais pequenos roedores (Marques 2003).

Apresenta em território brasileiro quatro subespécies, sendo estas: *Crotalus durissus marajoensis* (HOGE 1966; restrita à região do Marajó), *Crotalus durissus ruruima* (HOGE 1966; ocorrendo no norte do Brasil), *Crotalus durissus terrificus* (LAURENTI 1768; com distribuição ampla no sul e sudeste do país), *Crotalus durissus trigonicus* (HARRIS & SIMMONS 1978; distribuída principalmente no estado de Roraima) (Uetz *et al.* 2018).

As cascavéis participam de, aproximadamente, 8% dos acidentes ofídicos no país (Bastos *et al.* 2005; Pinho *et al.* 2005) e estes apresentam as piores evoluções (Barreto *et al.* 2010), com a maior taxa de letalidade, em torno de 1,9% (Pinho *et al.* 2005; Barreto *et al.* 2010). Estima-se que 74% das vítimas que não recebem tratamento venham a óbito (WHO 1981).

A peçonha da cascavel apresenta caráter neurotóxico, miotóxico e nefrotóxico (Tabela 1; Azevedo-Marques *et al.* 2003), todos contidos na toxina Crotoxina, que é responsável pela elevada toxicidade (Jorge & Ribeiro 1992; Pinho *et al.* 2005). Esta toxina representa mais da metade das proteínas que compõem a peçonha e tem ação pré-sináptica, provocando paralisias motora e respiratória (Pinho *et al.* 2005), assim, a ação da peçonha pode afetar vários órgãos e sistemas da vítima. Além disso, a insuficiência renal aguda provocada pela excreção do veneno, provoca cerca de 30% das mortes pós acidente figurando uma complicação frequente e principal causa de óbito nas vítimas que sobreviveram ao acidente (Jorge & Ribeiro 1992).

Tabela 1: Acidente Crotálico: manifestações, gravidade e soroterapia.

Manifestações e Tratamento	Classificação – Avaliação Clínica Inicial	
	Moderado	Grave
Soroterapia (nº ampolas)	10	20
Via de administração	Endovenosa	
Coagulante	Incoagulabilidade sanguínea	
Neurotóxica	Bloqueio da junção neuromuscular (paralisia de grupos musculares).	
Miotóxica	Rabdomiólise (mialgia generalizada, mioglobinúria) incoagulabilidade sanguínea	

Fonte: adaptado de Brasil 2009.

Lachesis muta

Lachesis muta Linnaeus, 1766 é popularmente conhecida como surucucu pico-de-jaca. Sua distribuição geográfica abrange as florestas equatoriais da América do Sul, incluindo a região Amazônica (Cunha & Nascimento 1975; Bernarde 2011) e a Mata Atlântica (Nascimento 2000; Bernarde 2011), onde é encontrada desde o Estado do Ceará até o Estado do Rio de Janeiro, no Brasil (Fernandes *et al.* 2004). Pertence à família Viperidae e é a maior espécie peçonhenta no país (Bernarde 2011). Apresenta baixa abundância e conseqüentemente menor frequência de encontro com humanos nas regiões em que habita (Cunha & Nascimento 1975).

É a maior espécie da família Viperidae do novo mundo, podendo atingir até 3,5m de comprimento (Rodrigues *et al.* 2013; Bernarde 2011; Junqueira-de-Azevedo *et al.* 2006), é a mais amplamente distribuída do seu gênero (Alves *et al.* 2014) e possui denteção solenóglifa, suas presas inoculadoras de peçonha são móveis, ficam na parte anterior da cavidade bucal e são conectadas à glândula de veneno (Melgarejo 2003). Apresenta duas subespécies no Brasil, são estas: *Lachesis muta muta*, distribuída na região Amazônica e *Lachesis muta rhombeata*, ocorrendo nos fragmentos de Mata Atlântica ainda existentes (Campbell & Lamar 1989; Otero *et al.* 1998),

Envenenamentos por esta espécie são menos frequentes, uma vez que esta serpente apresenta comportamento letárgico diurnamente, permanece abrigada durante o

dia e de hábito reservado noturno (Cunha & Nascimento 1975), deferindo ataque ao humano na maioria das vezes quando molestada ou tocada (Waldez & Vogt 2009).

Sua peçonha provoca efeitos locais como dores, edemas e necrose tissular, além de efeitos vagais como: náuseas, vômitos, diarreia e dores abdominais (Tabela 2), consequentemente pode haver perda de tecidos e amputações das áreas afetadas (Bard *et al.* 1994). O quadro neurotóxico se apresenta por hipotensão arterial grave que pode levar a choque e bradicardia grave (Jorge *et al.* 1997).

Tabela 2: Acidentes Laquéticos: manifestações, gravidade e soroterapia.

Atividade	Classificação – Avaliação Clínica Inicial		
	Leve	Moderada	Grave
Soroterapia (nº ampolas)	5	10	20
Via de administração	Endovenosa		
Inflamatória aguda	Lesão endotelial e necrose no local da picada. Liberação de mediadores inflamatórios.		
Coagulante	Incoagulabilidade sanguínea		
Hemorrágica	Sangramento na região da picada (equimose) e à distância (gengivorragia, hematúria, etc.).		
Neurotóxica vagal	Estimulação colinérgica (vômitos, dor abdominal, diarreia, hipotensão, choque).		

Fonte: adaptado de Brasil 2009.

CAPÍTULO I – EPIDEMIOLOGIA DOS ACIDENTES CROTÁLICOS E LAQUÉTICOS NO BRASIL

Introdução

Problemas de saúde pública no Brasil são caracterizados pela magnitude que alcançam, sua abrangência (medida normalmente com taxas de prevalência e de incidência), pela sua transcendência (o quanto o agravo custa ao indivíduo e à sociedade, tanto nas relações sociais, culturais, econômicas e profissionais) e pela sua vulnerabilidade (o quanto o agravo pode ser controlado através de investimentos e de medidas apropriadas) (Gonçalvez 2006). Em 2001, a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) declarou que os acidentes ofídicos figuram o quadro de importância médica em decorrência de sua alta frequência e gravidade (Brasil 2001).

O Brasil, é um dos poucos países que monitora os acidentes com animais peçonhentos através de notificações compulsórias (Chippaux 2017b) e o único que possui um setor, parte de um sistema oficial (SINAN), exclusivo para isso (Bochner 2013). O Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) tem como objetivo reunir e transmitir os dados gerados pelo Sistema de Vigilância Epidemiológica das esferas municipais, estaduais e federal por meio de rede informatizada para subsidiar o processo de investigação e análise dos agravos de notificações compulsórias do país (Brasil 2007). O SINAN é o sistema oficial para monitoramento dos acidentes ofídicos no país (Bochner & Struchiner 2002), que foi adotado em 1995 pela Coordenação Nacional de Controle de Zoonoses e animais Peçonhentos (CNCZAP). Desde então os dados relatam as informações que são encaminhadas a essa coordenação, que apresenta subcoordenações em todos os estados do país, facilitando o processamento destes dados (Bochner & Struchiner 2002). Este sistema está disponível para consulta via internet desde 2001 (Bochner 2013).

O SINAN é um sistema único nacional de informação, que possui um módulo destinado aos acidentes ofídicos no qual dispõem as informações de forma mais detalhada a partir das fichas utilizadas nas coletas de dados (Bochner & Struchiner 2002). A notificação da ocorrência dos acidentes ofídicos ao Ministério da Saúde é feita a partir de

fichas específicas para esse agravo nas clínicas públicas de saúde (Bochner *et al.* 2014) e atualmente, a notificação passou a ser compulsória (Bochner 2003), o que pode contribuir para diminuir a subnotificação desse agravo. Na maioria dos casos o diagnóstico é feito a partir de critérios clínico-epidemiológicos (Moreno *et al.* 2005), dependendo exclusivamente do preparo da equipe técnica que realiza o atendimento, o que também provoca ruídos nos dados quanto aos gêneros das serpentes que causaram os acidentes (Cardoso & Soares 2013).

No Brasil ocorrem 392 espécies de serpentes, sendo 63 delas (16,07%) peçonhentas (Bérnilis & Costa 2015), agrupadas nas famílias Elapidae (com 33 espécies e 40 subespécies) e Viperidae (com 30 espécies e 36 subespécies) (Milani *et al.* 2016, Bérnilis & Costa 2015). As peçonhas são um conjunto de substâncias tóxicas e enzimáticas cuja função é capturar / imobilizar, matar e digerir a presa, bem como atuar na defesa contra predadores (Hodgson & Wickmaratna 2002). As serpentes peçonhentas estão reunidas em quatro grupos de interesse médico (Nascimento 2000): as jararacas, que participam dos acidentes classificados como botrópicos (gêneros *Bothrocophias* e *Bothrops*); as cascavéis, que participam dos acidentes classificados como crotálicos (gênero *Crotalus*); as surucucus ou pico-de-jaca, que participam dos acidentes laquéuticos (gênero *Lachesis*) e as corais verdadeiras, que participam dos acidentes elapídicos (gênero *Micrurus*) (Brasil 2009).

Alguns desses gêneros possuem uma ampla distribuição pelo território nacional, como *Bothrops* e *Crotalus*, participando da maioria dos encontros que culminam em envenenamentos (*Bothrops*: 73,5% dos acidentes; *Crotalus*: 7,5%; *Lachesis*: 3,0%; e *Micrurus*: 0,7%) (Brasil 2009). Já os gêneros *Lachesis* e *Crotalus* se destacam pela alta taxa de letalidade decorrente de seus envenenamentos (*Lachesis*: 0,95%; e *Crotalus*: 1,87%) (Brasil 2001).

São estimados 26 mil acidentes por ano no Brasil (Bochner *et al.* 2014), ou 13,5 acidentes/100 mil habitantes (Pinho *et al.* 2005) e em torno de 300 óbitos decorrentes desses acidentes (Brasil 2009, 2001). A utilização do soro é baseada no diagnóstico do tipo de envenenamento (na identificação do gênero da serpente e/ou pelo quadro clínico e laboratorial apresentado) e a quantidade de soro antiofídico administrado é determinado pela classificação do acidente de acordo com o Ministério da Saúde (leve, moderado ou grave) (Brasil 2009).

Há uma alta proporção de óbitos provenientes dos acidentes laquéticos e crotálicos, apesar dos gêneros *Lachesis* e *Crotalus* possuírem apenas uma espécie ocorrente no Brasil, que são *Lachesis muta* e *Crotalus durissus* (Pinho *et al.* 2005). Assim, diferentemente dos outros grupos nos quais os acidentes são gênero-específicos, pois podem ser fruto do encontro com diversas espécies (grupo botrópico: 33 espécies e grupo Elapídico: 39 espécies), nestes dois casos os acidentes são espécie-específicos (Jorge & Ribeiro 1997). A alta letalidade dos acidentes crotálicos e laquéticos se deve a uma característica presente em seus venenos, que é a neurotoxicidade (Brasil 2001). Esse atributo promove paralisias musculares (Azevedo-Marques *et al.* 2003), o que exige um atendimento rápido e eficaz para que seja revertido e controlado (Barreto *et al.* 2010). Os acidentes laquéticos se apresentam de forma leve, moderada ou grave, já os acidentes crotálicos podem ser apenas moderados ou graves (Brasil 2009). Essa diversidade de quadros gera diferentes necessidades de soro antiofídico, mas para evitar o óbito, a administração da soroterapia deve ser feita de forma precoce e apropriada (Barreto *et al.* 2010), sendo que estudos epidemiológicos dos acidentes são extremamente necessários para demonstrar a magnitude do problema, bem como para ajudar na organização de recursos para prevenção e tratamento adequados (Ediriweera *et al.* 2016).

A epidemiologia é o estudo de como uma doença ou agravo se distribui na população e quais fatores influenciam ou determinam essa distribuição (Gordis 2008). Esse tipo de estudo é a base para a prevenção de doenças e agravos, auxilia tanto no entendimento dos tomadores de decisão para a formulação de políticas públicas como no trato dos campos sociais e legais (Gordis 2008). O perfil geral que é encontrado através da epidemiologia dos acidentes se perpetua pelos últimos 100 anos no país (Bochner & Struchiner, 2003). Os acidentes ocorrem com mais frequência com pessoas do sexo masculino (cerca de 70%) (Brasil 2010), trabalhadores rurais com idades entre 20 e 49 anos o que potencializa o problema, uma vez que nesse grupo etário se concentra a população economicamente ativa, e sua incapacitação prejudica famílias inteiras (Graciano *et al.* 2013). Nesse cenário, é indispensável o conhecimento sobre a distribuição desses acidentes e das espécies peçonhentas de importância médica no país (Graciano *et al.* 2013), tais como a cascavel e a surucucu.

O presente capítulo visa descrever a epidemiologia geral dos acidentes crotálicos e laquéticos no Brasil entre 2001 e 2015, bem como mapear a epidemiologia descrita para cada um destes grupos de acidentes ofídicos ao longo dos estados do país.

Material e métodos

Obtenção de dados

Para coletar os dados de acidentes ofídicos em território nacional utilizamos o SINAN (Sistema de Informações de Agravos de Notificação) que foi adotado em 1995 pela Coordenação Nacional de Controle de Zoonoses e Animais Peçonhentos (CNCZAP). Desde essa data em diante os dados relatam as informações que são encaminhadas a essa coordenação, que anteriormente era quem compilava os dados do país (BOCHNER & STRUCHINER, 2002). Esse banco de dados é universal e possui tanto o registro de óbitos quanto a evolução dos casos e os números de casos por ano. Suas tabelas contam com os casos distribuídos por unidade federativa (UF), ano e tipo de agravo.

A cobertura temporal disponível nesse sistema é de 2001 a 2015. Assim, foram compiladas as informações de acidentes e óbitos ao longo destes anos e calculadas as taxas de incidência e letalidade (MILANI *et al.* 2016) para cada um dos dois tipos de acidentes analisados.

- Incidência = total de casos / nº de habitantes x 100.000
- Letalidade = total de óbitos / total de acidentes x 100

Por não existir um parâmetro estabelecido para os acidentes ofídicos, a classificação da taxa de incidência foi feita baseada em outras DTN. Foram consideradas taxas de incidência baixas (< 2), média (2 – 9), alta (10 – 19), muito alta (20 – 39) e situação hiperendêmica (≤ 40) em 100.000 habitantes (Brasil 2012). Para analisar a taxa de letalidade comparamos com as taxas de letalidade dos acidentes botrópicos e micrúricos para a mesma faixa temporal e com letalidades encontradas na literatura.

Para a análise do perfil epidemiológico foram criadas matrizes utilizando dados de gênero, faixa etária e evolução dos acidentados disponíveis no SINAN, separadamente para os acidentes decorrentes de envenenamentos por *Crotalus durissus* e por *Lachesis muta*. Os dados foram compilados a partir da unidade espacial de maior detalhe disponível no SINAN, o município.

Os indicadores municipais e estaduais foram obtidos no site do IBGE (Brasil 2010), a partir dos dados referentes ao censo 2010, o último realizado no país.

Análises Exploratórias

A partir das matrizes geradas com os dados do SINAN e do IBGE foi identificado um perfil geral para as vítimas dos acidentes crotálicos e laquélicos em território nacional. Esse perfil abrange o número de casos por faixa etária (as faixas etárias são determinadas pelo SINAN) e suas porcentagens, como também o quanto cada sexo (masculino e feminino) dos acidentados contribui com esses números.

Análises Espaciais

Para espacializar essas matrizes geradas nas etapas anteriores, primeiramente foram realizadas ligações e sobreposições com um arquivo vetorial contendo o limite espacial dos municípios brasileiros, no programa ArcMap 10.5. Posteriormente foram realizadas operações de generalização espacial para agrupar os municípios nas unidades federativas do país. Dessa forma foram criados mapas com as porcentagens de distribuição de mulheres e homens acidentados por estado (UF), a distribuição das faixas etárias e a evolução dos acidentes, tanto para os acidentes crotálicos quanto para os acidentes laquélicos.

Resultados

Visão Geral

No Brasil foram notificados 29.364 acidentes crotáticos (média de 1.957 acidentes/ano) e 13.044 acidentes laquéticos (média de 869 acidentes/ano) no período de 2001 a 2015 (Figura 1 e 2).

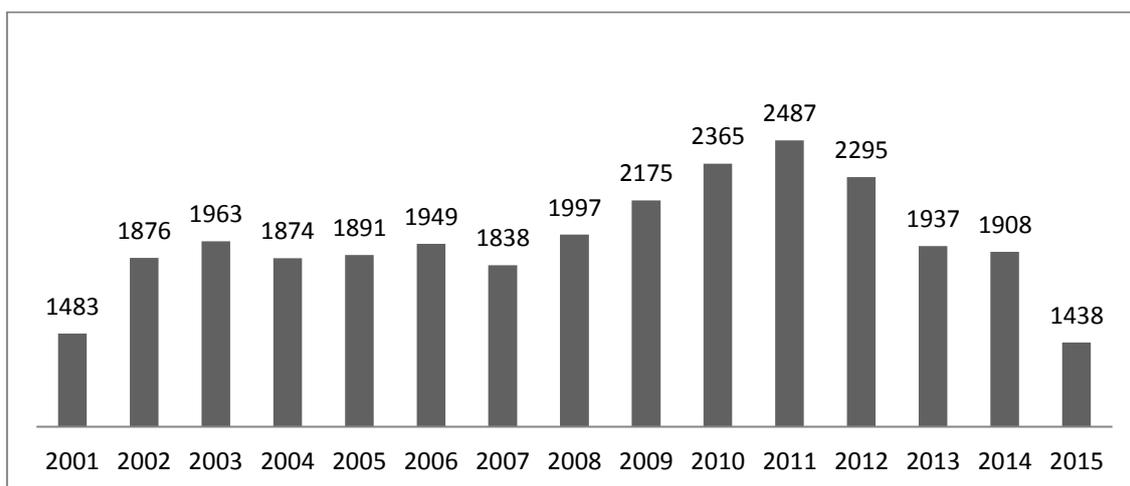


Figura 1: Distribuição dos acidentes crotáticos de 2001 a 2015.

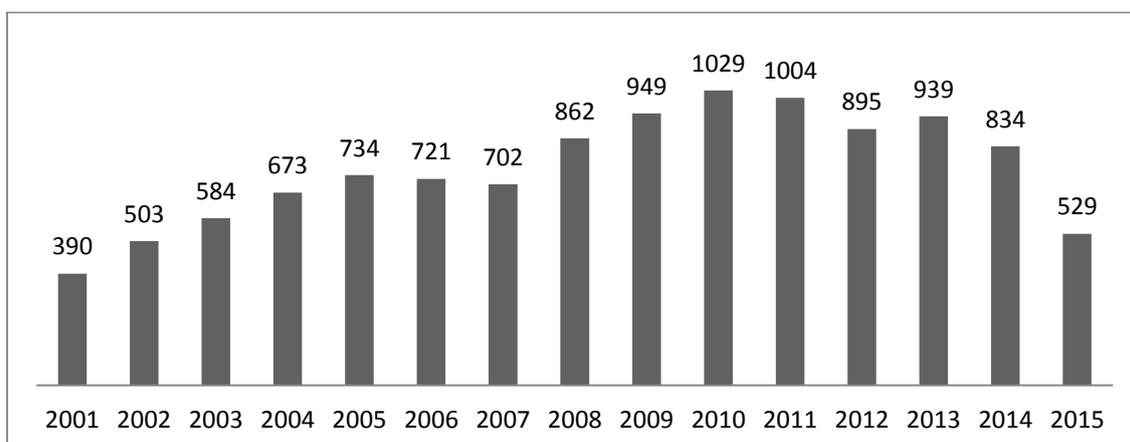


Figura 2: Distribuição dos acidentes Laquéticos de 2001 a 2015.

As taxas de incidência foram baixas e variaram de 0,75 a 1,30, com média de 1,03 nos acidentes crotáticos e de 0,20 a 0,53, com média de 0,39 para os acidentes laquéticos (Figuras 3 e 4).

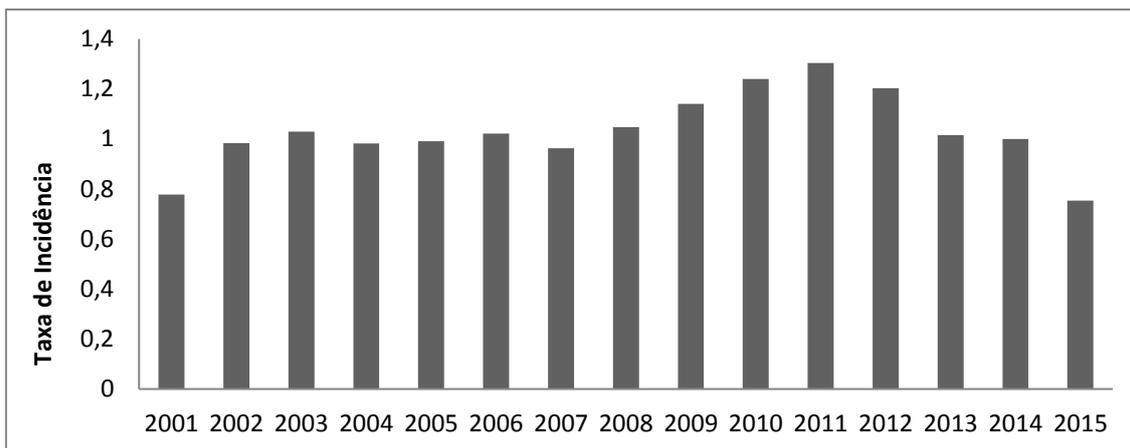


Figura 3: Distribuição das taxas de incidência dos acidentes crotáticos de 2001 a 2015.

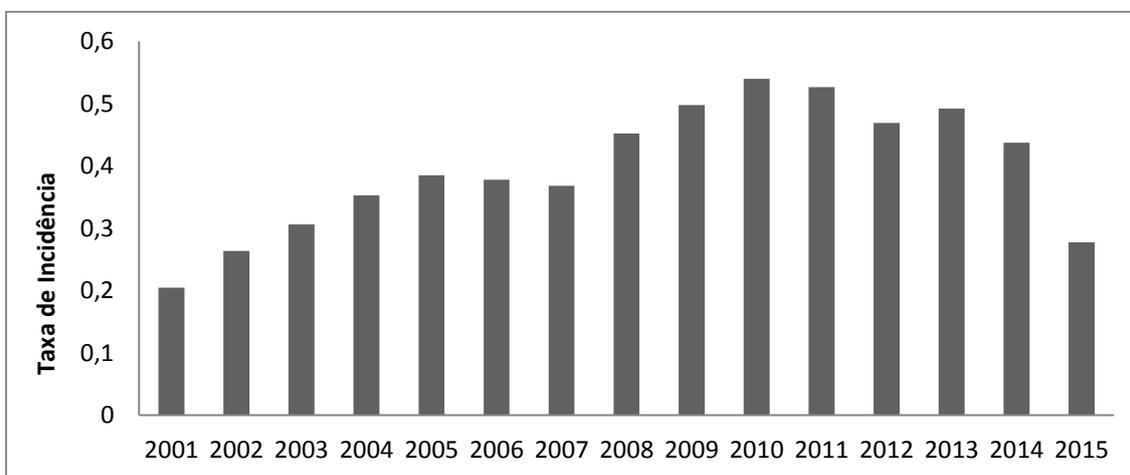


Figura 4: Distribuição das taxas de incidência dos acidentes laquéticos de 2001 a 2015.

Dentre os 29.476 acidentes crotáticos, 287 óbitos foram registrados (19 óbitos/ano) (figura 5), resultando numa taxa média de letalidade de 0,98 (figura 6). Esta variou de 0,57 em 2014 à 1,52 em 2015.

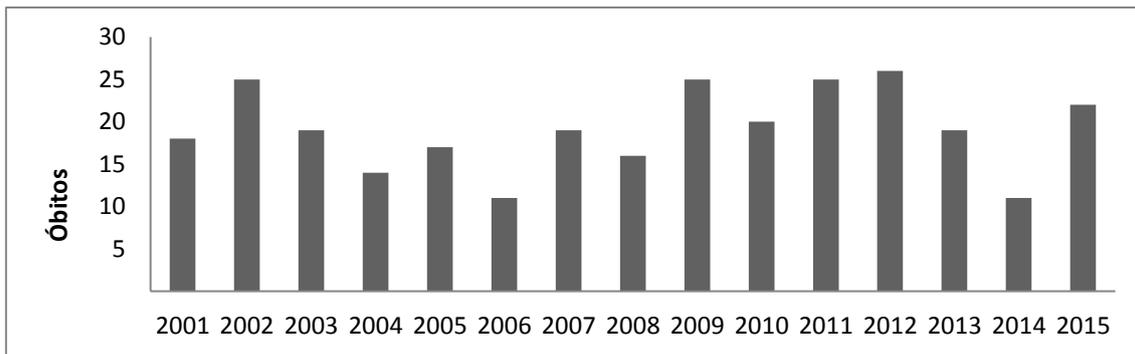


Figura 5: Óbitos decorrentes de acidentes crotáticos de 2001 a 2015.

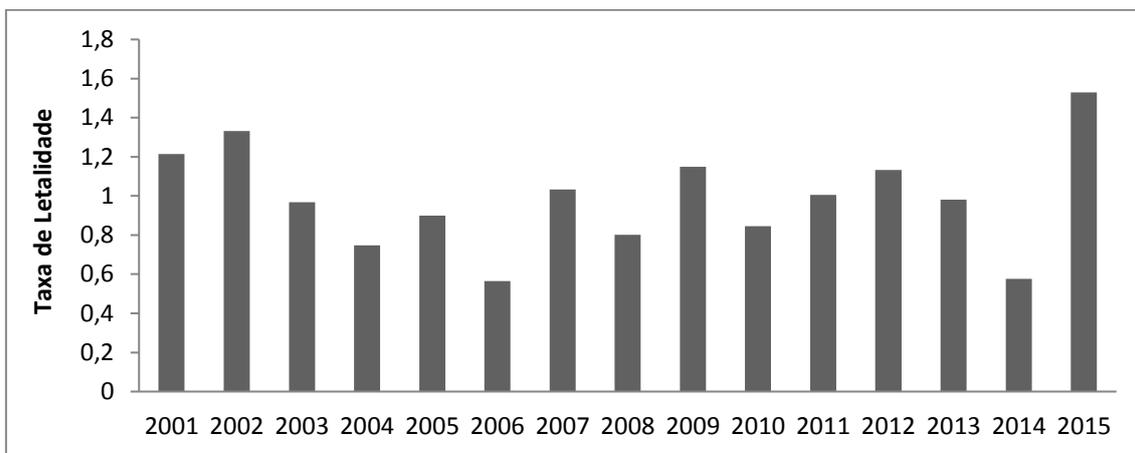


Figura 6: Distribuição das taxas de letalidade para os acidentes crotáticos de 2001 a 2015.

Dos acidentes laquéuticos do mesmo período, 11.348 acidentes, 84 casos culminaram em óbitos, resultando em uma média de 6 óbitos por ano (Figura 7). A taxa de letalidade variou de 0,11 à 1,88 com letalidade média de 0,76 (Figura 8).

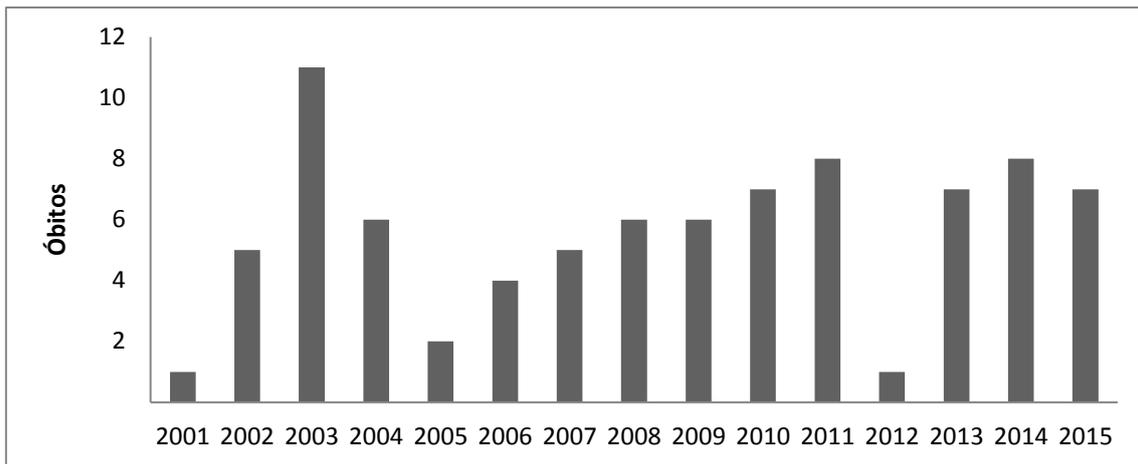


Figura 7: Óbitos decorrentes de acidentes laquéticos de 2001 a 2015.

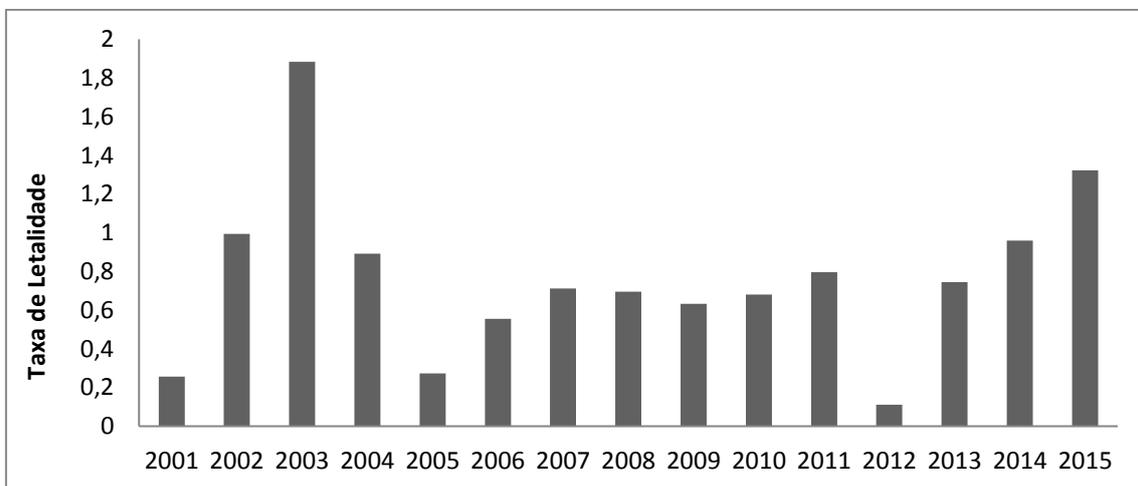


Figura 8: Distribuição das taxas de letalidade para os acidentes laquéticos de 2001 a 2015.

Perfil Epidemiológico Geral

Dentre as 11 faixas etárias analisadas, duas se destacaram das demais: 20-39 anos e 40-59 para os dois tipos de acidentes, com porcentagens de 35,60% e 30,00% para os acidentes crotáticos (Tabela 3) e 33,75% e 33,16% para os acidentes laquéticos (Tabela 4), respectivamente.

Tabela 3: Número e porcentagem dos acidentes crotáticos pelas faixas etárias atingidas.

Faixa Etária	Nº de Casos	%
< 1 ano	283	0,96
01 - 04	481	1,63
05 - 09	1286	4,38
10 - 14	2016	6,86
15-19	2639	8,98
20-39	10455	35,60
40-59	8811	30,00
60-64	1279	4,35
65-69	875	2,98
70-79	874	2,97
80 e +	202	0,68
Em Branco/IGN	163	0,55
Total	29364	100

Tabela 4: Número e porcentagem dos acidentes laquéticos pelas faixas etárias atingidas.

Faixa Etária	Nº de Casos	%
< 1 ano	116	0,89
01 - 04	188	1,44
05 - 09	704	5,40
10 - 14	1174	9,00
15-19	1282	9,83
20-39	4403	33,75
40-59	4326	33,16
60-64	377	2,89
65-69	218	1,67
70-79	213	1,63
80 e +	43	0,33
Total	13044	100

Nos acidentes crotáticos e laquéticos os homens são a maioria nas vítimas. Dentre as mulheres, a maior parte que sofreu acidentes se encontra nas duas faixas etárias mais atingidas (20-39 e 40-59) (Figura 9 e Figura 10).

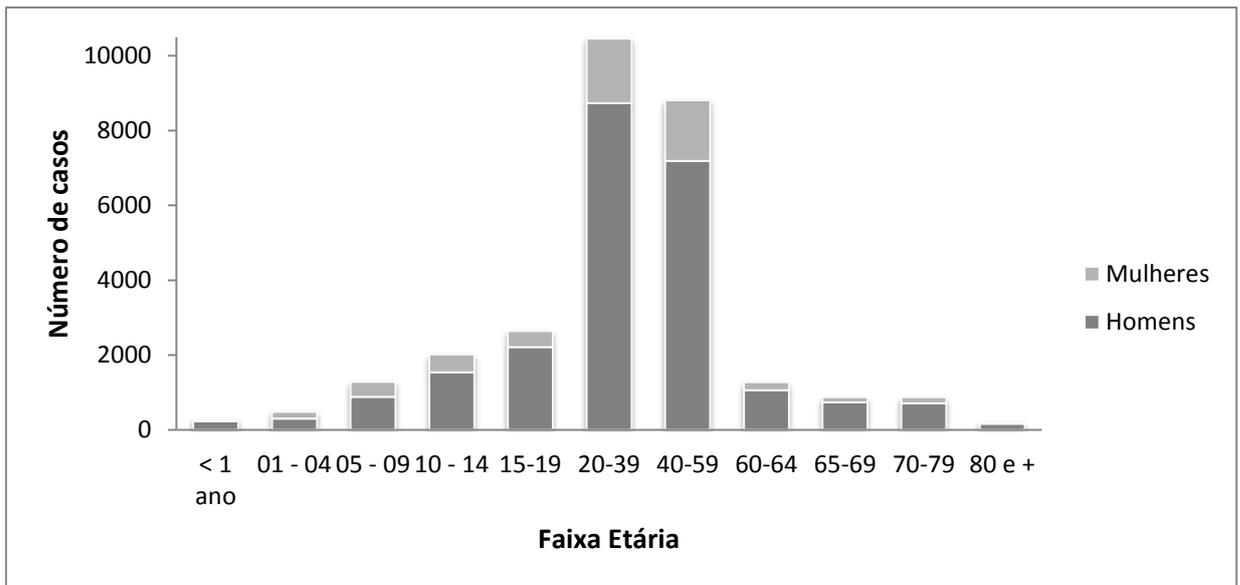


Figura 9: Participação de homens e mulheres nas faixas etárias analisadas dos acidentes crotálicos.

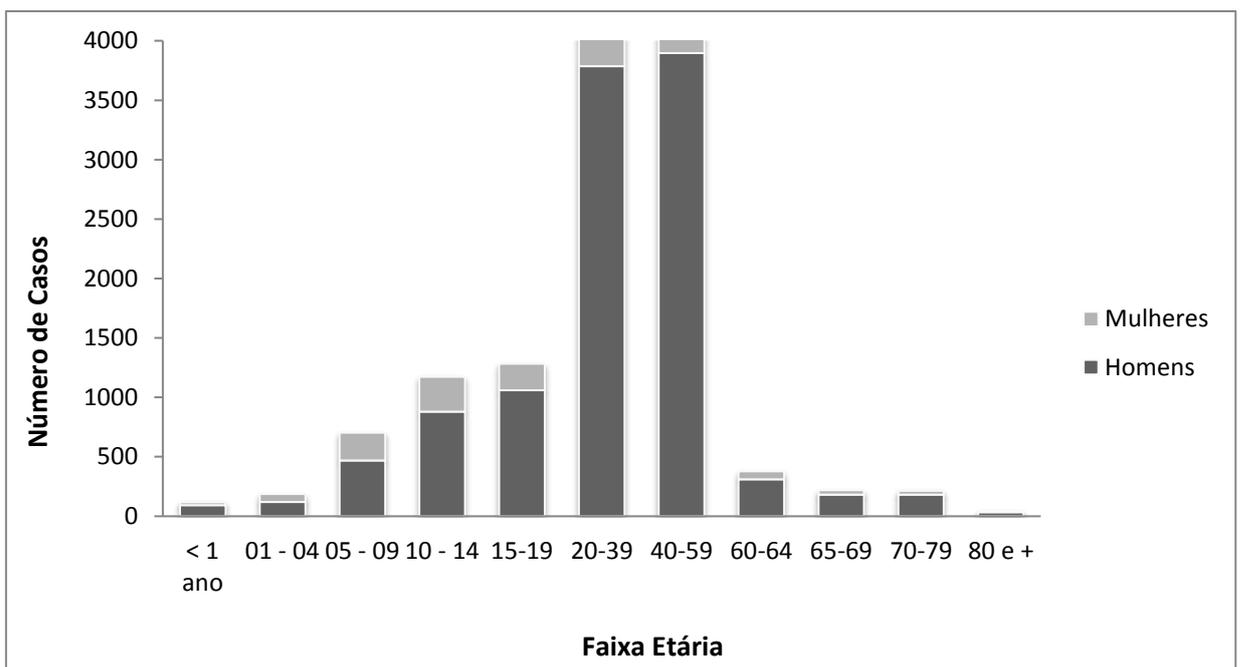


Figura 10: Participação de homens e mulheres nas faixas etárias analisadas dos acidentes laquéticos.

Perfil Epidemiológico dos Acidentes Crotálicos

Para os acidentes crotálicos houve uma maioria massiva de homens vitimados na comparação total das vítimas (Figura 11). O estado onde mais homens se acidentaram foi Tocantins e Santa Catarina foi o estado onde a proporção de homens atingidos foi a menor. As mulheres foram menos atingidas, totalizando cerca de 15 a 20% das vítimas na maioria dos estados.

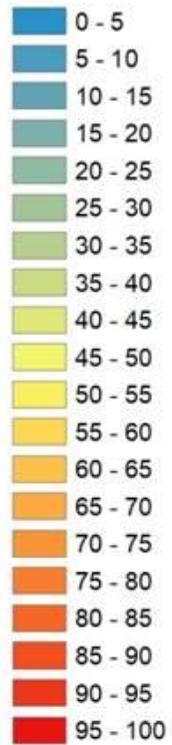
Dentre os homens atingidos (figura 12), a faixa etária mais afetada foi de 20 a 39 anos, seguida da faixa etária de 40 a 59 anos, porém na segunda os casos não ultrapassaram 35% do total. Pessoas do sexo masculino entre 0 e 4 anos não foram muito atingidas, perfazendo 0 a 5% dos acidentes na maioria dos estados, Amapá e Santa Catarina foram os dois estados que ultrapassaram essa porcentagem, com 5 a 10% de acidentes registrados com crianças dessas idades. Para a faixa etária de 5 a 14 anos, os estados mais afetados foram Rondônia e Roraima, enquanto a maior parte dos estados das regiões sudeste e sul apresentam as menores proporções. Na faixa etária seguinte, 15 a 19 anos, há um predomínio nas regiões norte e sul e a partir dos 60 anos a distribuição dos acidentes diminui, principalmente na região norte do país.

Observando os dados para as mulheres (figura 13), vemos uma distribuição não tão uniforme quanto a anterior. No geral as faixas etárias mais atingidas continuam sendo de 20 a 39 e de 40 a 59 anos, porém, na primeira faixa etária existe uma maior proporção de mulheres atingidas pelo agravo em alguns estados da região norte, nordeste, Espírito Santo e Goiás. Entre 5 e 14 anos, Tocantins apresenta uma alta proporção de acidentados, seguido de Rondônia, com forte incremento na região norte. Entre 15 e 19 anos o Amapá e o Amazonas se destacam dos demais estados, com altas proporções e na última faixa etária, pessoas a partir de 60 anos, apresenta um declínio das proporções, novamente mais acentuada na região norte.

No SINAN existem três categorias para a evolução dos acidentes, são estas: ignorado (onde não houve acompanhamento do indivíduo e por isso a evolução do caso é desconhecida pelo sistema), cura (onde por meio da administração do soro antiofídico houve cura do indivíduo acidentado) e óbito (onde o indivíduo não resiste ao agravo antes da administração do soro ou posteriormente ao tratamento).

Tanto para mulheres quanto para homens a quantidade de casos com evolução ignorada é consideravelmente alta e uniforme ao longo do país (figura 14), felizmente a porcentagem de cura é altíssima, sendo menor em alguns estados da região norte. Já quanto aos óbitos o único estado que se destaca é o Amapá, com maior mortalidade para mulheres.

Vítimas (%)



Homens



Mulheres



0 205 410 820 1.230
Kilometers

Figura 11: Porcentagem de homens e mulheres vítimas de acidentes crotáticos.

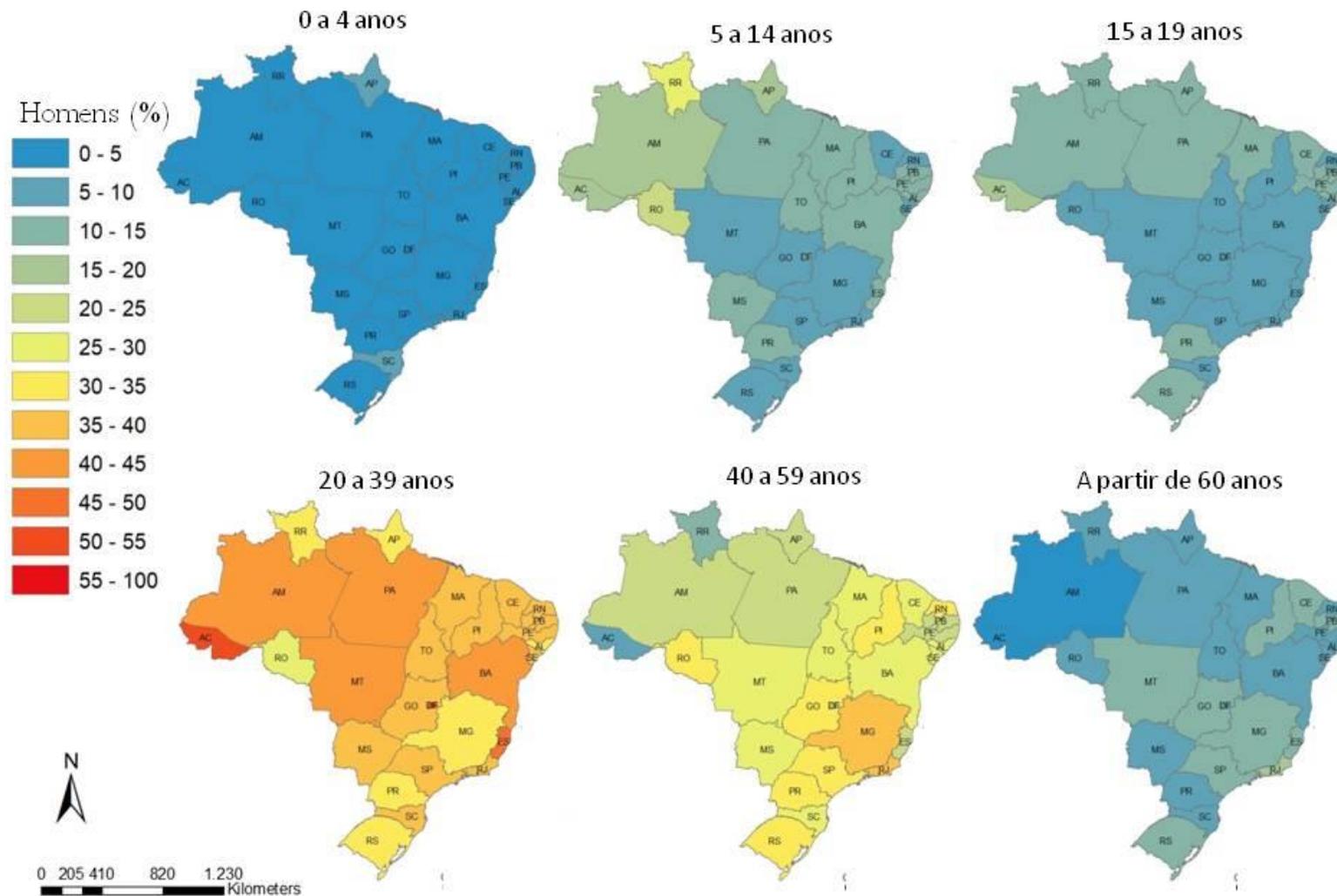


Figura 12: Proporção de homens envolvidos em acidentes crotáticos em seis faixas etárias.

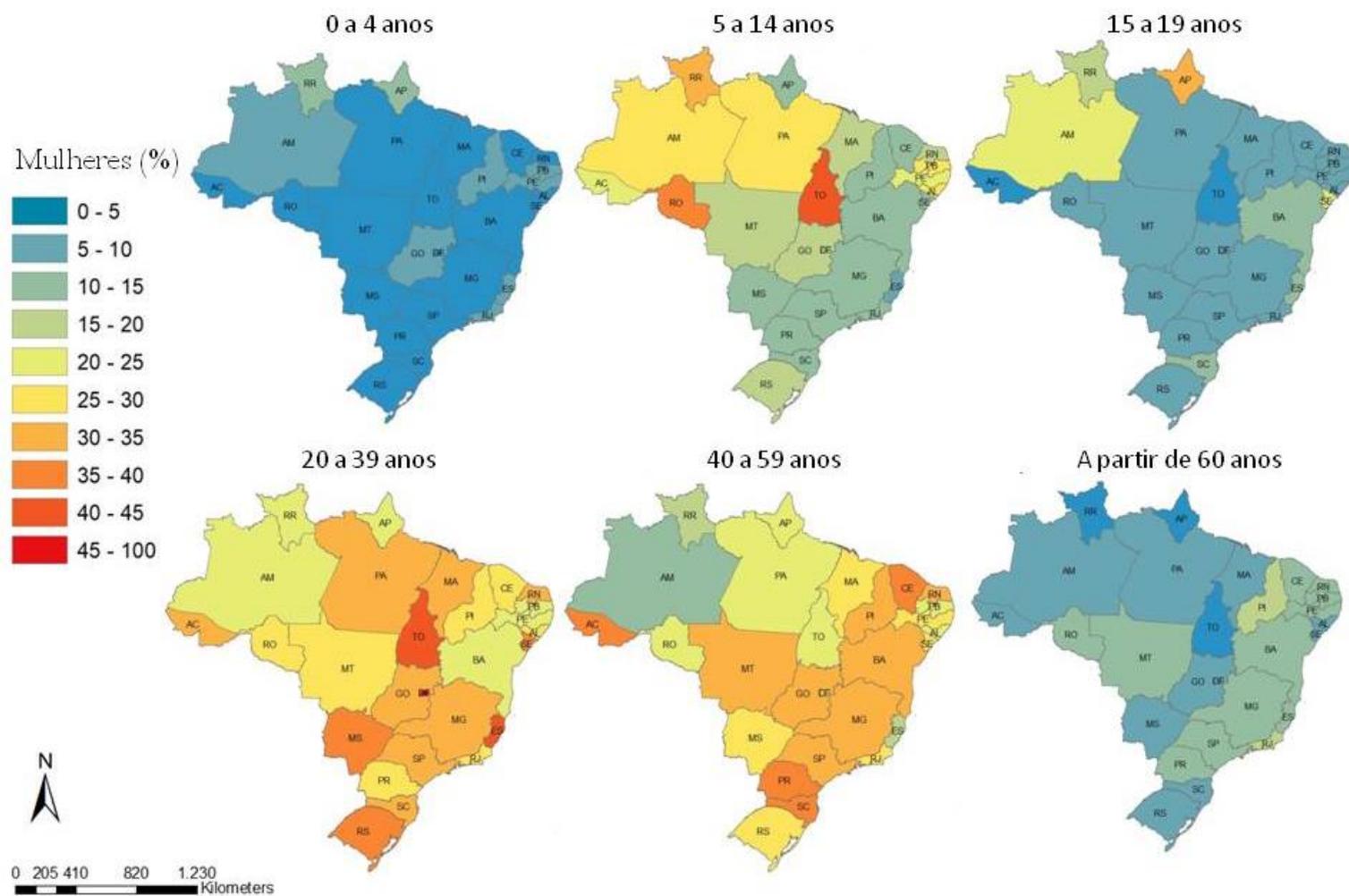


Figura 13: Proporção de mulheres envolvidas em acidentes crotáticos em seis faixas etárias.

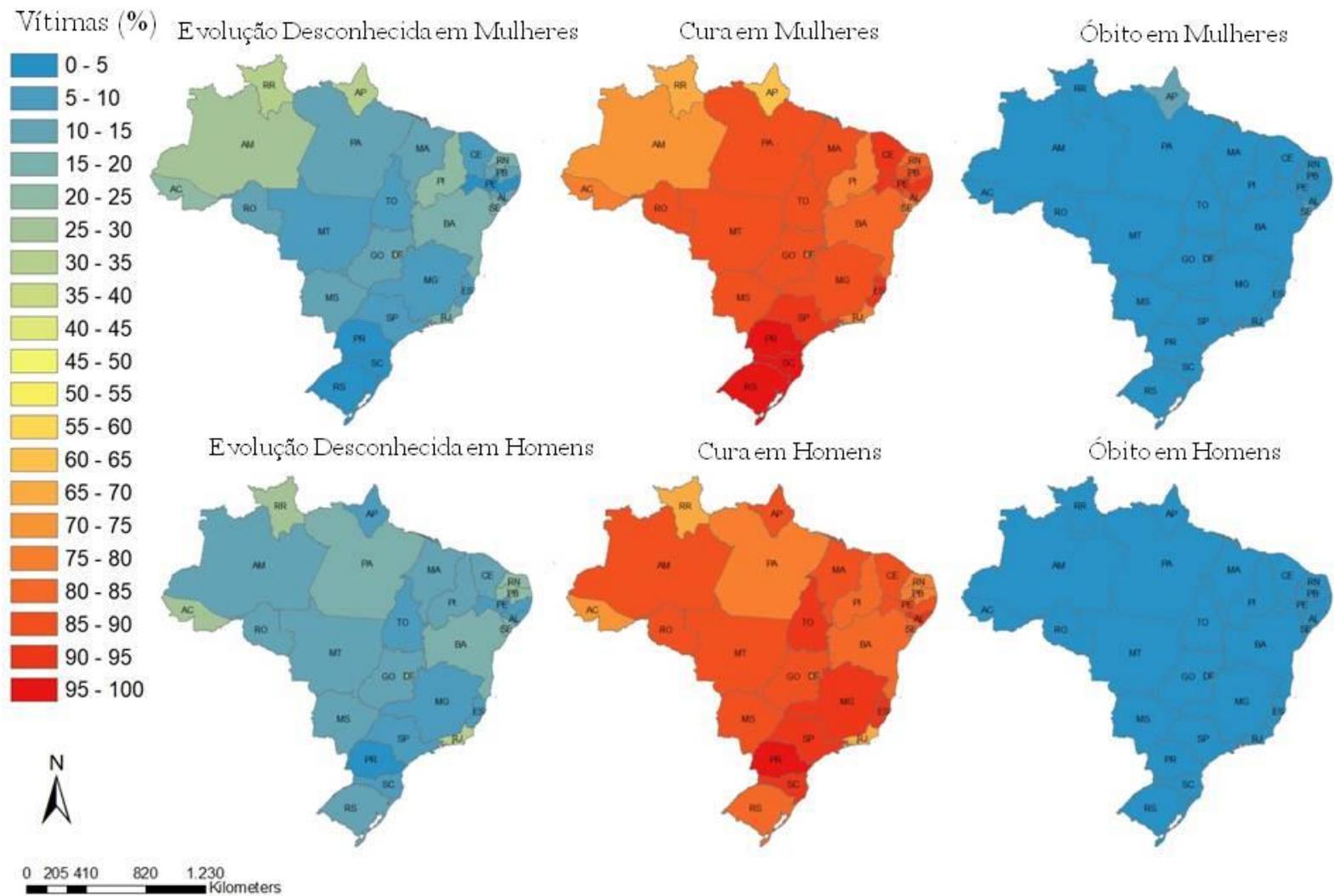


Figura 14: Distribuição nos estados de acordo com os tipos de evolução dos acidentes Crotálicos.

Perfil Epidemiológico dos Acidentes Laquéticos

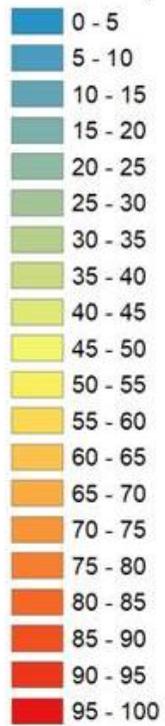
Para os acidentes laquéticos também houve uma maioria de homens vitimados na comparação total das vítimas (Figura 15), com as regiões Sul, Sudeste e Nordeste apresentando maior proporção de homens acidentados. Na região Norte as proporções foram mais próximas entre os sexos em comparação às outras regiões, sendo esta a região com maior proporção de mulheres acidentadas, com destaque para o estado de Roraima.

A região Sudeste é a que apresenta menores proporções na faixa etária de 0 a 4 anos masculina (Figura 16), sendo Roraima o estado com mais acidentados nessa faixa etária. A região norte é a mais atingida entre os 5 e 14 anos e isso se perpetua na faixa etária seguinte, com destaque para Rondônia. Entre 20 e 39 anos as maiores proporções vão migrando para o sul e na faixa etária de 40 a 59 anos a região Norte apresenta baixíssimas proporções de acidentados, já na última faixa etária o mapa tende a um equilíbrio, com proporções de até 20%. Conforme as idades vão aumentando a frequência dos acidentados se desloca da região Norte, à Centro-oeste, Nordeste e Sul.

Para os acidentes com mulheres (Figura 17) vemos que na faixa etária de 0 a 4 anos, Alagoas apresenta a maior porcentagem, seguido de Pernambuco, São Paulo e Amapá. Entre 5 e 14 anos as proporções são maiores na região Norte, Centro-oeste e Sudeste, com exceção do estado de Minas Gerais. Entre 15 e 19 anos os estados de Pernambuco e Amapá se destacam novamente com maiores proporções, para a faixa etária seguinte temos um destaque muito impactante no estado de Mato Grosso do Sul, seguido de Pernambuco, Maranhão e Piauí. Entre os 40 e 59 anos os destaques ficam com Sergipe, Distrito Federal e Goiás. A região Sul fica com menores proporções, assim como a maioria dos estados da região Sudeste e Norte, na última faixa etária os estados com maiores proporções foram Ceará, Minas Gerais, Santa Catarina e Bahia.

Na evolução dos casos (Figura 18), os estados com mais evoluções ignoradas são Piauí e Rio de Janeiro para mulheres acidentadas e o Rio Grande do Sul para homens acidentados. A proporção de cura é muito baixa tanto em homens quanto em mulheres no estado do Rio Grande do Sul, seguido do Paraná, Piauí e Rio de Janeiro, esses três últimos apenas sobre as mulheres. Já o óbito é homogêneo entre homens e mulheres, sendo de pequenas proporções.

Vítimas (%)



Homens



Mulheres



0 205 410 820 1.230 Kilometers

Figura 15: Porcentagem de homens e mulheres vítimas de acidentes laquéticos.

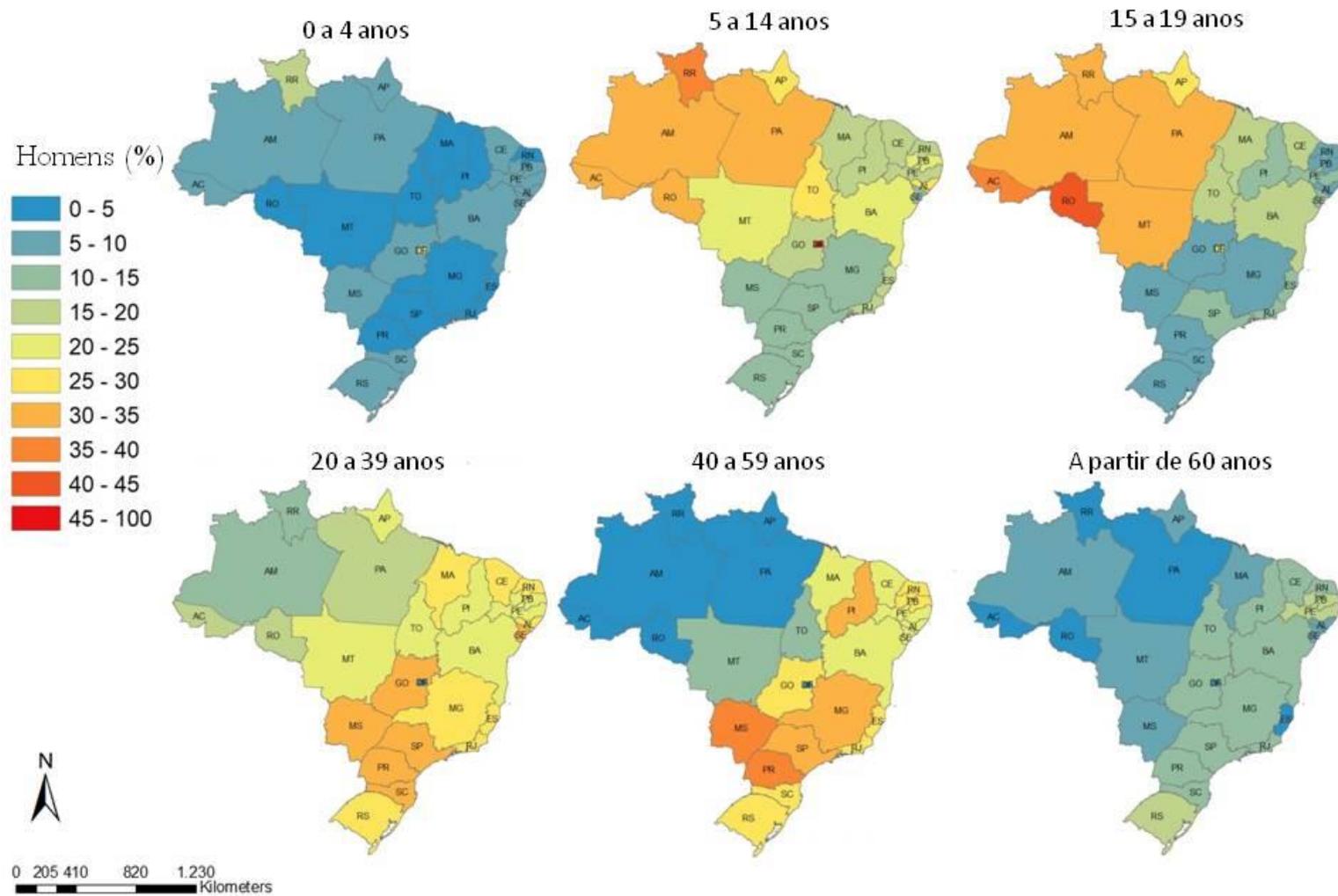


Figura 16: Proporção de homens envolvidos em acidentes laquéticos em seis faixas etárias.

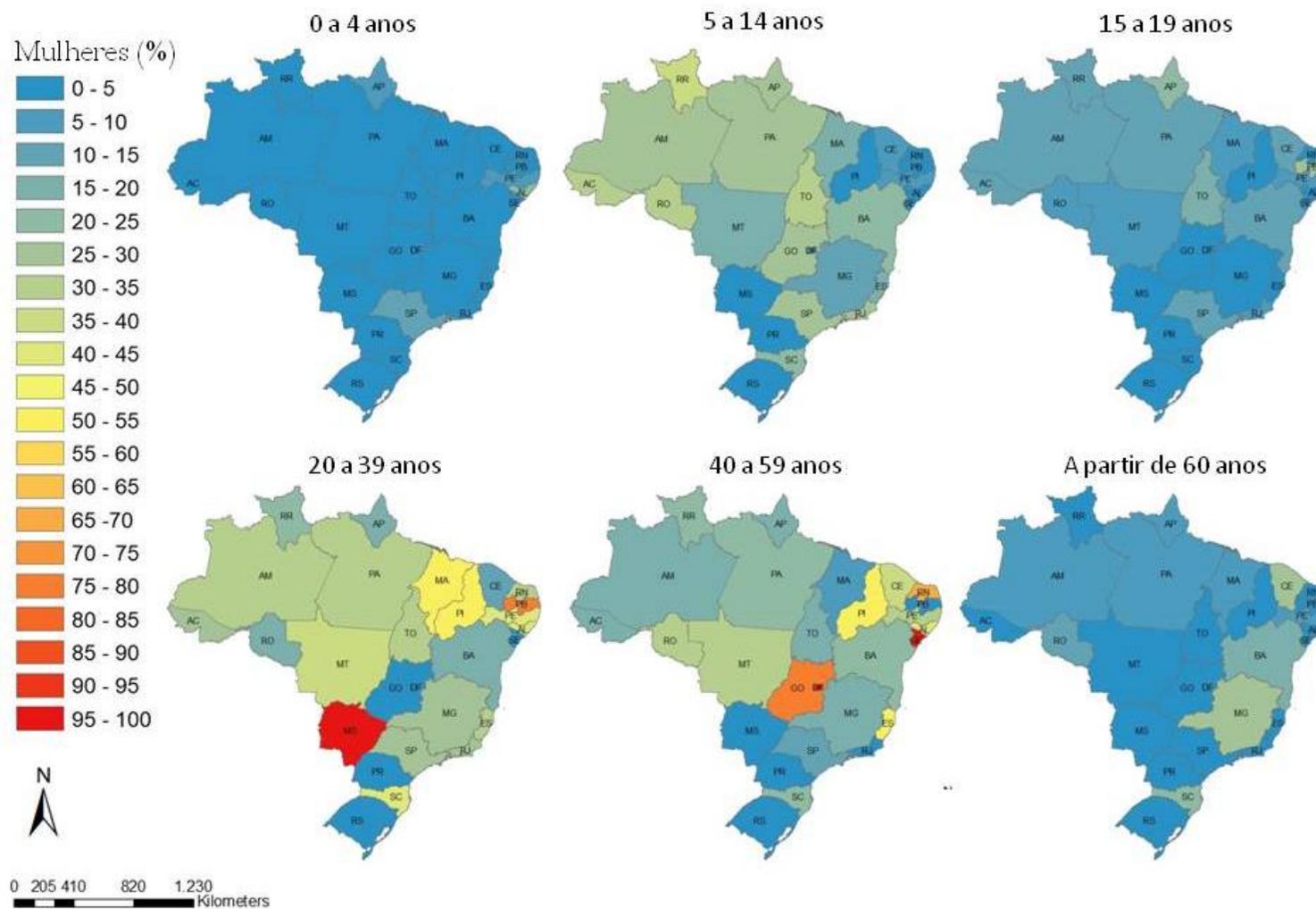


Figura 17: Proporção de mulheres envolvidas em acidentes laquéticos em seis faixas etárias.

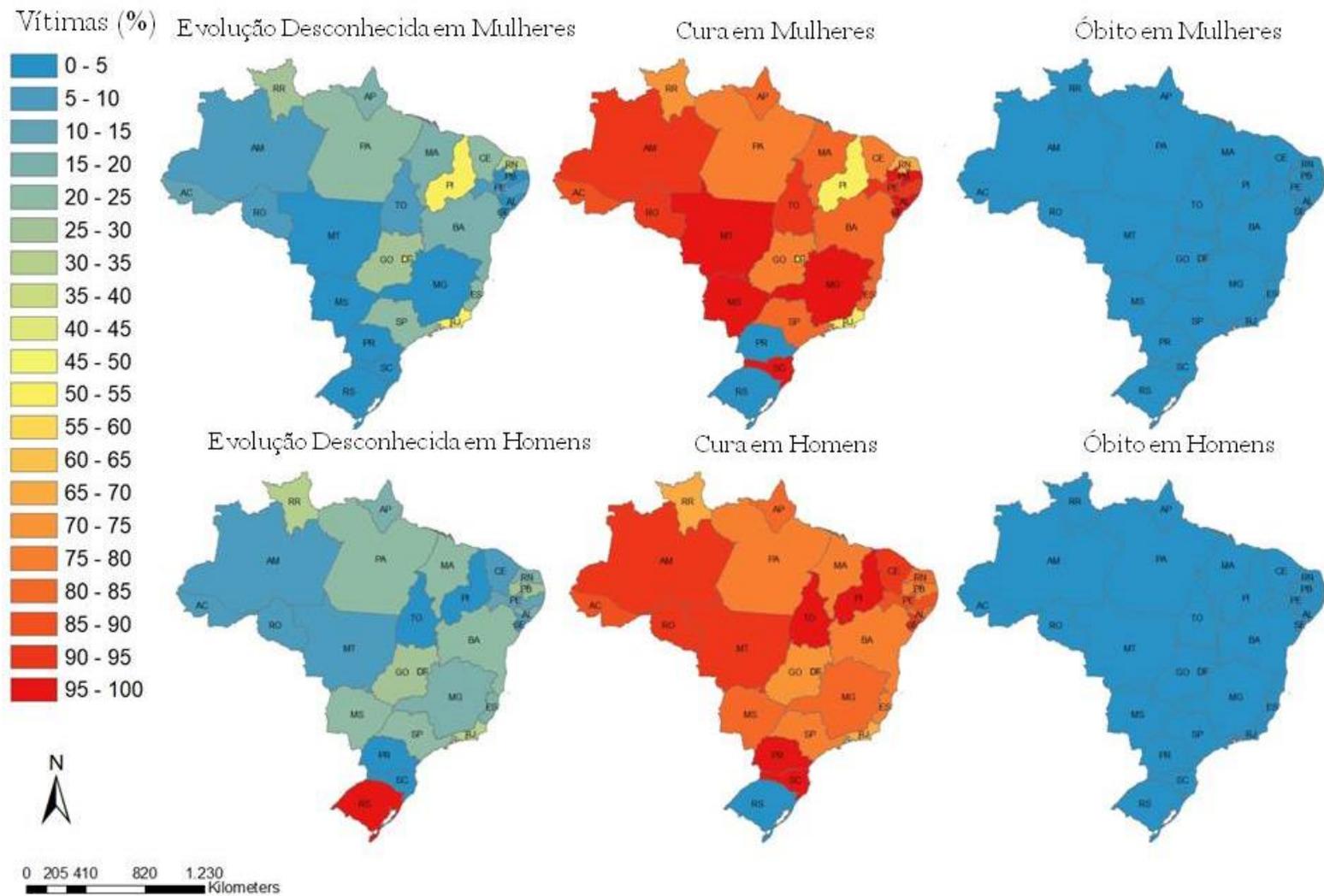


Figura 18: Distribuição nos estados de acordo com os tipos de evolução dos acidentes laquéticos.

Discussão

Os acidentes crotálicos apresentam a pior evolução, conseqüentemente, maiores valores para a letalidade (Gonçalves *et al.* 1997). No caso, a letalidade média apresentada para o período de estudo foi de 0,98 (Figura 6), menor do que o discutido na literatura, que chega a 1,95 (Bochner 2003) e 3,3 (Brasil 2001). O mesmo foi visto nos acidentes laquéticos, nos quais a letalidade para a década de 1990 foi de 0,95 (Brasil 1998) e a letalidade encontrada neste estudo foi de 0,76. Essa diferença encontrada provavelmente se dá pela exclusão dos dados de acidentes notificados sem identificação dos municípios de ocorrência. As taxas encontradas permaneceram maiores que a letalidade observada para os acidentes botrópicos (0,004) e micrúricos (0,001), no mesmo período, e se comparados com a média geral no país (0,4%; Brasil 2009), o que intensifica a atenção para os cuidados durante o tratamento para estes dois tipos de acidentes.

O ofidismo é uma preocupante e negligenciada questão de saúde pública no mundo (Gutierrez *et al.* 2010; Ediriweera *et al.* 2016), sendo que na América Latina ocorrem aproximadamente 90% dos acidentes de todas as Américas (75.699-126.883 acidentes; Kasturiratne *et al.* 2008). No Brasil, os acidentes ofídicos compõem um quarto dos envenenamentos e os óbitos provenientes destes representam mais da metade de todas as mortes por envenenamentos de animais terrestres (Chippaux 2015) e levando em consideração o desenvolvimento histórico desses países em cima de economias voltadas à agropecuária, os acidentes ofídicos se tornam um reflexo ocupacional, afetando principalmente a população que lida diretamente com o campo (Chippaux 1998; Gutierrez *et al.* 2010; Warrel 2010; Vaiyapuri *et al.* 2013; Yañez-Arenas *et al.* 2014). Por outro lado, a crescente urbanização do país concentra a população humana em áreas citadinas (Graciano *et al.* 2013; Bochner *et al.* 2014; Milani *et al.* 2016) e nestas, a falta de infraestrutura e de saneamento aumenta a proliferação de roedores nas periferias das cidades, atraindo seus predadores naturais para perto desses aglomerados e conseqüentemente proporcionando mais acidentes (Milani *et al.* 2016). Dessa forma, os acidentes ocorrem tanto na zona rural quanto na urbana (64,3 % dos acidentes na zona rural e aproximadamente 32,7% na zona urbana; Gonçalves *et al.* 1997). Isso é observado na distribuição dos acidentes, que ocorrem, mesmo em pequenas proporções, em todo o território nacional e com todas as faixas etárias analisadas.

Por questões laborais e as circunstâncias ocupacionais, o homem ainda exerce maior atividade fora do lar, principalmente no campo (Nascimento 2000; Waldez & Vogt 2009; Chippaux 2015). A predominância de agravos aos homens (corroborado neste estudo) faz parte, hoje, de uma pauta nacional com a Política Nacional de Saúde do Homem do Ministério da Saúde (Brasil 2008), na qual a morbi-mortalidade da população masculina e sua vulnerabilidade são analisadas para a busca de novas estratégias de minimização (Graciano *et al.* 2013). Em concordância com esse panorama nacional, estão nossos resultados quanto aos acidentes crotálicos e laquéticos. Assim, os danos à saúde relacionados aos acidentes ofídicos acabam contribuindo para a manutenção desse cenário predominantemente masculino.

No Brasil, as principais causas de óbito vêm se alterando nas últimas décadas, com uma redução das mortes por desnutrição e doenças infecciosas e parasitárias e um crescimento acelerado de mortes por doenças crônicas e de causa externa (Saúde Brasil 2014), com um perfil geral de mortalidade em homens jovens-adultos (15 a 39 anos) e principalmente por causas externas (19 % das mortes em homens são por causas externas e 5% em mulheres; Saúde Brasil 2014). A maior frequência de acidentes em pessoas do sexo masculino em idades produtivas (20 à 59 anos) para ambos os acidentes, como vimos nos resultados apresentados, é concordante com a literatura, visto que nesta faixa etária há uma maior concentração da força de trabalho no campo (Feitosa *et al.* 1997). Nos últimos 100 anos, a epidemiologia geral dos acidentes ofídicos no Brasil se manteve, homens em idade adulta, trabalhadores rurais (Bochner & Struchiner 2003) e dessa forma, o monitoramento mais realista da morbi-mortalidade dos acidentes ofídicos se torna imprescindível para ações preventivas e remediadoras para com a população. Segundo o Ministério da Saúde, “a política de saúde deve responder a novas necessidades de ofertas de serviços” (Saúde Brasil 2014).

A faixa etária de 5 a 14 anos em mulheres vítimas de acidentes crotálicos e homens em acidentes laquéticos na região Norte chama certa atenção, sugerindo um nível maior de exposição ao encontro com serpentes. Estes resultados podem ser relacionados ao deslocamento entre a casa e a escola, onde acabam por encontrar as serpentes antes ou após o horário escolar (Nascimento 2000). Apesar de não serem os mais atingidos (e sim pessoas entre 20 e 59 anos) esse dado deve ser observado, uma vez que crianças são mais vulneráveis e assim, dependendo da idade do acidentado, estas vítimas podem estar em maior situação de risco (Chippaux 2017b).

As faixas etárias mais novas e mais velhas são consideradas mais vulneráveis por questões intrínsecas à resistência e capacidade de recuperação (Chippaux 2017b), porém, como visto em nossos resultados, os mais velhos ainda apresentam maior exposição a esse agravo do que crianças de 0 a 4 anos. Em confluência com a literatura, quando comparamos a faixa etária a partir dos 60 anos com as faixas etárias economicamente ativas (20-59 anos), tanto a proporção de acidentes crotálicos como laquéuticos, observamos que a frequência de acidentes diminui, em razão da redução da atividade das pessoas nessa faixa etária (Nascimento 2000).

A região Norte concentra a maioria dos acidentes com *Lachesis muta* (Bochner *et al.* 2014), isso é devido à distribuição e hábito desta cobra, que ocorre na região amazônica e na Mata Atlântica (Bernarde 2011). Esta espécie, na região Norte, é a segunda menos frequente em acidentes (3% do total de acidentes; Brasil 2010), tanto pelo habitat quanto pela baixa densidade populacional em que ocorre (Bernarde 2011). Nos estados da região Norte, os elementos climáticos, as atividades econômicas e de lazer são favoráveis a uma maior exposição da população aos acidentes (Milani *et al.* 2016), sendo, em geral, os homens mais vitimados que as mulheres em idades baixas (figuras 15 e 16; Nascimento 2000), já nas idades avançadas a frequência de acidentes diminui muito pela baixa expectativa de vida da região (Saúde Brasil 2014).

O Amapá apresenta a maior taxa de mortalidade, em todas as faixas etárias, dos estados da região Norte (Saúde Brasil 2014), coincidentemente foi o único estado que se destacou quanto ao óbito em acidentes crotálicos (figura 13). Este estado também se destaca nos acidentes ofídicos em geral por ter cerca de 84% de todos os tipos de acidentes ofídicos em vítimas do sexo masculino (Chippaux 2015), sendo este um estado que necessita de atenção quanto aos acidentes.

O Piauí é o segundo estado da região Nordeste com maior mortalidade em crianças até um ano (Saúde Brasil 2014), o que converge com a baixa proporção de cura para mulheres vitimadas de acidentes laquéuticos encontrada neste estudo.

Apesar de baixos os valores de óbito dos acidentes, um dado que não é coletado e de suma importância é a morbidade desses acidentes, que impossibilita muitas vezes o indivíduo acidentado de exercer atividades cotidianas (Waldez & Vogt 2009) e a falta de acompanhamento da evolução dos casos (vide os mapas com as evoluções desconhecidas,

figuras 13 e 17) impede o reconhecimento da abrangência do impacto desses acidentes na sociedade (Feitosa *et al.* 1997). Uma das principais sequelas dos acidentes crotálicos é o desenvolvimento de insuficiência renal aguda (IRA) que resulta em mionecroses (Azevedo-Marques 2003), essa sequela inflaciona os números de doenças renais e despende grande quantidade de recursos médicos para o tratamento (Gouveia *et al.* 2017).

No país, o soro antiofídico é distribuído gratuitamente nos postos de saúde (Brasil 2009), mesmo assim, ainda há deficiência na quantidade de soro a ser produzida e na cobertura geográfica de onde necessariamente deve ser alocado (Chippaux 2008). Além disso, a sua utilização ineficiente ou indevida (em acidentes com serpentes não peçonhentas, a utilização do soro para o gênero errado, ou quantidades inadequadas) desperdiça recursos (Gutierrez *et al.* 2010; Vaiyapuri *et al.* 2013) e contribui diretamente na evolução dos casos de envenenamento (Moreno *et al.* 2005). De acordo com os dados disponíveis no SINAN, todos os estados do país apresentam acidentes das duas espécies, porém de acordo com as suas extensões de ocorrência isso não seria possível (Figura 29 e 30). *Crotalus durissus* ocorre em 24 dos 26 estados e Distrito Federal e *Lachesis muta* em apenas 18 estados, sendo assim, todos os acidentes laquéuticos que ocorrem na região Sul do país não podem ser creditados à *Lachesis muta* e os acidentes Crotálicos que ocorrem no Acre e Espírito Santo também são dados equivocados.

Alguns dos equívocos podem derivar de problemas de percepção e de nomenclatura popular relacionados a estas serpentes. Na região amazônica, indivíduos maiores de jararacas da espécie *Bothrops atrox* são frequentemente confundidos com *Lachesis muta* (Waldez & Vogt 2009; Bernarde & Gomes 2012; Wen *et al.* 2015), além disso, no estado do Amazonas algumas jararacas são popularmente chamadas de surucucurana (Borges *et al.* 1999). No Acre algumas pessoas denominam *Lachesis muta* de cascavel (Bernarde & Gomes 2012), já no Rio Grande do Sul outra jararaca de grande porte, *Bothrops jararacussu*, é popularmente chamada de surucucu-cabeça-de-sapo, surucucu-cabeça-de-patrona ou surucucu-de-tapete (Lema 2002). Nesses casos, a nomenclatura popular influencia na distorção dos dados que são inseridos no SINAN e conseqüentemente no planejamento para a administração de soro e principalmente no tipo de soro que deverá ser utilizado.

Em alguns casos o espécime morto é levado ao posto de saúde pelo acidentado ou por algum acompanhante (Waldez & Vogt 2009), essa ação beneficia a correta escolha

do soro se o profissional for corretamente capacitado para o reconhecimento destas espécies. O soro antibotrópico pode neutralizar a atividade hemorrágica em alguns casos de envenenamento laquético (Bard *et al.* 1994), o que, em casos menos graves, pode diminuir a letalidade mesmo com a administração equivocada do soro, assim, muitos dos acidentes laquéticos não evoluem para óbito e podem ser erroneamente alocados como acidentes botrópicos, porém, em casos onde a dosagem de soro não é efetiva ou é exagerada há um gasto de recurso e potencial risco à vítima, podendo culminar em reações anafiláticas (Vaiyapuri *et al.* 2013). Outra solução para quando o paciente não leva o animal e não apresenta sintomas vagomiméticos é a utilização do soro bivalente botrópico-laquético, uma vez que o soro botrópico não neutraliza de maneira eficaz a atividade coagulante do veneno laquético (Borges *et al.* 1999). Uma questão amplamente discutida na literatura é o despreparo técnico dos profissionais da saúde no atendimento ao acidentado, pois a falta de capacitação tanto para identificar o gênero que causou o envenenamento quanto para administrar corretamente o antiveneno comprometem o êxito no tratamento do indivíduo (Bernarde & Gomes 2012; Milani *et al.* 2016). A falta de treinamento taxonômico para os profissionais da saúde é negligenciada pelo governo (Gutiérrez *et al.* 2006), o que concorre para o erro na diagnose do espécime. No Brasil, apenas 56% das escolas de medicina preparam seus discentes para o atendimento aos acidentados por animais peçonhentos (Mise *et al.* 2007).

A qualificação e treinamento específico ao profissional da saúde ainda são negligenciados no serviço de saúde nacional, o que acarreta em dados duvidosos (Barbosa *et al.* 2015). A identificação do animal causador do acidente é primordial, não somente para a administração correta do tratamento, como também para economizar esse recurso, uma vez que o reconhecimento das espécies que não são peçonhentas dispensa imediatamente tratamento à maioria dos pacientes que chegam aos postos de atendimento (Pinho & Pereira 2001). E por fim, a administração do tratamento específico o mais precocemente possível e em doses eficazes é de enorme importância para a recuperação do acidentado, evitando ou pelo menos diminuindo uma possível inutilidade temporária, sequelas e óbitos dos mesmos.

Outro ponto é a subnotificação dos acidentes, muitas vezes a falta de assistência à saúde próxima ou a opção por tratamentos alternativos (Harrison *et al.* 2009) faz com que

o indivíduo não seja registrado no sistema de saúde (Ediriweera *et al.* 2016), assim, esta informação não se torna disponível para os bancos de dados oficiais (Harrison *et al.* 2009). Além disso, os acidentes ocorridos no meio rural tendem a ser menosprezados pela falta de informação do trabalhador ou do empregador, sendo um problema social de relevância (Drebes *et al.* 2014), tanto os registros oficiais de envenenamentos quanto de óbitos acabam por não refletir a realidade dos locais de difícil acesso.

A epidemiologia dos acidentes tem como objetivo reduzir a incidência, severidade e sequelas, através de um conjunto de informações de fácil entendimento (Feitosa *et al.* 2015) para que a administração do soro seja apropriada e eficaz (Chippaux 2015), isso inclui a distribuição e utilização dos antivenenos. Assim, dados epidemiológicos sólidos são essenciais para dar credibilidade e demonstrar a magnitude do problema, aumentando a conscientização sobre a morbi-mortalidade dos acidentes ofídicos e sendo um recurso para a prevenção e tratamento desse agravo (Ediriweera *et al.* 2016), assim como a definição de áreas com maior risco de acidentes e de envenenamentos é de suma importância para subsidiar a gestão pública na melhor administração dos recursos (Ediriweera *et al.* 2016).

Conclusão

A partir dos resultados obtidos no presente capítulo podemos verificar que:

- As taxas de incidência dos dois acidentes são baixas, o que era esperado tanto pela abundância das duas espécies como pelo seu comportamento e pela diminuta frequência de encontros com o homem.
- As taxas de letalidade encontradas para os dois tipos de acidentes são maiores do que a média nacional para todos os acidentes ofídicos (0,4), o que demonstrando a gravidade desses acidentes na população atingida;
- A população masculina é mais atingida pelos acidentes tanto crotálicos, quanto laquéticos;
- As faixas etárias mais atingidas em ambos os sexos foram entre 20-39 anos e 40-59 anos, que são idades economicamente produtivas;
- A alta proporção de evolução desconhecida dos acidentes demonstra a falta de acompanhamento destes acidentados após a entrada nos centros de saúde, diminuindo assim, a possibilidade de mensurar a magnitude real dos acidentes;
- A epidemiologia é ferramenta fundamental para o conhecimento e disseminação de informação quanto ao agravo em questão. A diminuição da morbi-mortalidade se dá através da alocação necessária de recursos medicamentosos e humanos para melhor atendimento dos acidentados.

CAPÍTULO II – AGRUPAMENTOS ESPACIAIS DOS ACIDENTES CROTÁLICOS E LAQUÉTICOS NO BRASIL

Introdução

Envenenamentos e mortes resultantes de picadas de cobras são um problema de saúde pública em várias partes do mundo (Kasturiratne *et al.* 2008), sendo particularmente importante nas regiões rurais dos trópicos (Harrison *et al.* 2009). As populações humanas nessas regiões sofrem de alta morbidez e mortalidade por conta do acesso precário aos serviços de saúde, que muitas vezes são deficientes e, em alguns casos, pela escassez de soro antiofídico, que é o único tratamento específico (Kasturiratne *et al.* 2008). De fato, na atualidade os acidentes ofídicos são considerados como uma doença tropical negligenciada (Moreno *et al.* 2005; Gutiérrez *et al.*, 2010; Graciano *et al.* 2013).

Do ponto de vista ecológico, a maioria dos acidentes ocorrem em ambientes agrários transformados pelo humano (Gutiérrez *et al.* 2010; Gutiérrez *et al.* 2013), estes acidentes ofídicos refletem as interações entre o homem e o animal, relações estas que surgem da invasão, interrupção ou destruição do habitat natural das serpentes (Chavez *et al.* 2015).

No Brasil ocorrem anualmente entre 19 e 22 mil casos de acidentes (Jorge & Ribeiro 1997; Pinho & Pereira 2001), sendo que nos anos de 1990 a 1993 foram notificados 81.611 acidentes com serpentes peçonhentas no país, resultando em aproximadamente 13,5 acidentes / 100.000 habitantes (Brasil 2001). Houve um aumento desde os anos 2001, alcançando em 2005 seu maior índice (cerca de 29.000 casos) (Brasil 2010).

O tratamento do envenenamento por mordida de serpente baseia-se na administração em tempo hábil do soro antiofídico indicado, assim, os tipos de soro devem ser cuidadosamente distribuídos com base na distribuição do problema (Gutiérrez *et al.* 2006; Hansson *et al.* 2013). Nesse sentido, o conhecimento sobre os padrões de distribuição das serpentes peçonhentas e dos acidentes ofídicos torna-se essencial para o tratamento adequado dos acidentes ofídicos. Esse conhecimento proporciona estimativas do risco relativo de ocorrência destes agravos nas regiões de interesse, possibilita a identificação de agrupamentos das doenças e por fim uma análise ecológica que permite avaliar a distribuição do agravo à variáveis socioeconômicas e/ou ambientais (Rezaeian

2007). Para tal são utilizados os sistemas de informação geográfica (SIG) como ferramenta para produção e visualização de dados (Hansson *et al.* 2010).

Estes são sistemas utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, dados que representam objetos ou fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para a análise (Davis 1997). Eles permitem que bancos de dados viam imagens de fácil entendimento e assim, possam ser utilizadas por pessoas com as mais variadas formações e interesses, melhorando a comunicação entre diferentes atores e tomadores de decisão, assim, uma forma de identificar regiões altamente vulneráveis aos acidentes ofídicos é a utilização dessas ferramentas de sistemas de informação geográfica (Yañez-Arenas *et al.* 2014). A 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 nessas áreas (*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 políticas estratégicas para o controle e prevenção dos acidentes ofídicos.

Tendo em vista a importância de considerar a espacialidade na distribuição dos acidentes ofídicos e das serpentes peçonhentas associadas, este capítulo visa mapear a área de distribuição geográfica de *Crotalus durissus* e *Lachesis muta* e analisar os padrões espaciais das ocorrências dos acidentes crotálicos e laquéuticos no Brasil, buscando avaliar se há agrupamento espacial no número total, bem como das taxas de incidência e de letalidade de cada um destes grupos de acidentes.

Material e métodos

Obtenção de dados

Os pontos de ocorrência das duas espécies analisadas foram compilados a partir de: (1) coleções herpetológicas do país, como Museu de Biologia Professor Melo Leitão (MBML), da Universidade de Campinas (UNICAMP), do Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Museu de História

Natural Capão do Imbuia (MHNCI), Museu Nacional (MNRJ), Universidade Federal do Acre (UFAC) e do Instituto Butantan (IB); (2) bancos de dados disponíveis online, como Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org), Species Link (sblink.cria.org.br), Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (www.sibbr.gov.br); (3) acervo de pesquisadores, como a colaboradora M. Sc. Gabriela Guerra (que compilou os registros das instituições: Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN), Universidade Federal de Alagoas (MUFAL), Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade de Viçosa (CHUV), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), Universidade Federal de Minas (UFMG), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Faculdades Integradas do Tapajós (FIT), Coleção Herpetológica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Coleção Zoológica Delta do Parnaíba (CZDP), Museu da Universidade Estadual de Londrina (MZUEL), Instituto Vital Brazil (IVB), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Fundação Zoobotânica (MCP), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Sergipe (CHUFS), Museu de Zoologia Doutor Adão José Cardoso (ZUEC), Museo Nacional de Historia Natural Del Paraguay (MHNP)); e (4) literatura. Foram excluídas todas as localidades duplicadas e também os registros de origem duvidosa em termos taxonômicos ou de localização (sendo excluídos os pontos de ocorrência que estavam fora da área de distribuição conhecida historicamente da espécie). Não foi feita distinção de subespécie, sendo assim, os dados foram generalizados nas espécies.

Os dados de acidentes e óbitos crotálicos e laquéuticos foram extraídos do SINAN para o período de 2001 a 2015, assim, uma matriz dos acidentes foi estruturada a partir do número total de acidentes por município por ano e do número de óbitos por município por ano. Foram, então, calculadas as médias dos acidentes (Barbosa & Medeiros 2015), o coeficiente de incidência, a média de óbitos e o coeficiente de letalidade para cada município nesse recorte temporal (Milani *et al.* 2016).

- $\text{Incidência} = \text{total de casos} / \text{n}^\circ \text{ de habitantes} \times 100.000$

- Letalidade = total de óbitos / total de acidentes x 100

Análises Espaciais

A partir dos dados de ocorrência, constituídos de latitude e longitude, foram construídas as extensões de ocorrência das espécies para o Brasil, através da construção do Mínimo Polígono Convexo envolvendo todos os registros. No ArcMap 10.5, depois de transformar as informações contidas na matriz dos dados de ocorrência em pontos georreferenciados, utilizamos a ferramenta *Minimum Bounding Geometry* para determinar a extensão de ocorrência das espécies com a opção de *Convex_Hull*.

Para espacializar as matrizes geradas com os dados compilados do SINAN sobre número de acidentes, óbitos, taxa de incidência e de letalidade dos acidentes crotálicos e laquéticos por município, foram realizadas ligações e sobreposições com um arquivo vetorial contendo o limite espacial dos municípios brasileiros, no programa ArcMap 10.5.

Para observar a existência de autocorrelação espacial dos acidentes, óbitos, taxa de incidência e de letalidade dos acidentes ofídicos foram realizadas análises de agrupamento espacial para identificar e mapear os *hotspots*, *coldspots* e *outliers*, utilizando como base o índice de autocorrelação espacial I de Moran Local (LISA) (Barbosa *et al.* 2015).

Estas análises foram realizadas por meio das seguintes ferramentas de estatística espacial no programa ArcMap 10.5 e seguiram a sequência de cálculos:

- (i) *Average Nearest Neighbor*, análise do padrão de distribuição dos dados para verificar se a distribuição dos dados é aleatória, agrupada ou dispersa;
- (ii) *Incremental Spatial Autocorrelation*, análise da autocorrelação espacial para uma série de distâncias, criando um gráfico com os valores correspondentes de *z-score*, que refletem a intensidade do agrupamento espacial, de forma que os picos estatisticamente significantes de *z-score* indicam distâncias onde os processos espaciais promovem agrupamentos mais pronunciados;

- (iii) *Spatial Autocorrelation (Morans I)*, análise da autocorrelação espacial com base na localização das feições e valores dos atributos usando a estatística global de Moran I;
- (iv) *Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Morans I)*, análise de agrupamentos espaciais, que, dado um conjunto de feições ponderadas (como, no caso, a atribuição de número de eventos aos hexágonos), identifica estatisticamente os *hot spots (high-high - HH)*, *cold spots (low-low - LL)* e *outliers* de altos (*high-low - HL*) e baixos valores (*low-high - LH*) utilizando a estatística local Anselin Moran's I.

Os resultados da análise do padrão de distribuição com a ferramenta *Average Nearest Neighbor* demonstraram que a distribuição dos acidentes não é aleatória, apresentando um padrão agrupado (Figuras 19 e 20). Com o p-valor nulo até a sexta casa decimal, refutou-se a hipótese nula de que a distribuição dos acidentes seria aleatória. Esta análise gerou o primeiro indício de agrupamento desses dados.

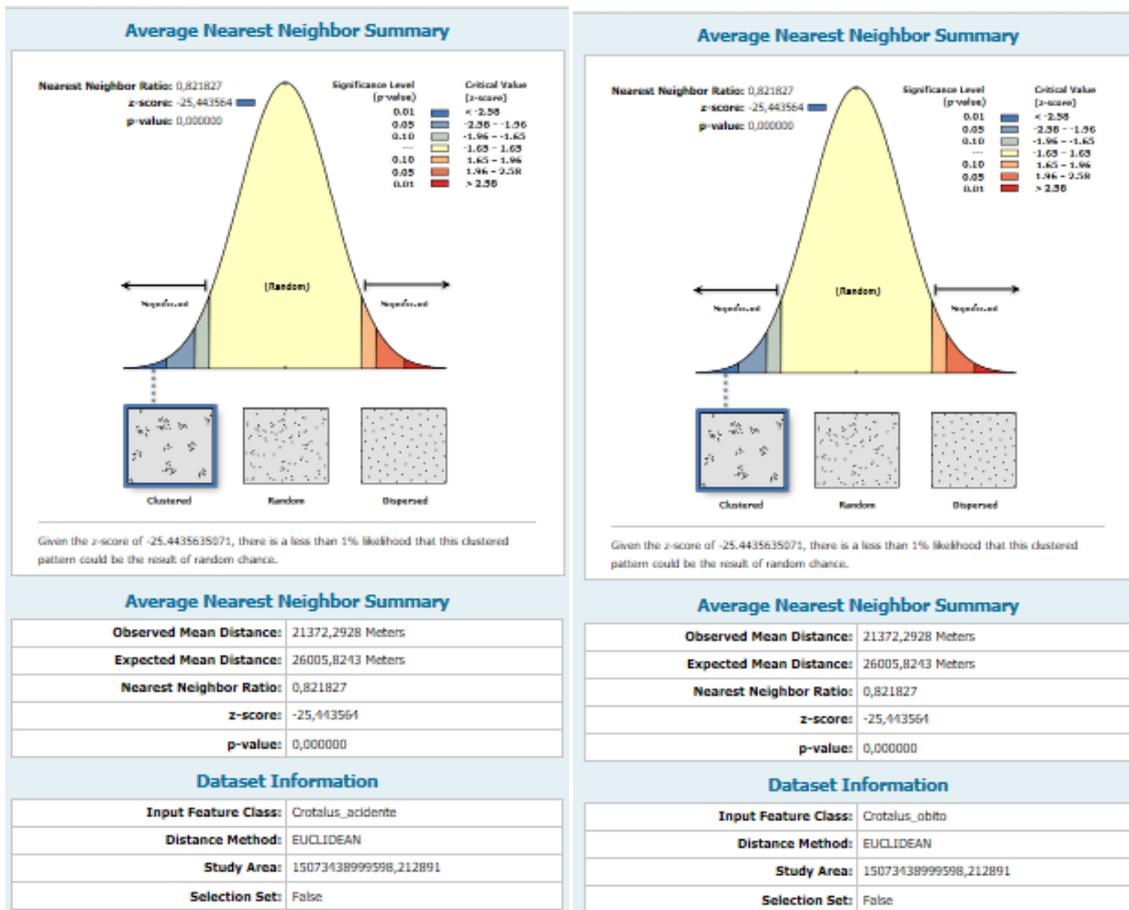


Figura 19: Teste da existência de agrupamento espacial para os acidentes e óbitos crotálicos.

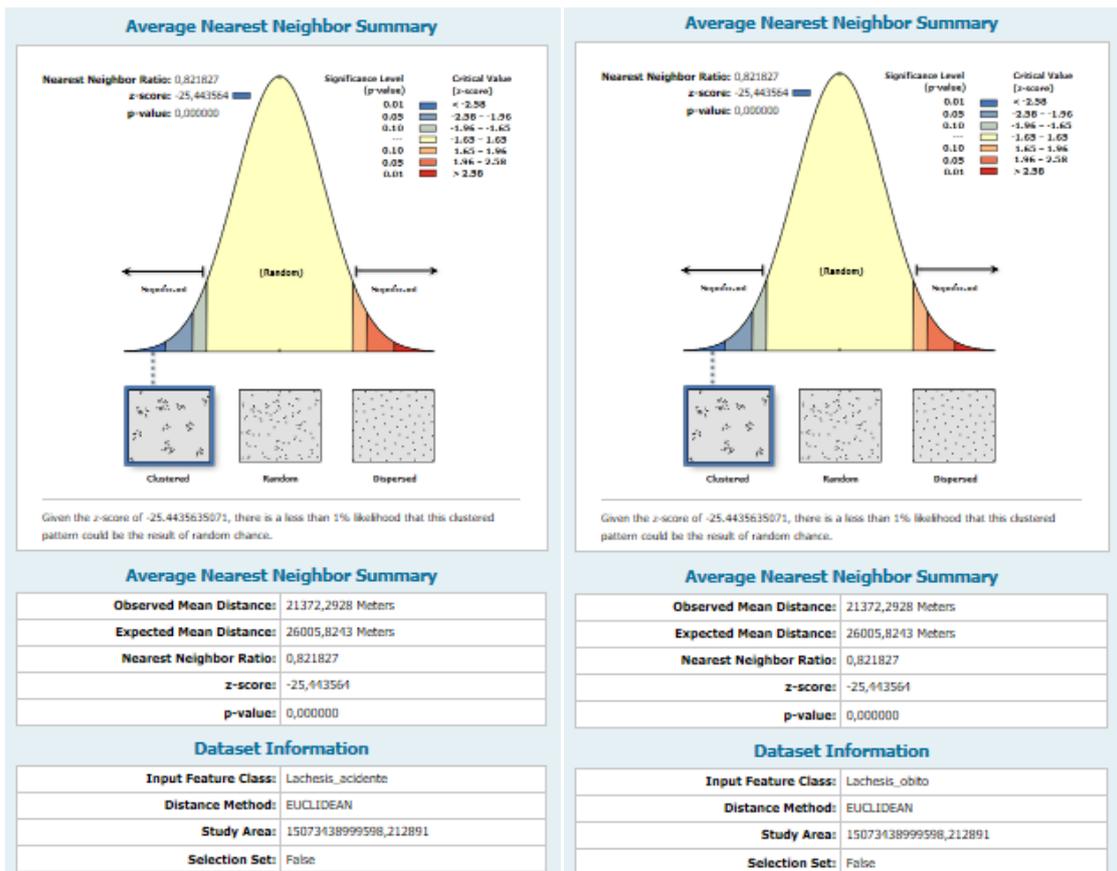


Figura 20: Teste da existência de agrupamento espacial para os acidentes e óbitos laquéuticos.

Assim sendo, o próximo passo foi utilizar o Índice de Moran para avaliar a dependência espacial dos dados, cujos resultados estão demonstrados nas Figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

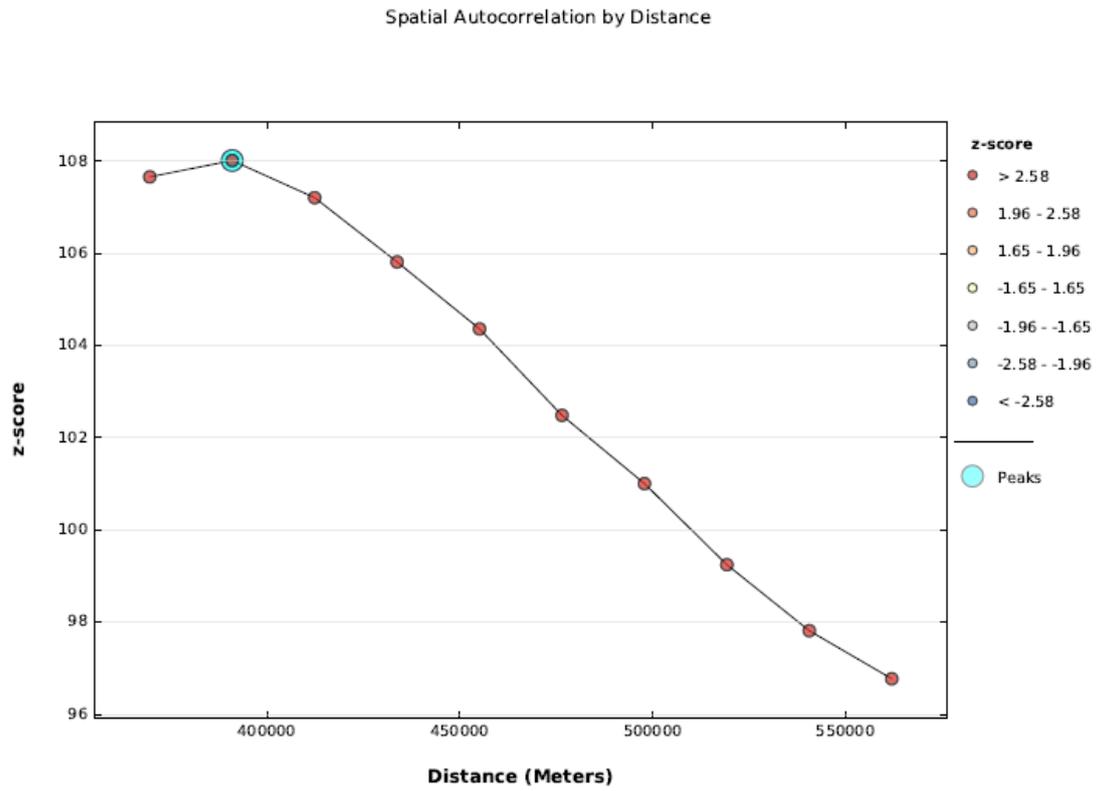


Figura 21: Distância de Autocorrelação Espacial para o total de acidentes Crotáticos (pico de correlação em 390952,29 m).

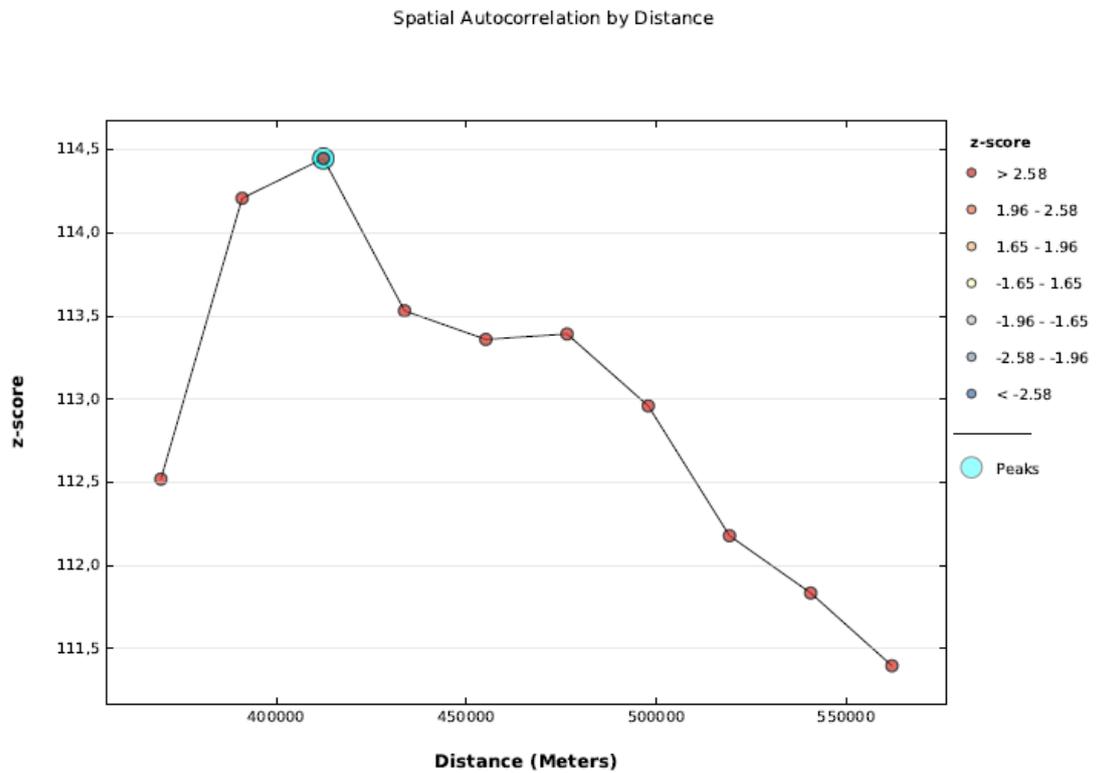


Figura 22: Distância de Autocorrelação Espacial para a incidência dos acidentes Crotáticos (pico de correlação em 412324,59 m).

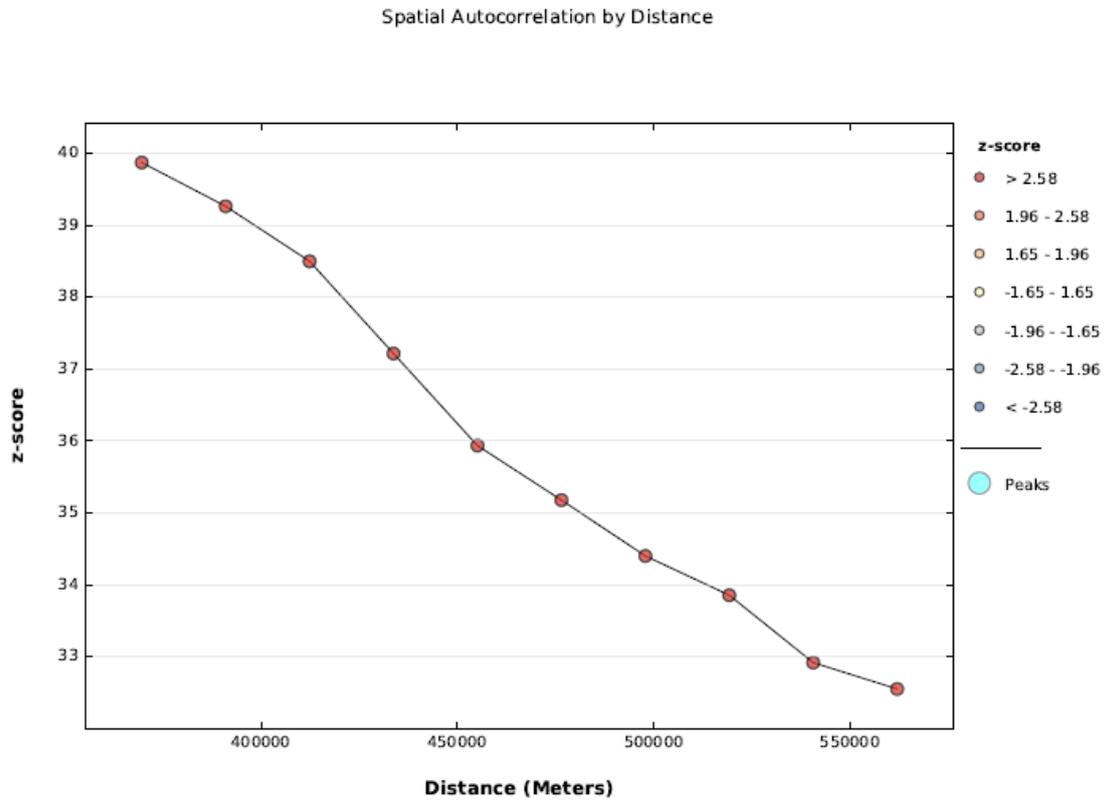


Figura 23: Distância de Autocorrelação Espacial para óbitos dos acidentes Crotáticos (maior Z de correlação em 369580,00 m).

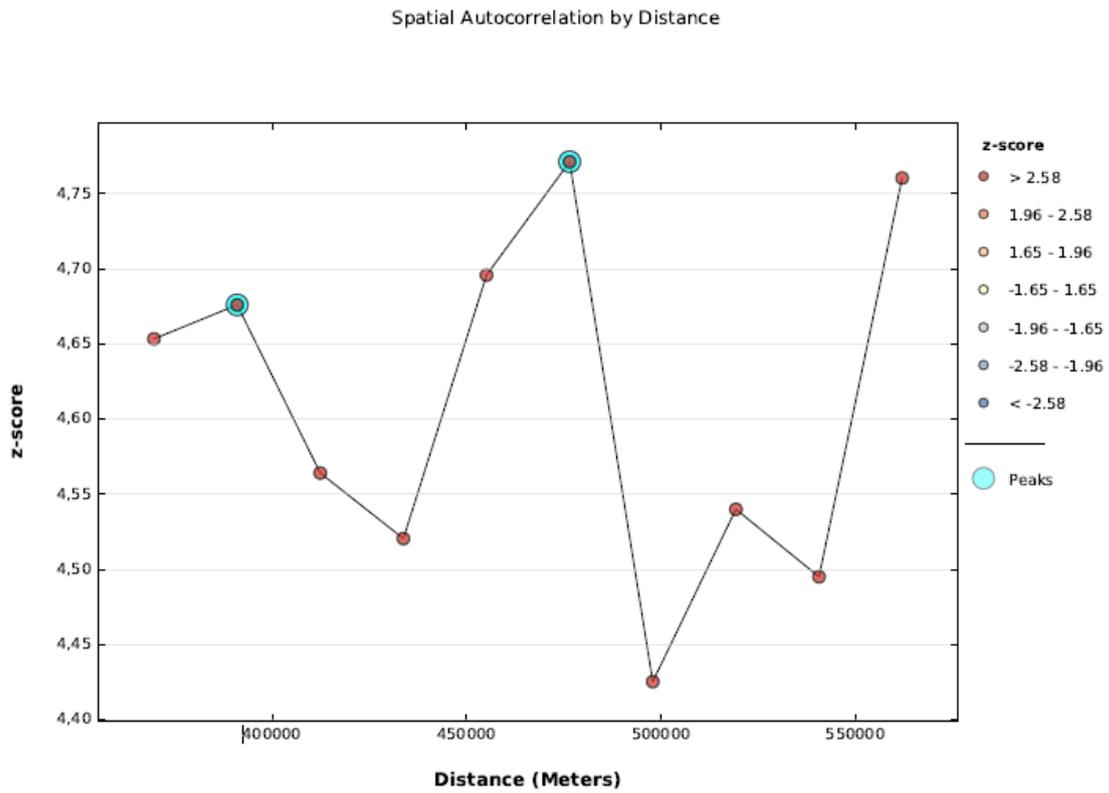


Figura 24: Distância de Autocorrelação Espacial para a letalidade dos acidentes Crotálicos (pico de correlação em 390952,29 m).

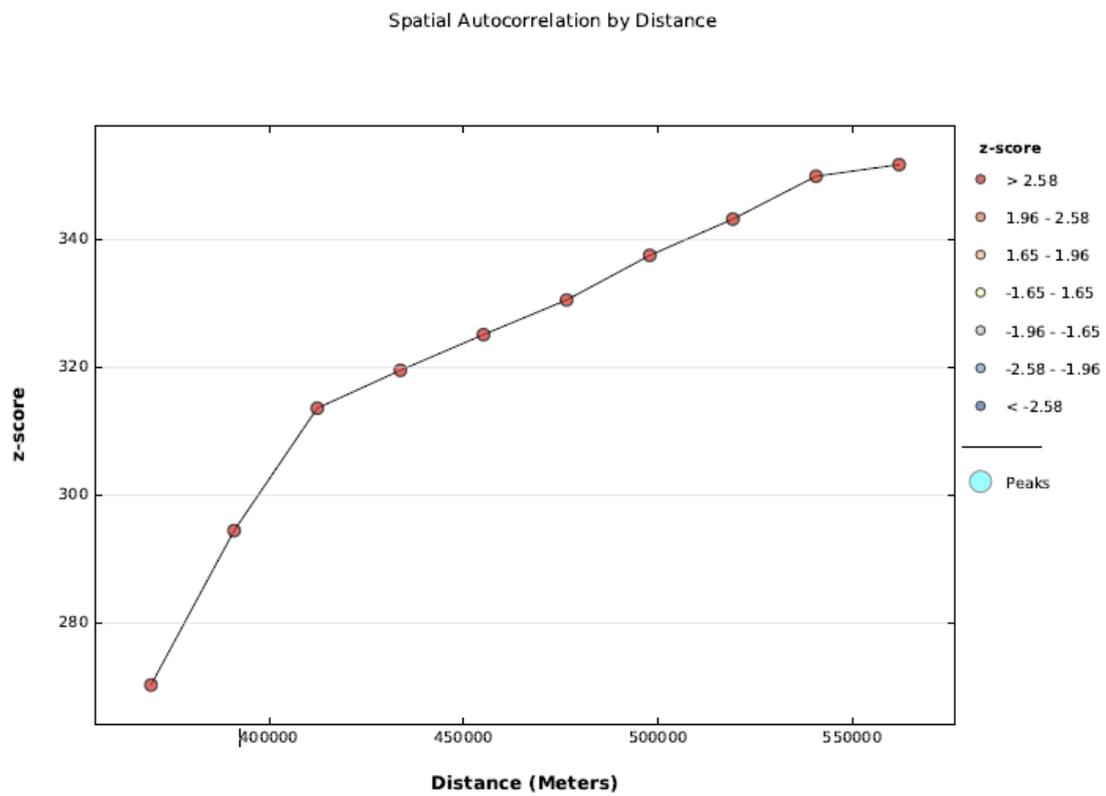


Figura 25: Distância de Autocorrelação Espacial para a incidência dos acidentes Laquéticos (maior valor de Z em 561930,63 m).

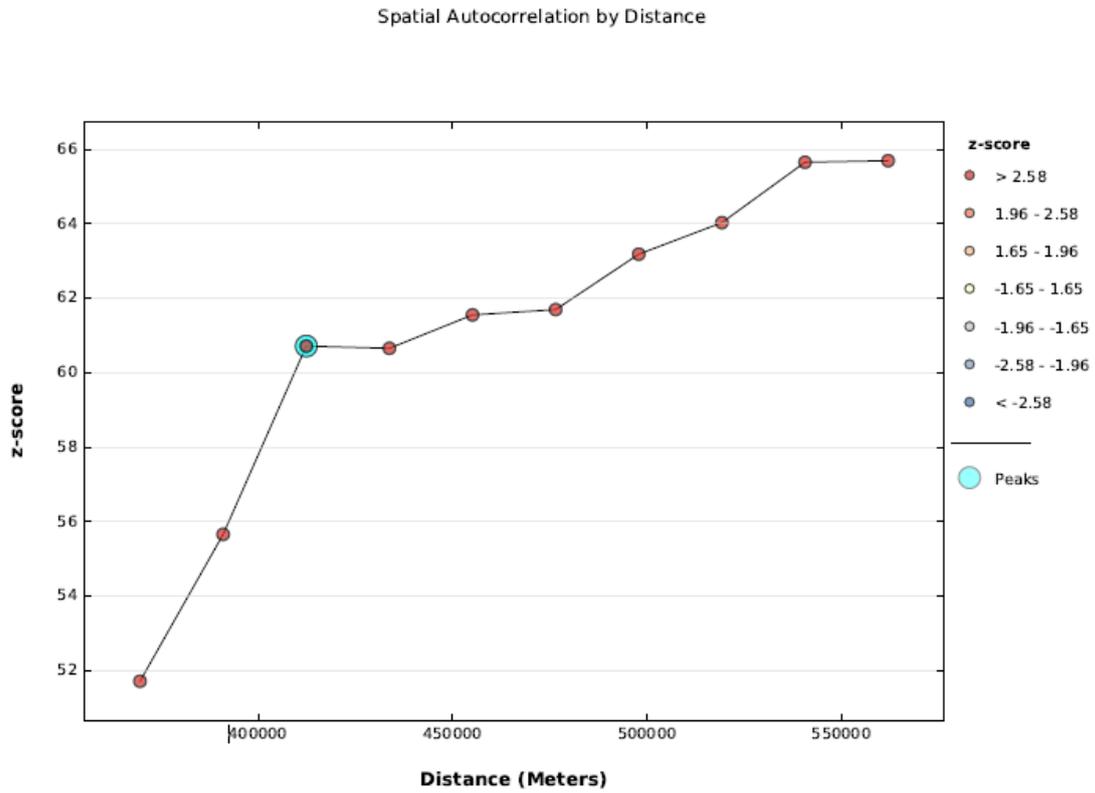


Figura 26: Distância de Autocorrelação Espacial para a incidência dos acidentes Laquéticos (pico de correlação em 412324,59 m).

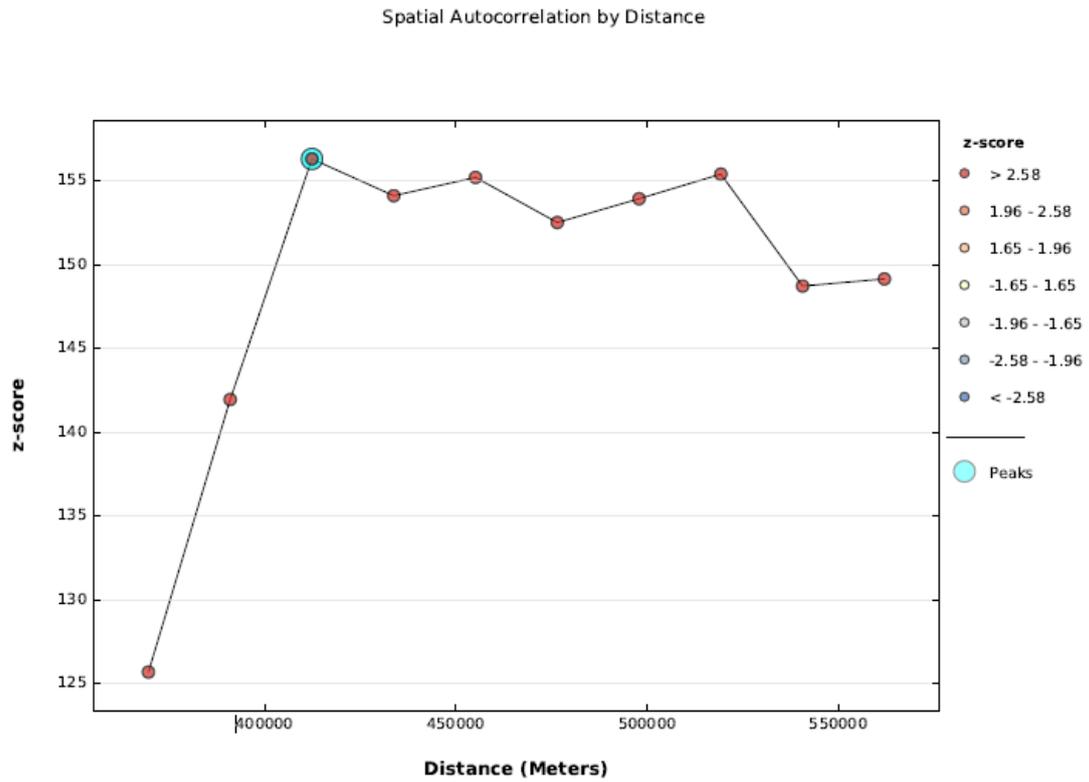


Figura 27: Distância de Autocorrelação Espacial para óbitos dos acidentes Laquéticos (maior Z de correlação em 412324,59 m).

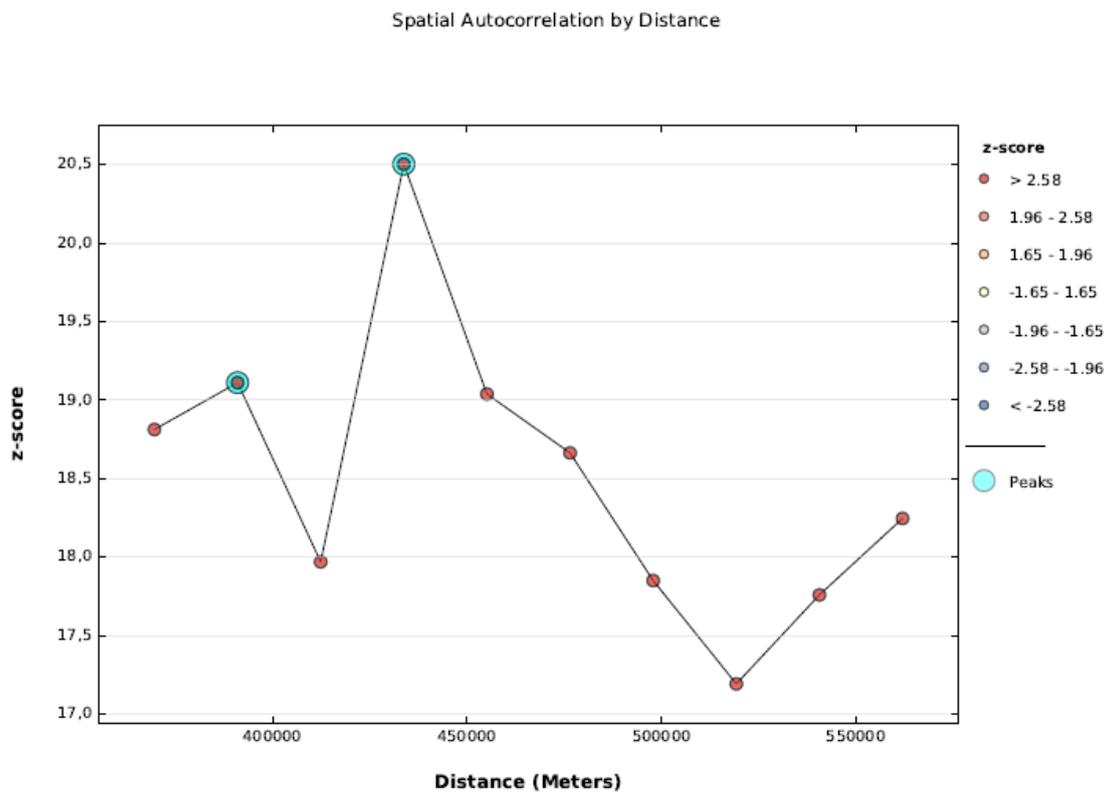


Figura 28: Distância de Autocorrelação Espacial para a letalidade dos acidentes Crotáticos (pico de correlação em 433696,88 m).

A partir dos picos de autocorrelação foram decididas as distâncias iniciais dos modelos de autocorrelação espacial, então determinados qual o tipo de relacionamento espacial e distância são capazes de descrever com maior probabilidade os tipos de agrupamentos através de testes de distanciamento, se pelo inverso da distância ou pelo inverso da distância ao quadrado (Tabelas 5 e 6 do material suplementar).

A partir da adoção do Índice de Moran e o Inverso da Distância como cálculo de distanciamento entre os pontos, geramos os *clusters* de agrupamentos espaciais, com a distância de início definida pelos picos de correlação ou com a indicação do maior valor de Z e, então, foram executadas 500 simulações. A apresentação espacial gerada nessas ferramentas resultam na tipologia de 4 agrupamentos distintos: *High-High*, *Low-Low*, *High-Low*, *Low-High*.

Os agrupamentos *High High (HH)* consistem em agrupamento de valores altos próximos de outros valores também altos e, podem ser considerado *HotSpots*, já os agrupamentos *Low-Low (LL)* são valores baixos próximos de outros valores baixos, sendo considerados *ColdSpots*. Os *Outliers* são os grupos *High-Low (HL)* e *Low-High (LH)*, que consistem, respectivamente, em valores altos que não se agrupam, uma vez que estão em meio a valores baixos e valores baixos que estão no meio de valores altos, os municípios considerados não significativos, não se enquadraram nos agrupamentos, pois apresentam valores variados assim como os valores dos municípios próximos.

Resultados

Extensão de Ocorrência

Para *Crotalus durissus* foram compilados 3.620 registros de ocorrência: GBIF (n = 721); Specieslink (n = 955); MBML (n = 2); UNICAMP (n = 33); MPEG (n = 35); MZUSP (n = 141); MHNCI (n = 123); Gabriela Guerra (n = 1610), sendo que ao final da compilação e filtragem, o banco de dados para esta espécie totalizou 2.134 pontos de ocorrência em toda a América do Sul e 1.939 pontos de ocorrência no Brasil. Assim, de acordo com os dados levantados, *Crotalus durissus* ocorre na maioria dos estados brasileiros, excetuando os estados do Acre e do Espírito Santo (Figura 29).

Para *Lachesis muta* foram compilados 330 registros de ocorrência: UNICAMP (n = 1), MBML (n = 3), MPEG (n = 51), MZUSP (n = 25), MHNCI (n = 1), MNRJ (n = 8), IB (n = 113), UFAC (n = 2), Specieslink (n = 128), que após a filtragem, totalizou 279 registros em seu banco de dados para a América do Sul, sendo 235 registros em território brasileiro. *Lachesis muta* ocorre em áreas florestadas em regiões tropicais (Bernarde 2011), sendo que pelos dados levantados esta espécie ocorre desde a região Norte à Sudeste, estando ausente na região Sul do país (Figura 30).

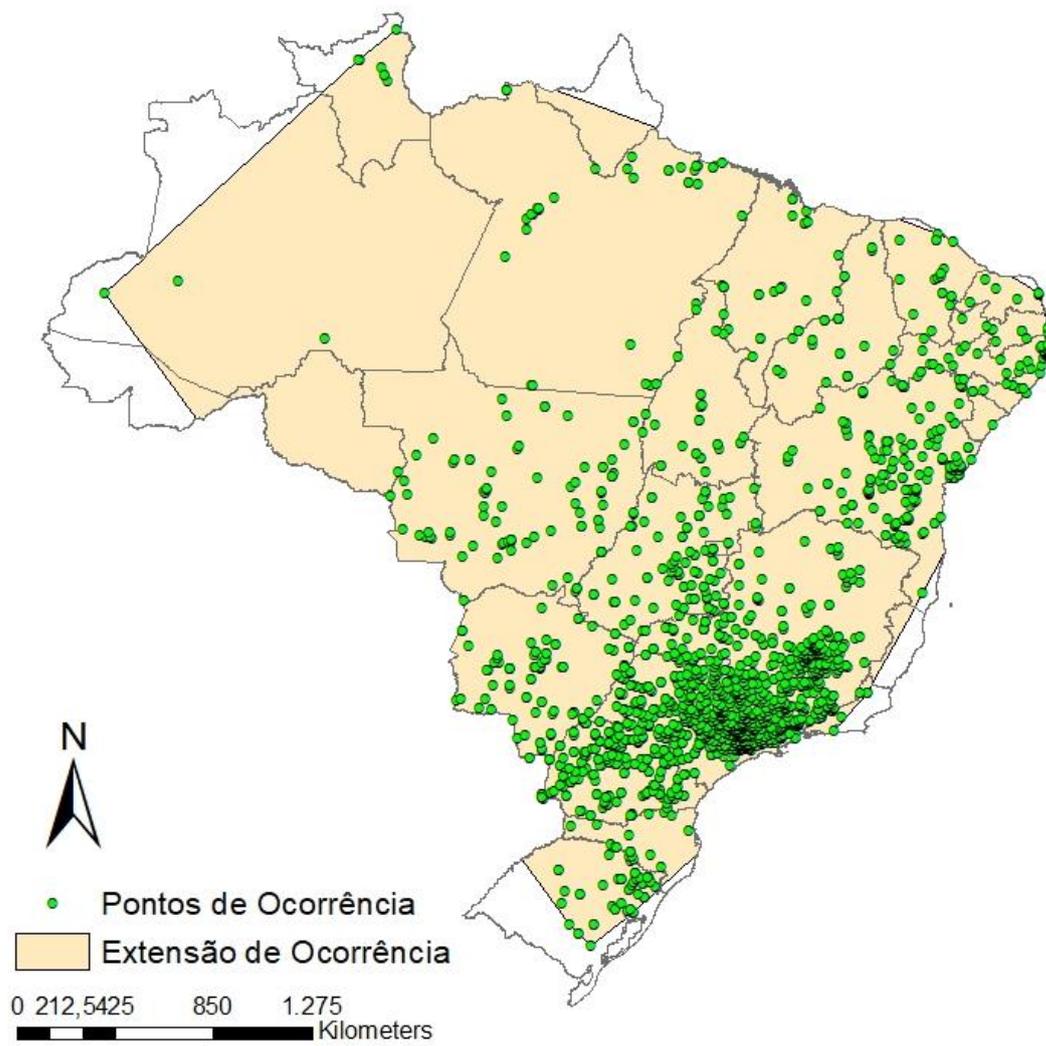


Figura 29 : Extensão de ocorrência de *Crotalus durissus*.

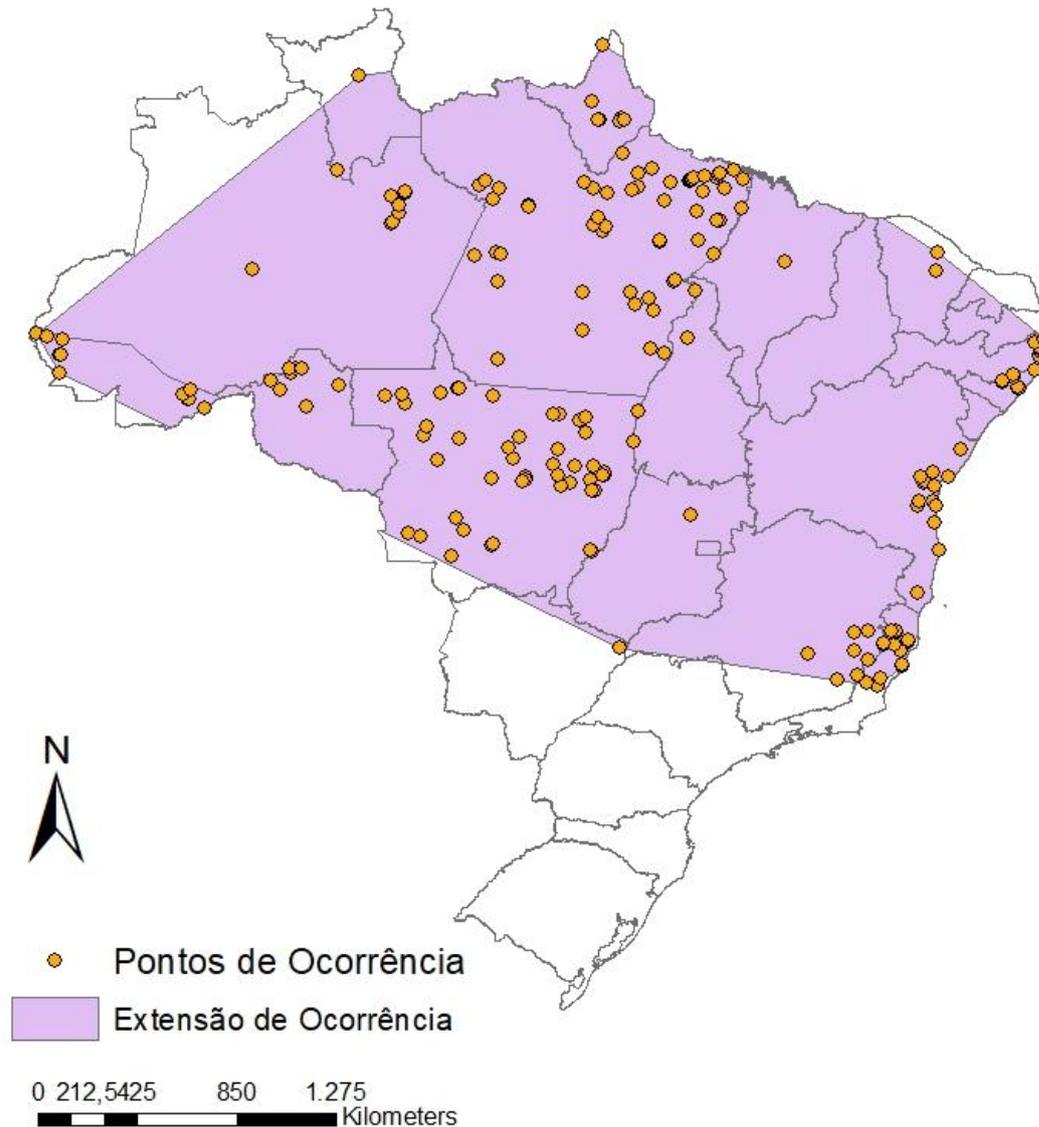


Figura 30: Extensão de ocorrência de *Lachesis muta*.

Autocorrelação Espacial

A partir dos mapas de Autocorrelação Espacial, que consideraram o total de acidentes, a incidência, o total de óbitos e a letalidade dos dois tipos de acidentes ofídicos nos municípios brasileiros, foi possível observar se havia ou não algum tipo de agrupamento espacial e, posteriormente, mapear os diferentes tipos de agrupamentos.

Os *Hotspots* dos acidentes crotálicos ocorrem na maior parte do estado de Roraima e ao longo do oeste das regiões Nordeste e Sudeste e leste e sudeste da região Centro-

Oeste, já os *Coldspots* ocorrem na região amazônica, na porção leste do país e na região Sul (Figura 31a).

No Mapa de Incidência (Figura 31b), o estado de Roraima como um todo é considerado um *Hotspot* e a região central do mapa sofreu um aumento de agrupamentos de *Hotspots*, incluindo também o sul do estado do Mato Grosso, os *Coldspots* também se intensificaram na região amazônica e na porção leste do país, com um incremento na região Norte, já na região Sul houve uma diminuição tanto dos *Coldspots* como dos *Outliers*.

Para o total de óbitos de acidentes crotálicos (Figura 32a) identificou-se como *Hotspots* o norte do estado de Roraima e o oeste da região Nordeste e os *Coldspots* ocorreram na região Sul e em parte de todos os estados da região Sudeste, além do norte da região Nordeste. A letalidade dos acidentes Crotálicos (Figura 32b) seguiu o padrão anterior, onde a concentração de *Hotspots* está no Nordeste e a concentração de *Coldspots*, no Sul.

Os acidentes laquéticos (Figura 33a) apresentaram *Hotspots* concentrados na região Norte e *Coldspots* concentrados nas regiões Nordeste, Sudeste, Sul e parte da Centro-Oeste, apresentando um padrão de agrupamento bastante similar pela incidência média dos acidentes laquéticos (Figura 33b).

Os óbitos provenientes de acidentes laquéticos (Figura 34a) foram agrupados em *Hotspots* na região Norte, nos estados do Acre, Amazonas e Pará e de forma bastante restrita no estado do Mato Grosso, já os *Coldspots* ocorreram de modo mais extensivo no leste do país, desde a região Nordeste até a região Sul. A letalidade média mostrou padrão similar (Figura 34b), porém um pouco mais concentrada nos estados do Acre e Amazonas, com algumas aglomerações de *Hotspots* no Pará e Mato Grosso. Há uma retração das áreas de *Coldspots* do sul de Pernambuco ao norte do Rio de Janeiro, mas sem deslocamento, assim, os *Coldspots* de letalidade ficaram concentrados no leste do Brasil.

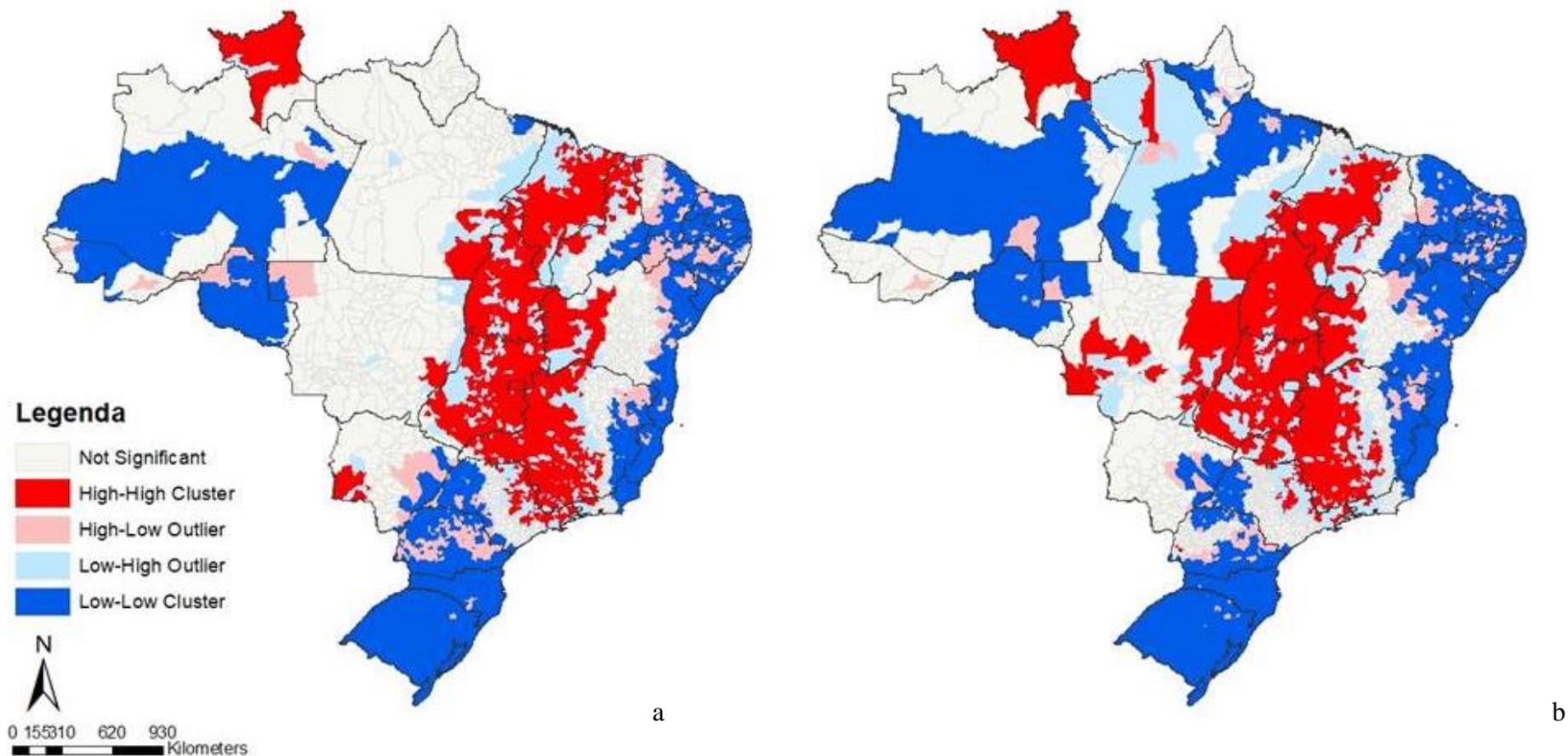


Figura 31: *Clusters* espaciais e *outliers* para o total de acidentes crotáticos (a) e para a incidência média dos acidentes crotáticos (b) resultantes da análise de agrupamento de dados atípicos com o Índice de Moran Local.

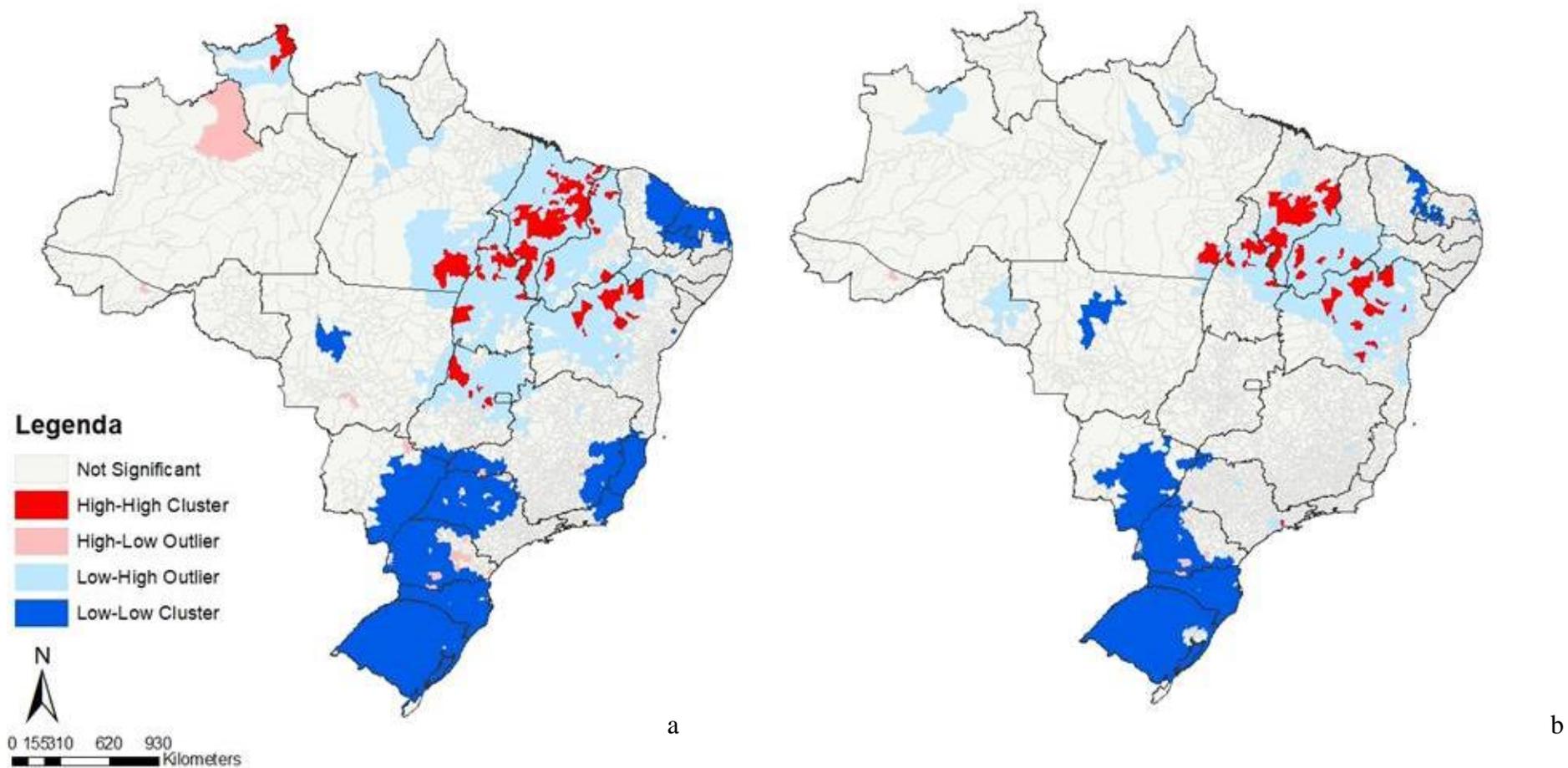


Figura 32: *Clusters* espaciais e *outliers* para o total de óbitos por acidentes crotálicos (a) e para a letalidade média dos óbitos por acidentes crotálicos (b) resultantes da análise de agrupamento de dados atípicos com o Índice de Moran Local.

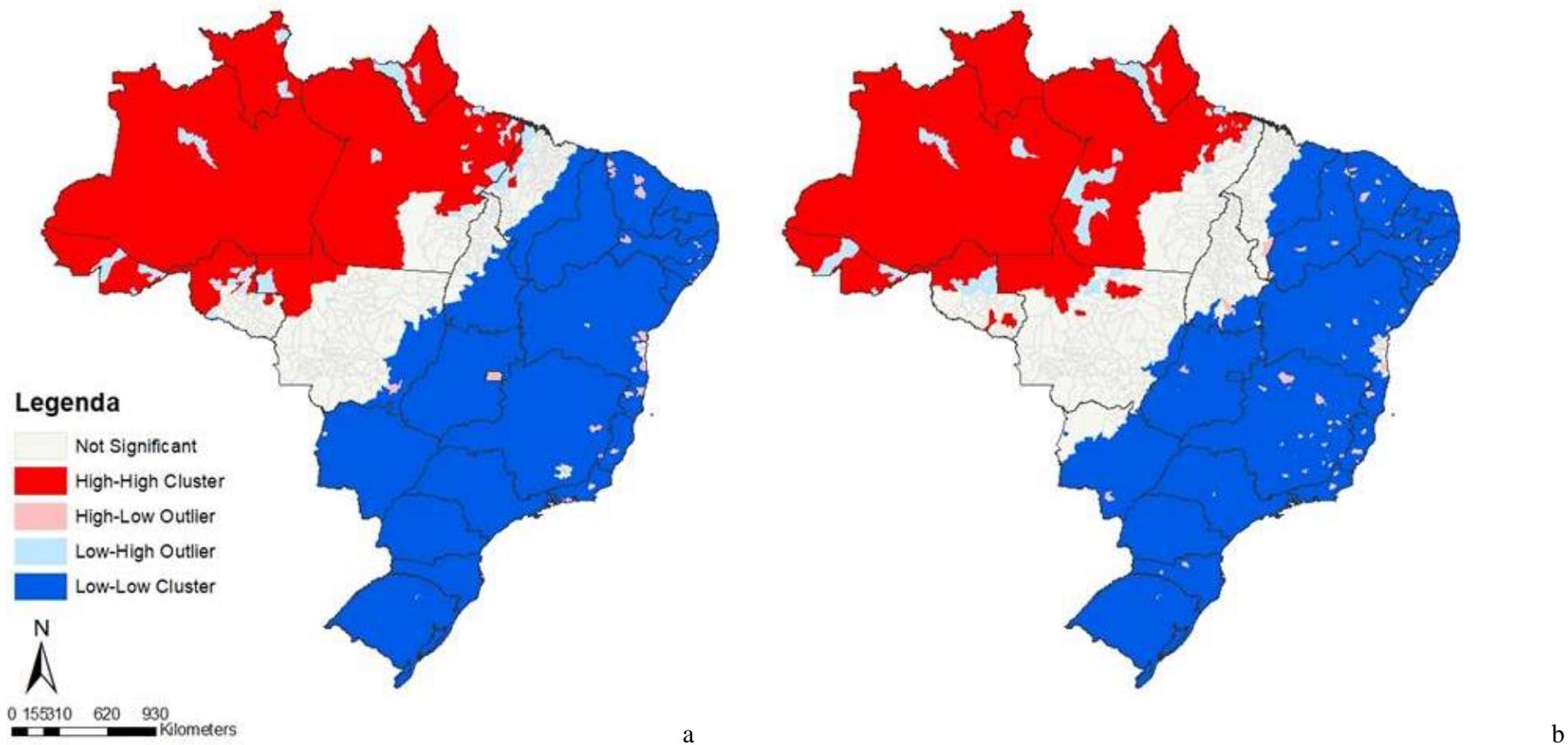


Figura 33: *Clusters* espaciais e *outliers* para o total de acidentes laquéticos (a) e para a incidência média dos acidentes laquéticos (b) resultantes da análise de agrupamento de dados atípicos com o Índice de Moran Local.

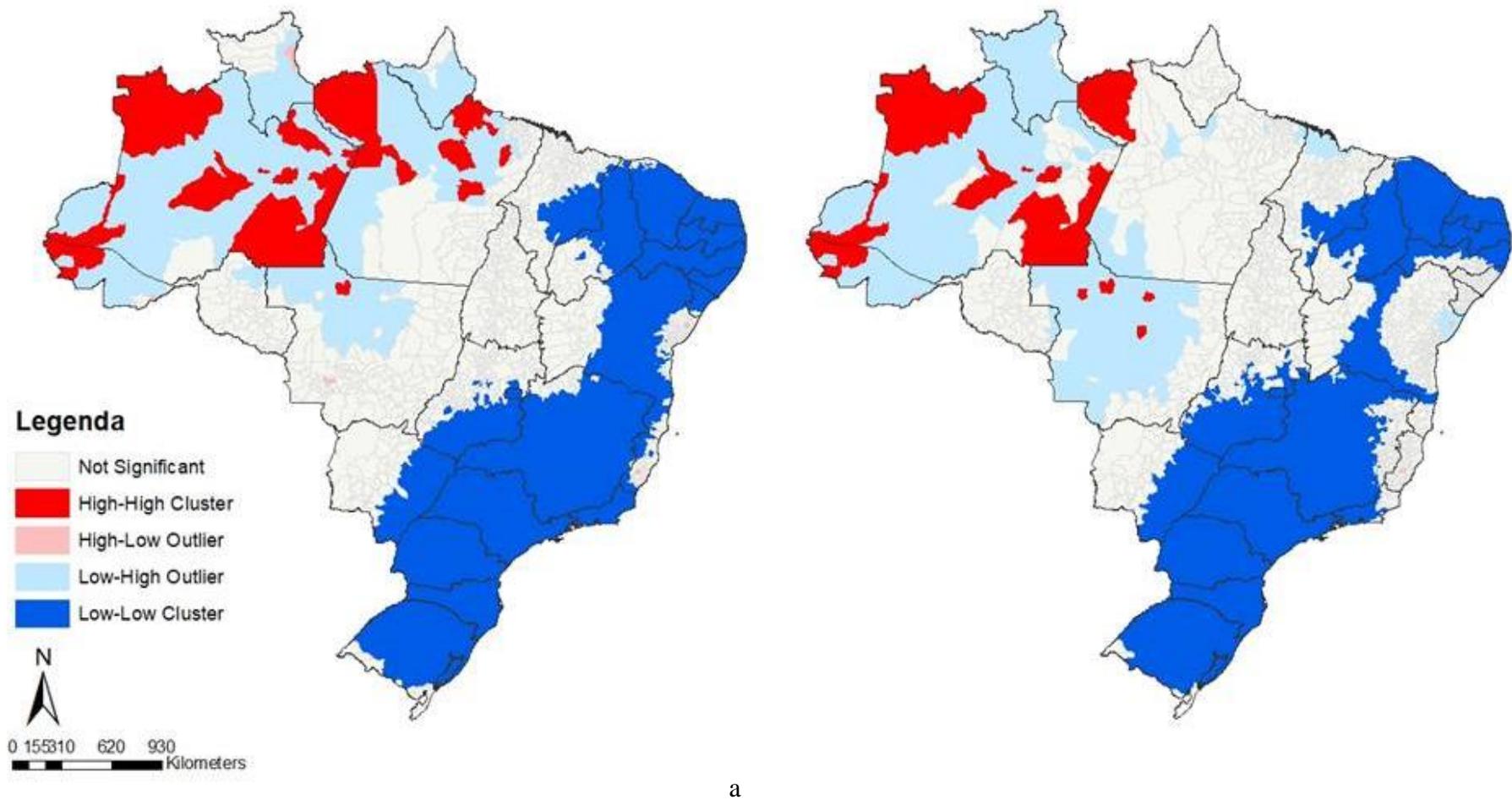


Figura 34: *Clusters* espaciais e *outliers* para o total de óbitos por acidentes laquéticos (a) e para a letalidade média dos óbitos por acidentes laquéticos (b) resultantes da análise de agrupamento de dados atípicos com o Índice de Moran Local.

Discussão

De acordo com a distribuição dos pontos de ocorrência, podemos identificar um viés amostral para *Crotalus durrisus*, com um acúmulo de registros nas regiões Sudeste e Sul, estas regiões apresentam maiores índices de escolaridade e de urbanização (IBGE 2010), bem como maior número de instituições de pesquisa. Existe uma dependência de certas variáveis urbano-espaciais para o desenvolvimento de atividades científicas (Albuquerque *et al.* 2002), assim, áreas de mais fácil acesso ou com maior número de estudos ou de pesquisadores tendem a ser mais amostrados que outros lugares (Reedy & Dávalos 2003; ver material suplementar).

As concentrações de acidentes laquéticos no norte do país confluem-se com o tipo de habitat dessa serpente, habitante de florestas equatoriais e tropicais, o que favorece a maior frequência de acidentes nos municípios que estão inseridos na região amazônica (ver material suplementar; Bochner *et al.* 2014). As áreas com concentrações dos acidentes crotálicos correspondem à distribuição dos ambientes abertos no país, principalmente o Cerrado (Barreto *et al.* 2010) e expansões agrícolas, o que também demonstra uma convergência com o tipo de habitat preferido da espécie (ver material suplementar; Brasil 2001).

O trabalho rural confere alto grau de exposição ao trabalhador (Debres *et al.* 2014), dos sete estados onde temos agrupamentos de *Hotspots* de incidência dos acidentes laquéticos, seis possuem a porcentagem da população rural maiores que a média nacional (Atlas Brasil 2013), sendo estes: Pará, Acre, Rondônia, Roraima, Amazonas e Mato Grosso. Para os agrupamentos de *Hotspots* de incidência dos acidentes crotálicos essa máxima se repete em sete das 11 unidades federativas: Maranhão, com a maior porcentagem de população rural, seguido do Piauí, Pará, Bahia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e Distrito Federal (PNUD, IPEA & FJP 2018), com exceção do estado do Mato Grosso, todos os estados com agrupamentos de *Hotspots* e altas taxas de população rural situam-se nas regiões Norte e Nordeste.

Existe uma forte relação entre pobreza e a mortalidade resultante dos acidentes ofídicos (Harrison *et al.* 2009), de acordo com as figuras 32 e 34, os agrupamentos de óbito e maior vulnerabilidade ao óbito correspondem, em sua maioria, a municípios dos estados do Maranhão, Piauí, Pará, Bahia, Acre, Amazonas, Tocantins, Roraima, estados que se situam nas regiões Norte e Nordeste e apresentam altas taxas de pobreza (PNUD,

IPEA & FJP 2018). Todos os municípios que se agrupam como *Hotspots* na taxa de letalidade dos acidentes laquéticos possuem renda menor que a média nacional (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, Dimensão Renda = 0,739), variando de 0,461 no município de Santa Isabel do Rio Negro a 0,7 no município de Tabatinga, os dois situados no estado do Amazonas (PNUD, IPEA & FJP 2018). A mesma situação é observada nos agrupamentos de letalidade dos acidentes crotálicos, com variações de IDHM_R de 0,452 em Matões (MA) a 0,698 em Jaguari (RS), com exceção de Mogi das Cruzes (SP), que apresenta renda maior que a média brasileira (IDHM_R = 0,762) (PNUD, IPEA & FJP 2018), assim, podemos inferir que existe uma relação direta entre pobreza e o impacto do óbito proveniente dos acidentes ofídicos na população desses municípios, sendo que a grande concentração dos óbitos e das taxas de letalidade na região Norte parece estar relacionada com a demora e dificuldade de acesso ao sistema de saúde (Milani *et al.* 2016).

O estado de Roraima apresenta uma alta vulnerabilidade pelos dados apresentados neste trabalho, figurando como *Hotspot* em cinco dos oito critérios de agrupamentos espaciais analisados (acidentes crotálicos e sua incidência, óbitos crotálicos, laquéticos e sua incidência). Este estado ocupa o primeiro lugar em letalidade quanto a todos os acidentes ofídicos da região Norte (Milani *et al.* 2016) e isso pode ser explicado por ter em seu território a ocorrência de todos os gêneros que participam dos acidentes com envenenamento e por sua população ser composta majoritariamente pelo grupo alvo dos acidentes, trabalhadores rurais (78,08% dos acidentes no Estado; Nascimento 2000). *Crotalus durissus* é a segunda serpente mais frequente nos acidentes (Nascimento 2000) e provavelmente por isso há agrupamentos de *Hotspots* quanto aos óbitos em alguns municípios de Roraima, já *Lachesis muta*, por não apresentar grande densidade populacional nas áreas que habita, ocasiona raros acidentes. No estado ocorre uma espécie de jararaca, *Bothrops atrox* (Nascimento 2000) que é bastante confundida com a surucucu, assim os números quanto aos acidentes podem estar superestimados e a baixa letalidade pode estar associada ao tratamento com soro bivalente (Laquético-Boitropico; Feitosa *et al.* 2015).

Conclusão

A partir dos resultados obtidos no presente capítulo podemos verificar que:

- A análise espacial dos acidentes crotálicos e laquélicos possibilita identificar quais municípios necessitam de mais assistência das autoridades de saúde quanto ao planejamento de recursos para diminuição dos óbitos provenientes destes acidentes, sendo estes pertencentes aos agrupamentos *High-High*.
- Os mapas gerados possibilitam a visualização da abrangência deste agravo através da distribuição da incidência e da letalidade, uma vez que essas taxas estão diretamente ligadas ao tamanho populacional dos municípios.
- A distribuição espacial da incidência e da letalidade está relacionada a fatores socioeconômicos, com variações regionais significativas. Em acidentes laquélicos isso é demonstrado pelas altas concentrações na região Norte (região com alto índice de pobreza e com baixo acesso à saúde) e para os acidentes crotálicos no sul da região Nordeste (outra parte menos favorecida do país que possui grande parte da população em atividades laborais externas).
- Definir geograficamente as áreas onde há risco de envenenamento é primordial para que os tomadores de decisão possam alocar e distribuir os recursos necessários ao tratamento imediato do agravo. Assim, a produção de material visual proporciona limiares para a identificação dessas áreas de intervenção.
- A região Norte e Nordeste são as que necessitam de mais atenção quanto ao agravo, pela elevada concentração de alta letalidade dos acidentes.
- O Estado de Roraima merece maior atenção, uma vez que contém todos os gêneros peçonhentos em seu território, além de apresentar a maior taxa de letalidade para os acidentes ofídicos.

DISCUSSÃO GERAL

Na América Latina, o Brasil apresenta a maior participação quanto às Doenças Tropicais Negligenciadas (Martins-Melo *et al.* 2016), sendo o país onde mais ocorrem acidentes ofídicos do continente, cerca de 27.200 acidentes por ano (Chippaux 2017b). Os acidentes ofídicos, como qualquer outra DTN e todos os seus desdobramentos são questões complexas e que demandam atenção e participação de vários segmentos da sociedade (Gutierrez *et al.* 2010).

A grande vantagem dos acidentes frente a outras DTN (Doenças Tropicais Negligenciadas) é que o protocolo de tratamento já existe (a utilização do soro antiofídico), sendo que falta, principalmente, melhor alocação dos recursos, aumentar a capacitação humana para o recebimento destes casos, conscientizar a população de risco através de educação, disseminar informação sobre o assunto e tornar o tratamento acessível à população afetada (Harrison *et al.* 2009).

O Brasil se destaca positivamente na forma que conduz o suporte de atendimento quanto aos acidentes ofídicos se comparado com outros países tropicais, ou mesmo com os países das Américas (Chippaux 2017b), nosso país distribui para a sua população o soro antiofídico gratuitamente (Harrison *et al.* 2009) além de ser o único que possui um sistema de notificação com um espaço exclusivo para esse tipo de agravo (SINAN; Bochner 2013).

As informações disponíveis no SINAN e em outros sistemas abertos do país fornecem grande e valioso número de dados (Bochner *et al.* 2014) que só precisam ser organizadas e compiladas para que sejam de amplo alcance e para que descrevam a realidade do país sobre os agravos nele notificados, já que estas informações devem ser utilizadas para suporte na administração dos recursos (Bochner *et al.* 2014). O panorama oficial tanto da morbidade quanto da mortalidade dos acidentes ofídicos é considerado subestimado, uma vez que nem todas as vítimas recorrem ou tem acesso ao tratamento pelo sistema de saúde (Vaiyapuri *et al.* 2013), porém apesar da grande possibilidade de subnotificações e muitas vezes erros em algumas regiões do país, o SINAN possui os registros disponíveis que melhor produzem a imagem da realidade brasileira em relação aos envenenamentos (Bochner 2013), assim, é de grande interesse que a notificação continue sendo realizada compulsoriamente para os acidentes ofídicos (Bochner &

Struchiner 2002), uma vez que fornecem subsídios para a avaliação, análise e investigação dos acidentes para a melhor gestão das autoridades de saúde (Chippaux 2017b).

Como demonstrado anteriormente, alguns fatores aumentam as chances de ocorrência dos acidentes e, em alguns casos, à maiores probabilidades de óbito por esse agravamento, são estes fatores: Atividade laboral rural, pobreza e grupo etário produtivo economicamente. O trabalho rural é uma atividade de alto risco para o ofidismo (Hansson *et al.* 2010; Yañez-Arenas *et al.* 2014), sendo que cerca de 85 a 90% dos acidentes ofídicos são acidentes ocupacionais em áreas de agropecuária (Otero-Patiño 2009; Yañez-Arenas *et al.* 2014), assim, hoje estes acidentes podem ser considerados tanto uma doença ambiental e/ou ocupacional (Gutiérrez *et al.* 2010). Estes acidentes podem ser evitados, principalmente os que acontecem com trabalhadores rurais, uma vez que se faz necessário o uso de EPIs nesta ocupação, logo, o não uso de equipamento de proteção pessoal aumenta as chances de ocorrer o envenenamento quando há o encontro entre homem e serpente (Moreno *et al.* 2005), assim, mesmo com a expansão das fronteiras agrícolas o risco proveniente da exposição do trabalhador rural pode ser diminuído.

A pobreza é frequentemente associada ao envenenamento por serpentes, onde países mais pobres sofrem mais com essa questão (Hansson *et al.* 2010; Harisson *et al.* 2009), sendo que o Brasil possui 75,5 % da sua população rural em condições de pobreza (Leite & Ávila 2007). As áreas rurais das regiões Norte e Nordeste apresentam as maiores concentrações de pessoas nessas condições no país, 38,1% e 59,7%, respectivamente (Monteiro 2003), podemos então observar que a junção desses dois fatores, pobreza e população rural, são fatores associados tanto aos acidentes como à sua abrangência e evolução.

Em concordância com a literatura (Ediriweera *et al.* 2016), os acidentes crotálicos e laquélicos afetam principalmente os homens e, tanto para homens e mulheres, a idade produtiva é a mais suscetível a se acidentar, assim, reafirmamos a forte ligação entre os acidentes ofídicos e a atividade econômica exercida em regiões pobres (Feitosa *et al.* 2015).

Para melhor entendimento de como esses fatores se desdobram na população atingida se faz necessário o conhecimento da epidemiologia, taxas de incidência e

letalidade, distribuição geográfica dos acidentes ofídicos (Chippaux 2017) para que se faça a adequação e atuação eficaz do sistema de saúde no combate à morbidade e à mortalidade por esse agravo. A ferramenta sugerida neste trabalho para visualização desses dados foi o SIG. A utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na manipulação das informações presentes em banco de dados permite o mapeamento de agravos, assim como contribui significativamente com a análise de risco e com a identificação das áreas mais vulneráveis de ocorrência desses agravos (Skaba *et al.*, 2004; Barbosa *et al.*, 2015). A análise da distribuição espacial tanto dos acidentes quanto das respectivas incidências proporciona informação quanto às diferenças geográficas e regionais da acessibilidade e uso dos serviços de saúde para o tratamento dos envenenamentos (Hansson *et al.* 2010), porém, existe um grande histórico de subnotificação para esse tipo de agravo (Ediriweera *et al.* 2016) e isto também deve ser levado em consideração ao analisar os mapas gerados.

Sendo assim, é necessário conhecer as peculiaridades do Brasil, através de pesquisas em diferentes escalas espaciais, em nível nacional, como esta, e em níveis regionais e locais (Bochner 2013) para que as necessidades de cada município e estado possam ser atendidas pelo sistema de saúde.

PERSPECTIVAS FUTURAS

A partir do exposto neste estudo identificamos que o conhecimento sobre a epidemiologia dos acidentes, suas taxas de incidência e letalidade e suas distribuições e os padrões de distribuição de serpentes peçonhentas torna-se essencial para o tratamento adequado dos acidentes ofídicos, de forma que qualquer potencial mudança de algum destes itens confere total preocupação para o tratamento deste agravo. A mudança da distribuição destas espécies mudaria a forma como o soro específico é distribuído atualmente como também as possíveis áreas de risco onde demandariam maior atenção do poder público, como as mudanças climáticas, cujas projeções, podem afetar de modo substantivo os padrões de distribuição da biodiversidade (Thomas *et al.* 2004), razão pela qual há um consenso crescente de que as decisões de manejo devem ser tomadas à luz desse fenômeno.

As mudanças climáticas já fazem parte da nossa realidade e esquivar-se de seus efeitos é improvável (IPCC 2013). Efetivamente, há comprovação de que as mudanças climáticas ocorridas no século XX já resultaram em vários impactos sobre a biodiversidade, relacionados principalmente a alterações na fenologia e na distribuição geográfica das espécies (Parmesan 2006, Vale *et al.* 2009, Hannah 2011). Estas mudanças constituem uma das maiores ameaças globais à biodiversidade, sendo especialmente nocivas por serem onipresentes, com impactos inclusive em áreas pristinas (Dawson *et al.* 2011, Bellard *et al.* 2012, Moritz & Agudo 2013).

Atualmente, os Modelos de Nicho Ecológico - MNEs (*Ecologic Niche Models - ENMs*) / Modelos de Distribuição de Espécies - MDEs (*Species Distribution Models - SDMs*) representam a abordagem mais utilizada para reconhecer mudanças na adequabilidade ambiental e avaliar a exposição e extensão de respostas biológicas às mudanças climáticas (Peterson *et al.* 2011), estes modelos constituem uma abordagem correlativa que relaciona a ocorrência atual da espécie a variáveis climáticas e define o seu nicho climático, viabilizando projetá-lo em diferentes cenários e, dessa forma, apontar a distribuição potencial do espaço climático adequado para a espécie no futuro (Bellard *et al.* 2012). Estes modelos correlativos assumem que a distribuição geográfica das espécies é resultado de seus requerimentos ambientais (isto é, a dimensão abiótica do seu nicho ecológico; Soberón 2007, Soberón & Nakamura 2009, Colwell & Rangel 2009,

Peterson *et al.* 2011) e indicam quais regiões possuem dimensões ambientais semelhantes às encontradas nos locais onde a espécie foi observada (Franklin 2010).

Caso haja relação entre adequabilidade ambiental para as serpentes e a ocorrência dos acidentes ofídicos no presente, as mudanças climáticas futuras poderão ter impactos não apenas sobre as espécies, mas também na economia e na saúde pública, assim, o próximo passo a ser dado com as informações obtidas para este estudo será a projeção dessas correlações para o futuro, dando uma perspectiva de como as demandas de tratamento e controle deste agravo se darão em um futuro próximo.

Referências bibliográficas

- ALBUQUERQUE, E.M.; SIMÕES, R.; BAESSA, A.; SILVA, L. A Distribuição Espacial da Produção Científica e Tecnológica Brasileira: uma Descrição de Estatísticas de Produção Local de Patentes de Artigos Científicos. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 1, n. 2, p. 225-251, 2002.
- AZEVEDO-MARQUES, M.M.; CUPO, P.; HERING, S.E. Acidentes Por Animais Peçonhentos: Serpentes Peçonhentas. **Medicina, Ribeirão Preto**, v.36, p. 480-489, 2003.
- BAGCCHI, S. Experts Call for Snakebite to be Re-established as a Neglected Tropical Disease. **Bmj**, v. 5313, n. October, p. 5313, 2015.
- BARBOSA, I. R.; MEDEIROS, W. R. Distribuição espacial dos acidentes por animais peçonhentos no estado 1 do rio grande do norte-brasil no período de 2001-2010. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 16, n. 53, p. 55–64, 2015.
- BARD, R.; LIMA, J.C.R.; SA NETO, R.P.; OLIVEIRA, S.G.; SANTOS, M.C. Ineficácia do Antiveneno Botrópico na Neutralização da Atividade Coagulante do Veneno de *Lachesis muta muta*. Relato de caso e Comprovação Experimental. **Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo**, v. 36, n.1, p. 77-81, 1994.
- BARRETO, B.B.; SANTOS, P.L.C.; MARTINS, F.J.; BARBOSA, N.R.; RIBEIRO, L.C.; LEITE, I.C.G.; VIEIRA, R.C.P.A. Perfil Epidemiológico dos Acidentes Ofídicos no Município de Juiz de Fora - MG no Período de 2002-2007. **Rev. APS, Juiz de Fora**, v. 13, n.2, p. 190-195, 2010.
- BASTOS, E.G.M.; ARAÚJO, A.F.B.; SILVA, H.R. 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, 2005.
- BELLARD, C. *et al.* Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecol. Lett.**, v. 15, p. 365-377, 2012.
- BERNARDE, P.S. Changes in the Brazilian Poisonous Snake Classification and their Implications in the Medical Literature. **Gaz, méd, Bahia**, v. 81, n. 1, p. 55-63, 2011.
- BERNARDE, P.S.; GOMES, J.O. Serpentes peçonhentas e ofidismo em Cruzeiro do Sul, Alto Juruá, Estado do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 65-72, 2012.
- BÉRNILS, R. S. & COSTA, H. C. Répteis brasileiros – Lista de espécies 2015. **Herpetologia Brasileira**, v. 4, n. 3, 2015.
- BOCHNER, R.; STRUCHINER, C. J. Acidentes por animais peçonhentos e sistemas nacionais de informação. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, n. 3, p. 735–746, 2002.
- BOCHNER, R.; STRUCHINER, C.J. Epidemiologia dos acidentes ofídicos nos últimos 100 anos no Brasil: uma revisão. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 1, p. 7-16, 2003.
- BOCHNER, R. **Acidentes por Animais Peçonhentos: Aspectos Históricos, Epidemiológicos, Ambientais e Socioeconômicos**. 2003. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.
- BOCHNER, R. The international view of envenoming in Brazil: myths and realities. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, 19:29, 2013.
- BOCHNER, R.; FISZON, J.T.; MACHADO, C. A profile of Snake Bites in Brazil, 2001 to 2012. **J. CLin Toxicol**, v. 4, n. 3, 2014.

- BORGES, C.C.; SADAHIRO, M.; SANTOS, M.C. Epidemiological and clinical aspects of snake accidents in the municipalities of the State of Amazonas, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 32, n. 6, p. 637-646, 1999.
- BRASIL. **Portaria nº 3.06 de 12 de abril de 1988**. Ministério do Trabalho e Emprego. NRR 4 – Norma Regulamentadora Rural.
- BRASIL. Guia de Vigilância Epidemiológica. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília, Ministério da Saúde. 1998.
- BRASIL. Manual de Diagnóstico e Tratamento de Acidentes por Animais Peçonhentos. **Fundação Nacional de Saúde**. Brasília, Ministério da Saúde. 2001.
- BRASIL. **Sistema de Informação de Agravos de Notificação- Sinan: normas e rotinas**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. 2. ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007.
- BRASIL. Política nacional de atenção integral à saúde do homem. **Secretaria de Atenção à Saúde**. Brasília, Ministério da Saúde. 2008.
- BRASIL. Guia de Vigilância Epidemiológica. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília, Ministério da Saúde. 2009
- BRASIL. Guia de Vigilância Epidemiológica. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília, Ministério da Saúde. 2010.
- BRASIL. Indicadores e Dados Básicos – IDB. **Rede Interagencial de Informação para a Saúde (RIPSA)**. Brasília, Ministério da Saúde. 2012
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do Censo 2010 publicados no Diário Oficial da União do dia 04 de novembro de 2010. **IBGE**, Brasília. Disponível em : <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acessado em 15 de dezembro de 2017.
- BRAZIL, V. A defesa contra o ophidismo: um verdadeiro descortino para o Brasil da época. In **A defesa contra o ophidismo: 100 anos depois: comentários**. Niterói, Instituto Vital Brazil, p. 41-46, 2011.
- CAMPBELL, J.J.; LAMMAR, W.W. The Venomous Reptiles of Latin America. Cornell University Press, New York, 425p. 1989.
- CAMPBELL, J.A.; LAMMAR, W.W. The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere. **Comstock Publishing Associates**, Ithaca and London. 1032pp. ISBN-13: 978-0801441417. 2004.
- CARDOSO, C.F.L.; SOARES, M.A. Animais Peçonhentos do Município de Mangaratiba, RJ. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v. 16, n. 16, p. 25-40, 2013.
- CHAVES, L.F.; CHUANG, T.W; SASA, M.; GUITIÉRREZ, J.M. Snakebites are associated with poverty, weather fluctuations, and El Niño. **Sci. Adv.** 1, e1500249, 2015.
- CHIPPAUX, J. P. Snake-bites: Appraisal of the global situation. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 76, n. 5, p. 515–524, 1998.
- CHIPPAUX, J. P. Estimating the global burden of snakebite can help to improve management. **PLoS Medicine**, v. 5, n. 11, p. e221, 2008.
- CHIPPAUX, J. P. 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, 2011.
- CHIPPAUX, J. P. 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. 2015.

- CHIPPAUX, J. P. Snakebite envenomation turns again into a neglected tropical disease! **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 23, n. 1, p. 38, 2017a.
- CHIPPAUX, J. P. Incidence and mortality due to snakebite in the Americas. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 11, n. 6:e0005662, 2017b.
- COLWELL, R.; RANGEL, T. F. Hutchinson's duality: The once and future niche. **PNAS**, n. 106, p. 19651-19658, 2009.
- CUNHA, O.R.; NASCIMENTO, F.P. Ofídios da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, n. 83, 1975.
- DAVIS JUNIOR, C. **Gis: Dos Conceitos Básicos ao Estado da Arte**. In: Anuário Fator GIS 97, C1-C4, Editora Sagres, 1997.
- DAWSON T.P. *et al.* Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. **Science**, v. 332, p. 53-58, 2011.
- DREBES, L.M.; SCHERER, C.B.; GONÇALVES, J.R.; DÖRR, A.C. Acidentes típicos do trabalho rural: um estudo a partir dos registros do hospital universitário de Santa Maria, RS, Brasil. **REMOA**, v. 13, n. 4, p. 3467-3476, 2014.
- EDIRIWEERA, D. S.; KASTURIRATNE, A.; PATHMESWARAN, A.; et al. Mapping the Risk of Snakebite in Sri Lanka - A National Survey with Geospatial Analysis. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, 10(7): e0004813, 2016.
- FEITOSA, R.F.G.; MELO, I.M.L.A.; MONTEIRO, H.S.A. Epidemiologia dos Acidentes por Serpentes Peçonhentas no Estado do Ceará – Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 30, n. 4, 1997.
- FEITOSA, E.L.; SAMPAIO, V.S.; SALINAS, J.L.; QUEIROZ, A.M.; da SILVA, I.M.; GOMES, A.A.; et al. 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**, v. 10, n. 7: e0132237. doi:10.1371/journal.pone.0132237 2015.
- FERNANDES, D.S.; FRANCO, F.L.; FERNANDES, R. Systematic Revision of the genus *Lachesis* Daudin, 1803 (Serpentes, Viperidae). **Herpetologica**, v. 60, n. 2, p. 245-260, 2004. GONÇALVEZ, A. Problema de Saúde Pública: caracterizando e avaliando aplicações. **Rev. Bras. Epidemiol**, v. 9, n. 2, p. 251-6, 2006.
- FRANKLIN, J. *Mapping Species Distributions: Spatial inference and prediction*. Cambridge, UK, Cambridge Univ. Press. 320 pp. 2010.
- GORDIS, L. **Epidemiology**. 4.ed. Philadelphia: Saunders, 2008.
- GOUVEIA, D.S.S; BIGNELLI, A.T.; OAZONO, S.R.; *et al.* Análise do impacto econômico entre as modalidades de terapia renal substitutiva. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 39, n. 2, p. 162-171, 2017.
- GRACIANO, S.A., COELHO, M.J., TEIXEIRA, A.O., SILVA, J.C.S., PEREIRA, S.R.M., FERNANDES, R.T.P. Perfil epidemiológico dos acidentes ofídicos em homens. **Revista de Enfermagem Referência**, III Série, n. 10, p. 89-98, 2013.
- GUTIÉRREZ, J.M.; WILLIAMS, D.; FAN, H.W.; WARRELL, D.A. Snakebite envenoming from a global perspective: Towards an integrated approach. **Toxicon** v. 56, n. 7, p. 1223-1235, 2010.
- GUTIÉRREZ, J. M.; WARRELL, D. A.; WILLIAMS, D. J. *et al.* 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**. v.7, n.6: e2162, 2013.
- GUTIÉRREZ, J.M.; THEAKSTON, R.D.G.; WARRELL, D.A. Confronting the Neglected Problem of SnakeBite Envenoming: The Need for a Global Partnership. **PLoS Med**, v. 3, n. 6: e150, 2016.

- GUTIÉRREZ, J. M.; CALVETE, J. J.; HABIB, A. G. *et al.* Snakebite envenoming. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 3, p. 17063, 2017.
- HANNAH, L. *Climate Change Biology*. Vasa, Elsevier Ltd. 2011.
- HANSSON, E.; CUADRA, S.; OUDIN, A.; *et al.* Mapping Snakebite Epidemiology in Nicaragua - Pitfalls and Possible Solutions. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 4, n. 11: e896, 2010.
- HANSSON, E.; SASA, M.; MATTISSON, K. *et al.* Using Geographical Information Systems to Identify Populations in Need of Improved Accessability to Antivenom Treatment for Snakebite Envenoming in Costa Rica. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 7, n. 1: e2009, 2013.
- HARRISON, R.A., HARGREAVES, A., WAGSTAFF, S.C., FARAGHER, B., LALLOO, D.G. Snake envenoming: a disease of poverty. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 3, n. 12, p e569, 2009.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge & New York, Cambridge Univ. Press, p. 1535, 2013.
- JORGE, M.T.; RIBEIRO, L.A. Epidemiologia e Quadro Clínico do Acidente por Cascavel Sul-Americana (*Crotalus durissus*). **Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo**, v. 34, n. 4, p. 347-354, 1992.
- JORGE, M.T., RIBEIRO, L.A. Dose de soro (antiveneno) no tratamento do envenenamento por serpentes peçonhentas do gênero *Bothrops*. **Rev Ass Med Brasil**, v. 43, n. 1, p. 74-6, 1997.
- JUNQUEIRA-AZEVEDO, I.L.M.; CHING, A.T.C.; CARVALHO, E.; FARIA, F. *et al.* *Lachesis muta* (Viperidae)cDNAs Reveal Diverging Pit Viper Molecules and Scaffolds Typical of Cobra (Elapidae) Venoms: IMplications for Snake Toxin Repertoire Evolution. **Genetics**, v. 173, p. 877-889, 2006.
- KASTURIRATNE, A.; WICKREMASINGHE, R.; de SILVA, N.; GUNAWARDENA, N.K.; PATHMESWARAN, A. *et al.* The global burden of snakebite: a literature analysis and modelling based on regional estimates of envenoming and deaths. **PLoS Med**, v. 5, n. 11: e218. 2008.
- LEITE, S.P.; ÁVILA, R.V. Reforma Agrária e Desenvolvimento na América Latina: rompendo com o reducionismo das abordagens economicistas. **RER**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 777-805, 2007.
- LEMA, T. Os Répteis do Rio Grande do Sul: atuais e fósseis – biogeografia – ofidismo. Porto Alegre, EDIPUCRS, 2002.
- MARQUES, O.A.V; SAZIMA, I. Hisótira natural das serpents. In CARDOSO, J.L.C.; FRANÇA, F.O.S.; WEN, F.H.; MALAQUE, C.M.S.; HADDAD, V.J. **Animais peçonhentos no Brasil – Biologia, clínica e terapêutica dos acidentes**. 1 ed. São Paulo, Sarvier, 2003.
- MARTINS-MELO, F.R.; RAMOS, A.N. JUNIOR.; HEUKELBACH, J. Mortalidade relacionada às doenças Tropicais Negligenciadas no Brasil, 2000-2011 magnitude, padrões espaço-temporais e fatores associados. **Rev Med UFC**, v. 56, n. 1, p. 79-80, 2016.
- MELGAREJO, A.R. Serpentes Peçonhentas do Brasil, p. 33-66. In: J.L.C. CARDOSO; F.O.S. FRANÇA; F.H. WEN; C.M.S. MÁLAQUE & V. HADDAD JR. (Eds). **Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes**. São Paulo, Sarvier, 468p. 2003.
- MILANI, E. C.; TOJAL, S. D.; MENEGUETTI, D. U. DE O. Coefficient of incidence and lethality of official accidents in the state of Acre, Western Amazon: a 10 year survey (2004-2013). **South American Journal of Basic Education, Tachnical and Technological.**, v. 3, n. 2, p. 218–223, 2016.

- MISE, Y.F.; LIRA-da-SILVA, R.M.; CARVALHO, F.M. Evenomaton by *Bothrops* in the State of Bahia: epidemiological and clinical aspects. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40, n. 5, p. 569-573, 2007.
- MONTEIRO, C.A. A dimensão da pobreza, da desnutrição e da fome no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 48, p. 7-20, 2003.
- MORENO, E.; QUEIROZ-ANDRADE, M.; LIRA-DA-SILVA, R.M.; TAVARES-NETO, J. Características clínico epidemiológicas dos acidentes ofídicos em Rio Branco, Acre. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, n. 1, p. 15-21, 2005.
- MORITZ, C. & AGUDO, R. The Future of Species Under Climate Change: Resilience or Decline? **Science**, v. 341, p. 504-508, 2013.
- NASCIMENTO, S.P. Aspectos epidemiológicos dos acidentes ofídicos no Estado de Roraima, Brasil, entre 1992 e 1998. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 271-276, 2000.
- OTERO, R.; FURTADO, M.F.D.; GONÇALVES, L.R.C.; NÚÑEZ, V.; GARCÍA, M.E.; OSORIO, R.G.; ROMERO, M.; GUTIÉRREZ, J.M. Comparative study of the venoms of three subspecies of *Lachesis muta* (Bushmaster) from Brazil, Colombia and Costa Rica. **Toxicon**, v. 36, n. 12, p. 2021-2027, 1998.
- OTERO-PATIÑO, R. Epidemiological, clinical and therapeutic aspects of *Bothrops* Asper bites. **Toxicon**, v. 54, p. 998-1011, 2009.
- PARMESAN C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. **Ann. Rev. Ecol. Evol. and Systematics**, v. 37, p. 637-669, 2006.
- PETERSON A.T. *et al.* **Ecological Niches and Geographic Distributions**. Princeton, Princeton Univ. Press. 328 p. 2011.
- PINHO, F.M.O.; PEREIRA, I.D. Ofidismo. **Rev Ass Med Brasil**, v. 47, n. 1, p. 24-9, 2001.
- PINHO, F.M.O.; ZANETA, D.M.T.; BURDMAN, E.A. Acute renal failure after *Crotalus durissus* snakebite: A prospective survey on 100 patients. **Kidney International**, v. 67, p. 659-667, 2005.
- PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), FJP (Fundação João Pinheiro). **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Disponível em <<http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/home>>. Acesso em 10 de janeiro de 2018.
- RAHMAN, R.; FAIZ, A.M.; SELIM, S.; RAHMAN, B.; BASHER, A.; *et al.* Annual Incidence of Snake Bite in Rural Bangladesh. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 4, n. 10: e860, 2010.
- REDDY, S.; DÁVALOS, L. M. Geographical sampling bias and its implications for conservation priorities in Africa. **Journal of Biogeography**, v. 30, n. 11, p. 1719-1727, 2003.
- REZAEIAN, M.; DUNN, G.; St LEGER, S.; APPLEBY, L. Geographical epidemiology, spatial analysis and geographical information systems: a multidisciplinary glossary. **J Epidemiol Community Health**, v. 61, p. 98-102, 2007.
- RODRIGUES, R.; ALBUQUERQUE, R.L.; SANTANA, D.J.; LARANJEIRAS, D.O.; *et al.* Record of the occurrence of *Lachesis muta* (Serpentes, Viperidae) in a Atlantic Forest fragment in Paraíba, Brazil, with comments on the species' preservation status. **Biotemas**, v. 26, n. 2, p. 283-286, 2013.

- SANDRIN, M.F.N.; PUORTO, G.; NARDI, R. Serpentes e Acidentes Ofídicos: Um Estudo Sobre Erros Conceituais em Livros Didáticos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 281-298, 2005.
- SAÚDE BRASIL. Uma análise da situação de saúde e das doenças transmissíveis relacionadas à pobreza. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, **Departamento de Análise de Situação em Saúde**. Brasília : Ministério da Saúde, p.83 e 84. 2014.
- SHARMA, S.; CHAPPUIS, F.; JHA, N.; BOVIER, P.A.; *et al.* Impact of snake bites and determinants of fatal outcomes in southeastern Nepal. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 71, n. 2, p. 234-238, 2004.
- SILVA, J.R.; FURLANI NETO, V.; SIDOU, N.B.A.; GONÇALVES, E.T.; BACCI, C. Acidentes graves no trabalho rural entre 1994 e 1997 na região centro-sul do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 83-97, 2001.
- SKABA, D.A.; CARVALHO, M.S.; BARCELLOS, C.; MARTINS, P.C.; TERRON, S. Geoprocessamento dos dados da saúde: o tratamento dos endereços. **Cad Saude Publica**, v. 20, n. 6, p. 1753-1756, 2004.
- SNAKEBITE INITIATIVE. **The Snakebite problem – A ‘Disease’ of Poverty**. Disponível em: < www.snakebiteinitiative.org/?page_id=577 > Acesso em: 20 de setembro de 2017.
- SOBERÓN, J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. **Ecology Letters**, v. 10, p. 1115-23, 2007.
- SOBERÓN, J.; NAKAMURA, M. Nichs and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. **PNAS**, v. 106, suppl.2, p. 19644-19650, 2009.
- UETZ, P., FREED, P. & JIRÍ HOSEK (eds.), *The Reptile Database*. Disponível em: <<http://www.reptile-database.org>> Acesso em: 02 de março de 2018.
- VAIYAPURI, S. VAIYAPURI, R.; ASHOKAN, R.; RAMASAMY, K.; NATTAMAISUNDAR, K.; *et al.* Snakebite and Its Soci-Economic Impact on the Rural Population of Tamil Nadu, India. **PLoS ONE**, v. 8, n. 11:e80090, 2013.
- VALE, M.M., ALVES, M.A.S. & LORINI, M.L. Mudanças Climáticas: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, p. 518-535, 2009.
- WALDEZ, F.; VOGT, R.C. Ecological and Epidemiological aspects of snakebite in riverside communities of the lower Purus River, Amazonas, Brazil. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 681-692, 2009.
- WARRELL, D.A. Snakebites in Central and South America: epidemiology, clinical features, and clinical management. In: CAMPBELL, J.A.; LAMAR, W.W. **The venomous reptiles of the Western Hemisphere**. Nova York, Cornell University Press, 2004.
- WARRELL, D.A. Unscrupulous marketing of snake bite antivenoms in Africa and Papua New Guinea: choosing in right product – ‘What’s in a name?’. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 102, p. 397-399, 2008.
- WARRELL, D.A. Snake bite. **Seminar**, v. 375, n. 2, p. 77-88, 2010.
- WEN, H.F.; MONTEIRO, W.M.; MOURA da SILVA, A.M.; TAMBOURGI, D.V.; MENDONÇA da SILVA, I.; SAMPAIO, V.S. *et al.* Snakebites and Scorpion Stings in the Brazilian Amazon: Identifying Research Priorities for a Largely Neglected Problem. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 9, n. 5: e 0003701, 2015.
- WHO. Progress in the Characterization of Venoms and Standardization of Antivenoms. World Health Organization, Geneva, n. 58, 1981.

- WHO. Global Plan to Combat Neglected Tropical Diseases 2008-2015. **World Health Organization**, 2007.
- WHO. **Neglected tropical diseases**. World Health Organization. Disponível em: <www.who.int/neglected_diseases/diseases/en> Acesso em: 13 de fevereiro de 2018.
- YAÑEZ-ARENAS, C.; PETERSON, A.T.; MOKONDOKO, P.; ROJAS-SOTO, O.; MARTÍNEZ-MEYER, E. The Use of Ecological Niche Modeling to Infer Potential Risk Areas of Snakebite in the Mexican State of Veracruz. **PLoS ONE**, v. 9, n. 6: e100957, 2014.

Material Suplementar

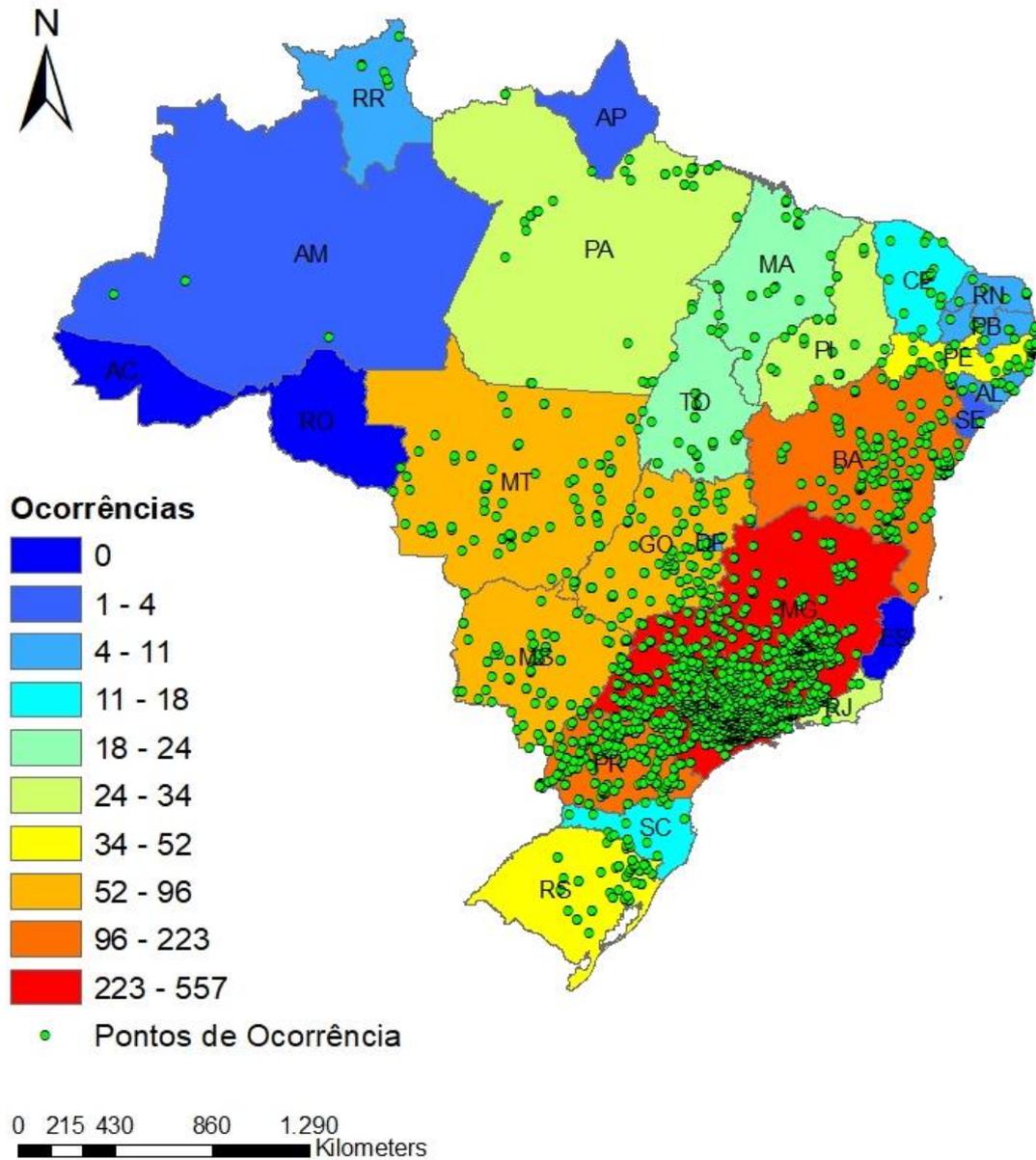


Figura 35: Registros de ocorrência de *Crotalus durissus* nos estados brasileiros.

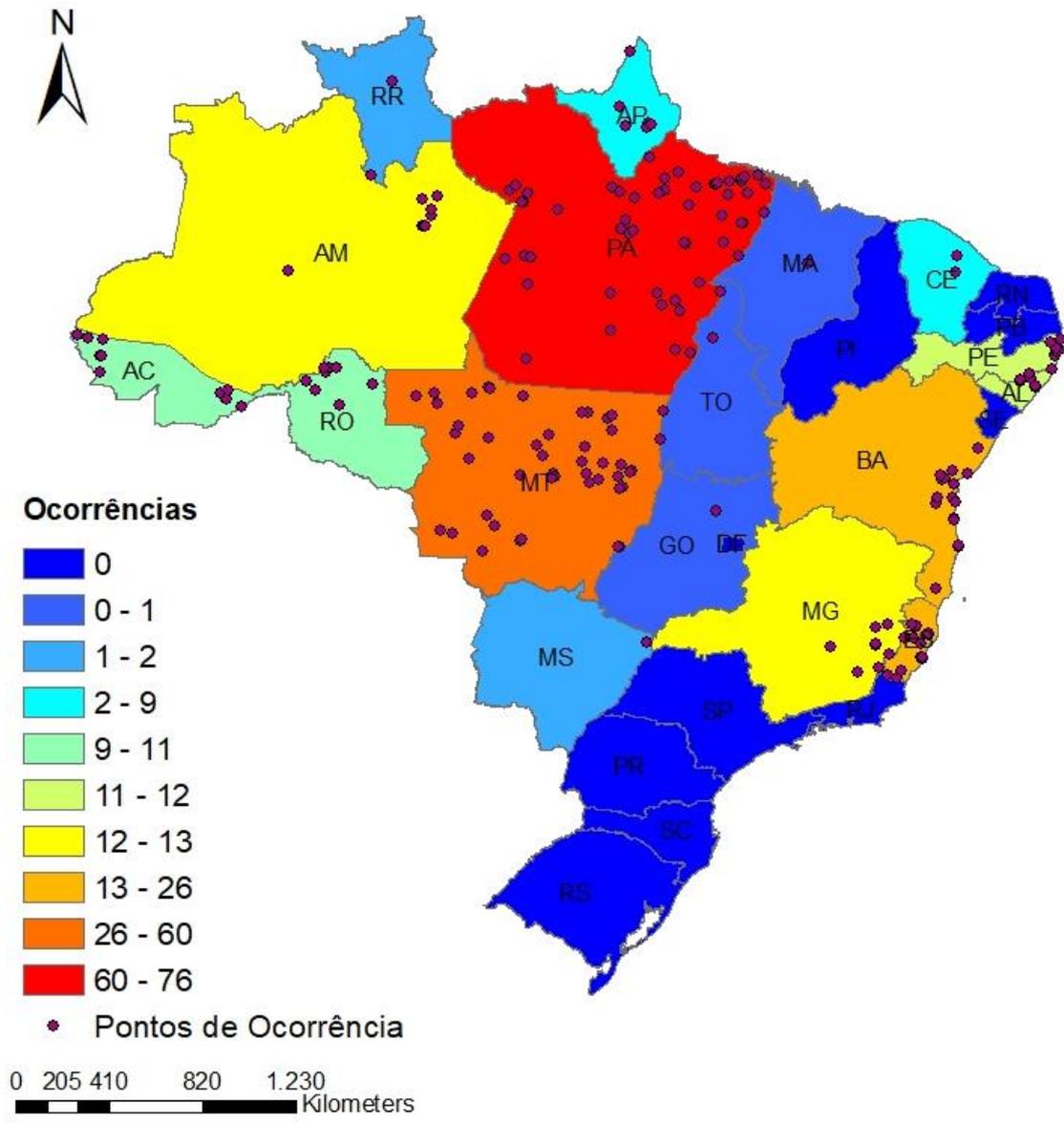


Figura 36: Registros de ocorrência de *Lachesis muta* nos estados brasileiros.

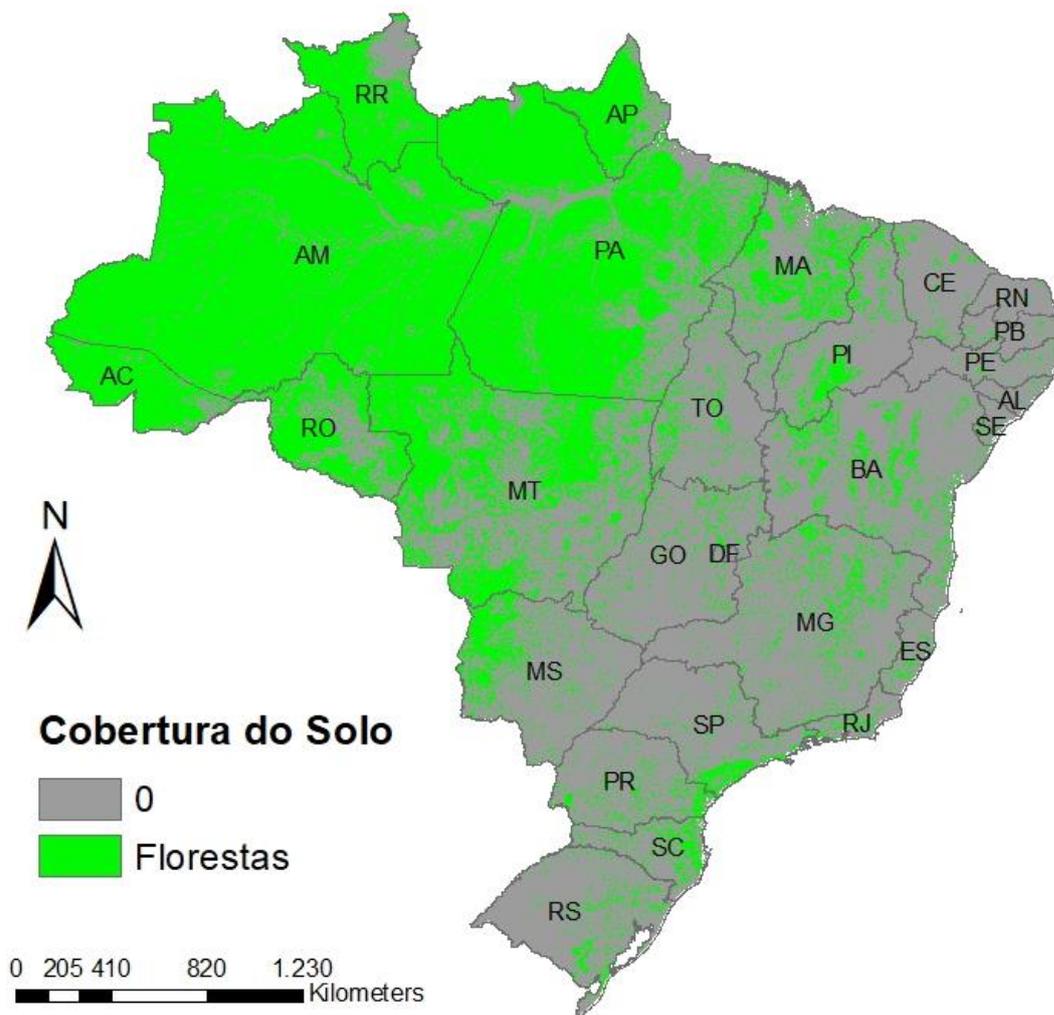


Figura 37: Remanescentes de formações florestais no Brasil.

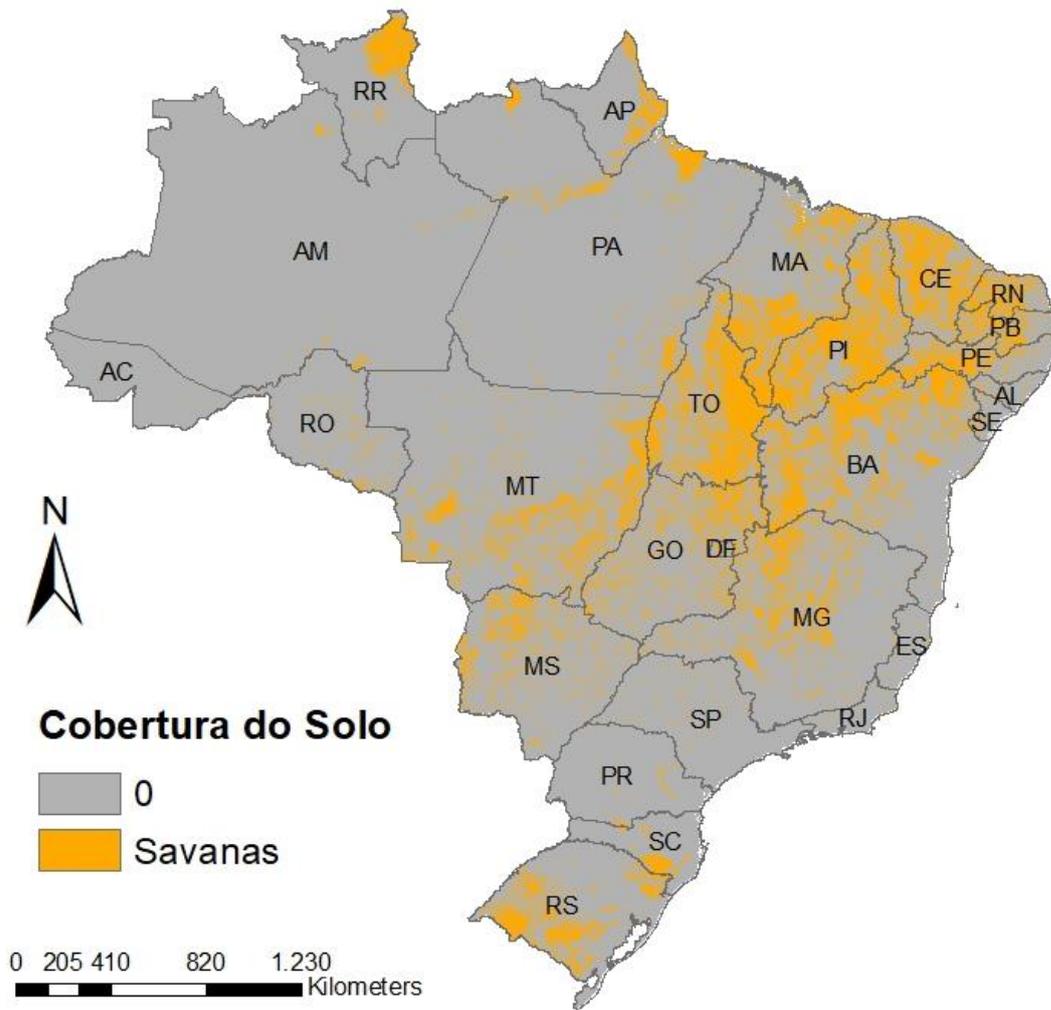


Figura 38: Remanescentes de formações abertas no Brasil.

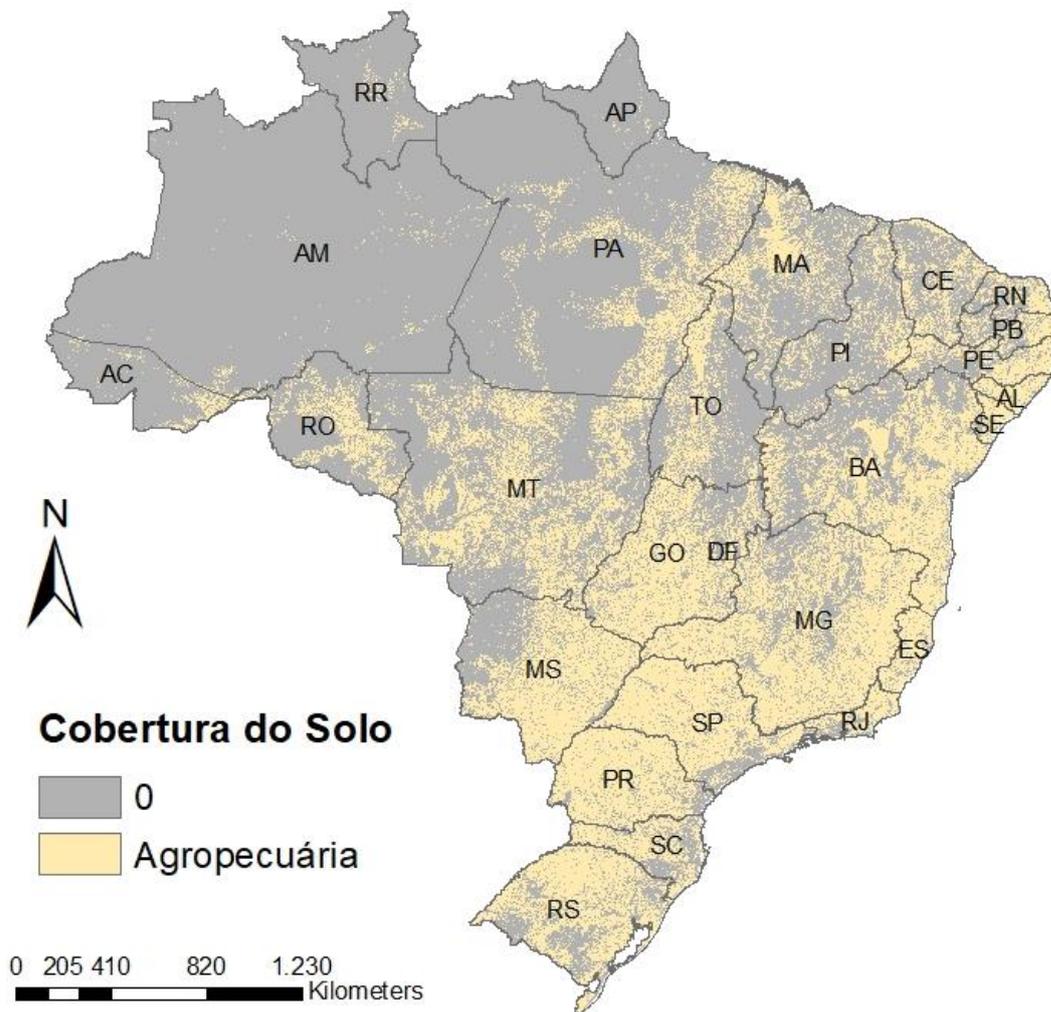


Figura 39: Extensão de áreas de agropecuária no Brasil.

Tabela 5: Avaliação do método e da distância para análise de Autocorrelação Espacial dos acidentes e óbitos crotálicos.

<i>Crotalus</i> Acidente					<i>Crotalus</i> Incidência				
Distância	Método	Z	Moran I	p	Distância	Método	Z	Moran I	p
-	Contigue edges only	67,62115	0,528923	0	-	Contigue edges only	41,83776	0,323574	0
390952	Inverso da distância	127,9188	0,142282	0	412324	Inverso da distância	121,8356	0,129703	0
-	Inverso da distância	127,0216	0,146378	0	-	Inverso da distância	120,0378	0,136833	0
390952	Inverso da distância ao quadrado	27,56831	0,180241	0	412324	Inverso da distância ao quadrado	29,1507	0,18726	0
-	Inverso da distância ao quadrado	27,53069	0,181314	0	-	Inverso da distância ao quadrado	29,07901	0,189412	0
<i>Crotalus</i> Óbito					<i>Crotalus</i> Letalidade				
Distância	Método	Z	Moran I	p	Distância	Método	Z	Moran I	p
-	Contigue edges only				-	Contigue edges only	-0,38491	-0,00317	0,700303
369580	Inverso da distância	20,52566	0,023565	0	476441	Inverso da distância	2,179753	0,029276	0,001957
-	Inverso da distância	20,52786	0,023566	0	-	Inverso da distância	1,819709	0,001903	0,068803
369580	Inverso da distância ao quadrado	3,491144	0,022896	0,000481	476441	Inverso da distância ao quadrado	-0,56899	-0,00379	0,569361
-	Inverso da distância ao quadrado	3,491222	0,022896	0,000481	-	Inverso da distância ao quadrado	-0,5803	-0,00397	0,561711

Tabela 6: Avaliação do método e da distância para análise de Autocorrelação Espacial dos acidentes e óbitos laquéticos.

<i>Lachesis</i> Acidente					<i>Lachesis</i> Incidência				
Distância	Método	Z	Moran I	p	Distância	Método	Z	Moran I	p
-	Contigue edges only	59,03523	0,449315	0	-	Contigue edges only	11,42237	0,051232	0
561930	Inverso da distância	30,92126	0,026939	0	412324	Inverso da distância	5,657517	0,003422	0
-	Inverso da distância	24,74765	0,027626	0	-	Inverso da distância	5,221578	0,003373	0
561930	Inverso da distância ao quadrado	3,953067	0,024039	0,000077	412324	Inverso da distância ao quadrado	0,872773	0,00309	0,382787
-	Inverso da distância ao quadrado	3,768137	0,023994	0,000164	-	Inverso da distância ao quadrado	0,857152	0,003076	0,391361
<i>Lachesis</i> Óbito					<i>Lachesis</i> Letalidade				
Distância	Método	Z	Moran I	p	Distância	Método	Z	Moran I	p
-	Contigue edges only	27,23894	0,198397	0	-	Contigue edges only	2,098017	0,014402	0,035904
412324	Inverso da distância	10,18647	0,010069	0	433696	Inverso da distância	2,108152	0,001785	0,035018
-	Inverso da distância	9,365879	0,009908	0	-	Inverso da distância	1,794295	0,001666	0,072766
412324	Inverso da distância ao quadrado	1,40602	0,008339	0,159718	433696	Inverso da distância ao quadrado	0,293241	0,001504	0,769338
-	Inverso da distância ao quadrado	1,377856	0,008285	0,168248	-	Inverso da distância ao quadrado	0,282946	0,001478	0,777218

