



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA**

**ELLEN TAYANNE CARLA DA SILVA**

**MODELOS DE REGRESSÃO ESPACIAL AJUSTADOS A DADOS DE  
ARBOVIROSES (*Aedes Aegypti*) DO ESTADO DA PARAÍBA: INFLUÊNCIA DE  
FATORES SOCIOECONÔMICOS**

**CAMPINA GRANDE-PB  
2020**

ELLEN TAYANNE CARLA DA SILVA

**MODELOS DE REGRESSÃO ESPACIAL AJUSTADOS A DADOS DE  
ARBOVIROSES (*Aedes Aegypti*) DO ESTADO DA PARAÍBA: INFLUÊNCIA DE  
FATORES SOCIOECONÔMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saúde Pública.

**Área de concentração:** Saúde Pública.

**Orientador:** Prof. Dr. Ricardo Alves de Olinda.

**CAMPINA GRANDE-PB  
2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586m Silva, Ellen Tayanne Carla da.  
Modelos de regressão espacial ajustados a dados de arboviroses (*Aedes aegypti*) do Estado da Paraíba [manuscrito] : influência de fatores socioeconômicos / Ellen Tayanne Carla da Silva. - 2020.  
74 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2020.  
"Orientação : Prof. Dr. Ricardo Alves de Olinda, Coordenação do Curso de Estatística - CCT."  
1. *Aedes aegypti*. 2. Fatores socioeconômicos. 3. Análise espacial. 4. Epidemiologia. I. Título

21. ed. CDD 614.4

ELLEN TAYANNE CARLA DA SILVA

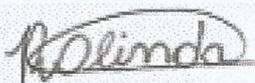
MODELOS DE REGRESSÃO ESPACIAL AJUSTADOS A DADOS DE  
ARBOVIROSES (AEDES AEGYPTI) DO ESTADO DA PARAÍBA: INFLUÊNCIA  
DE FATORES SOCIOECONÔMICOS

Trabalho de Conclusão de  
Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Saúde Pública da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito  
parcial à obtenção do título de Mestre  
em Saúde Pública

Área de concentração: Saúde  
Pública

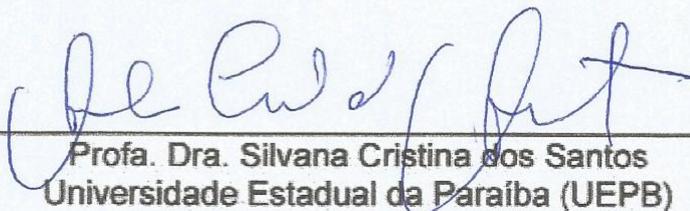
Aprovada em: 26 / 05 / 2020 .

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Ricardo Alves de Olinda  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Profa. Dra. Silvana Cristina dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Prof. Dr. Domingos Sávio Barbosa  
Universidade Federal de Rondonópolis

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Ricardo de Olinda, que me direcionou com competência e me proporcionou a oportunidade de conhecer o universo da Bioestatística. Seus ensinamentos foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação. Ao colega e estudante Matheus, que me auxiliou na análise estatística.

A todos os professores e pesquisadores da Universidade Estadual da Paraíba em nome da Profa. Silvana Santos, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública.

Ao Prof. Domingos Sávio, da Universidade Rondonópolis, pelas suas sugestões e contribuições. Em nome dele, agradeço a todos as pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Aos servidores e aos gestores da Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba pela atenção e disponibilidade em ceder os dados que embasaram esta pesquisa.

A todos os amigos, em especial, Rafaela, Ana Aline, Cledinaldo Júnior, pelo tempo de convivência enquanto realizávamos o mestrado.

Aos meus alunos, que serviram de inspiração para eu tentar ser cada vez melhor como professora, sempre buscando novos conhecimentos para compartilhar.

Aos meus pais pelo amor, carinho, atenção e por estarem sempre presentes, dando-me forças nos maus momentos e celebrando juntos todas as nossas pequenas e grandes conquistas. A todos os familiares e amigos que me ajudaram, com seu apoio e carinho, durante o período do mestrado.

Minha eterna gratidão!

“Uma mente que se abre para uma nova ideia jamais voltará para seu tamanho original”.

Albert Einstein

## RESUMO

**Introdução:** Entre as doenças infecciosas emergentes e reemergentes, as arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae), como a dengue, a chikungunya e a zika, são consideradas importantes desafios para a Saúde Pública, principalmente em países que apresentam condições socioambientais propícias para o desenvolvimento e para a proliferação desse vetor. **Objetivo:** Analisar a distribuição espacial dos coeficientes de incidência das arboviroses no estado da Paraíba entre 2009 e 2018, avaliando a existência de dependência geográfica e sua relação com fatores socioeconômicos e estomatológicos. **Metodologia:** Trata-se de um estudo ecológico, tendo como unidade de análise os 223 municípios do estado. Utilizaram-se o Índice de Moran global e local para avaliar a autocorrelação espacial da dengue e a associação com variáveis socioeconômicas e o Levantamento de Índice Rápido para o *Aedes aegypti* (LIRAA). Com o intuito de verificar o melhor modelo explicativo de associação das variáveis do contexto socioeconômico e ambiental, foram aplicadas quatro alternativas de modelos de regressão: regressão clássica, espacial autorregressivo, erro espacial e o modelo espacial de Durbin. As análises foram realizadas por meio do *software* estatístico R CORE TEAM versão 3.5.3. **Resultados:** A análise da distribuição de casos de arboviroses mostrou um número crescente de municípios da Paraíba com a presença do mosquito vetor. Os maiores coeficientes foram aqueles registrados no Sertão do estado, em Patos (17.134,9 casos/100 mil hab.), em Princesa Isabel (10.158,0 casos/100 mil hab.) e em São Bento (7.097,8 casos/100 mil hab.). Na região da Borborema, a maior média foi em Monteiro (11.704,1 casos/100 mil hab.); e no Agreste, em Remígio (3.335,4 casos/100 mil hab.). Os mapas de significância do Índice de Moran local possibilitaram identificar agrupamentos de municípios com características semelhantes, apresentando áreas de maior vulnerabilidade no entorno da região do Agreste Paraibano com aglomerados para a baixa renda, índice de Gini e analfabetismo, com resultados que mostram padrão de dependência do tipo alto-alto. Contudo, nessa mesma região, padrão baixo-baixo para IDH. O desemprego mostrou-se com dissimilaridade em todas as regiões, apenas a região do Agreste com um pequeno aglomerado de municípios (baixo-baixo). O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o modelo espacial de Durbin, pois apresentou o menor valor do Critério de Informação de Akaike. Segundo o modelo, a coleta de resíduos sólidos exibiu contribuição

significativa para a incidência de dengue no estado, enquanto a rede geral de esgoto e os municípios que possuem outras formas de coleta apontaram correlação inversa. Na análise da distribuição dos municípios da Paraíba, entre os quatro anos em que foi realizado o LIRAA, as maiores médias do Índice de Infestação Predial foram aquelas registradas no Sertão do estado, em Riacho dos cavalos ( $\bar{x}$ 6,8) e Malta ( $\bar{x}$ 7,5); na região da Borborema, em Juazeirinho ( $\bar{x}$ 9,5) e Picuí ( $\bar{x}$ 8,3); e no Agreste, em Alagoa Nova ( $\bar{x}$ 11,2), Fagundes ( $\bar{x}$ 10,2) e Cacimba de Dentro ( $\bar{x}$ 9,3). **Conclusão:** Não foram encontradas evidências de associação entre as diferenças econômicas e os casos de dengue, o que leva a concluir que a doença não possui estratificação social distinta. A forma de disposição de efluentes parece ter associação negativa com a incidência da doença, visto que locais com melhores condições de saneamento apresentam incidências menores, uma vez que, perante a irregularidade da precipitação na região, os efluentes domésticos podem tornar-se um recurso importante para o vetor. Sob o ponto de vista das Secretarias Estaduais de Saúde, o modelo obtido é sucinto e viável, pois permite, com poucas informações, estabelecer resultados estatísticos importantes que podem ser utilizados pelos Serviços de Vigilância Epidemiológica das Secretarias Estaduais de Saúde.

**Palavras-Chave:** *Aedes aegypti*. Fatores Socioeconômicos. Análise Espacial. Epidemiologia.

## ABSTRACT

**Introduction:** Among the emerging and reemerging infectious diseases, arboviruses transmitted by *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae), such as dengue, chikungunya and zika, are considered important challenges for Public Health, especially in countries with socio-environmental conditions conducive to development and for the proliferation of this vector. **Objective:** To analyze the spatial distribution of the incidence coefficients of arboviruses in the state of Paraíba between 2009 and 2018, assessing the existence of geographic dependence and its relationship with socioeconomic and stomatological factors. **Methodology:** This is an ecological study, having the state's 223 municipalities as its unit of analysis. The global and local Moran Index was used to assess the spatial autocorrelation of dengue and its association with socioeconomic variables and the Rapid Index Survey for *Aedes aegypti* (LIRAA). In order to verify the best explanatory model for the association of variables in the socioeconomic and environmental context, four alternatives of regression models were applied: classical regression, spatial autoregressive, spatial error and Durbin's spatial model. The analyzes were performed using the statistical software R CORE TEAM version 3.5.3. **Results:** Analysis of the distribution of cases of arboviruses showed an increasing number of municipalities in Paraíba with the presence of the vector mosquito. The highest coefficients were those recorded in the Hinterlands of Paraíba, in Patos (17,134.9 cases / 100 thousand inhab.), in Princesa Isabel (10,158.0 cases / 100 thousand inhab.), and in São Bento (7,097.8 cases / 100 thousand inhab.). In the Borborema region, the highest average was in Monteiro (11,704.1 cases / 100 thousand inhab.); and in Agreste region, in Remígio (3,335.4 cases / 100 thousand inhab.). The maps of significance of the local Moran index made it possible to identify clusters of municipalities with similar characteristics, presenting areas of greater vulnerability around the region of Agreste of Paraíba with clusters for low income, Gini index and illiteracy, with results showing a pattern of dependency high-high type. However, in this same region, a low-low HDI standard. Unemployment showed dissimilarity in all regions, only the Agreste region with a small cluster of municipalities (low-low). The model that best fitted the data was Durbin's spatial model, as it presented the lowest value of the Akaike Information Criterion. According to the model, the collection of solid waste showed a significant contribution to the incidence of dengue in the state, while the general sewage network and the municipalities that have

other forms of collection pointed to an inverse correlation. In the analysis of the distribution of the municipalities of Paraíba, among the four years in which the LIRAA was carried out, the highest averages of the Building Infestation Index were those recorded in the Hinterlands of Paraíba, in Riacho dos Cavalos ( $\bar{x}$  6.8) and Malta ( $\bar{x}$  7.5); in the Borborema region, in Juazeirinho ( $\bar{x}$  9.5) and Picuí ( $\bar{x}$  8.3); and in Agreste region, in Alagoa Nova ( $\bar{x}$  11.2), in Fagundes ( $\bar{x}$  10.2) and in Cacimba de Dentro ( $\bar{x}$  9.3).

**Conclusion:** There was no evidence of an association between economic differences and dengue cases, which leads to the conclusion that the disease has no distinct social stratification. The form of disposal of effluents seems to have a negative association with the incidence of the disease, since places with better sanitation conditions have lower incidences, since, due to irregular rainfall in the region, domestic effluents can become an important resource for the vector. From the point of view of the State Health Secretariats, the model obtained is succinct and viable, as it allows, with little information, to establish important statistical results that can be used by the Epidemiological Surveillance Services of the State Health Secretariats.

**Keywords:** *Aedes aegypti*. Socioeconomic Factors. Spatial analysis. Epidemiology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Localização do estado da Paraíba e suas mesorregiões .....	30
<b>Figura 2</b> – Mapa de tipos de clima da área de estudo.....	31

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** – Variáveis para cálculo do Coeficiente de Incidência (CI) das arboviroses e fontes dos dados.....32
- Quadro 2** – Descrição das variáveis municipais, socioeconômicas e fontes dos dados .....33
- Quadro 3** – Variável entomológica relativa à infestação pelo *Aedes aegypti* e fonte de dados .....34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Alto-Alto
AB	Alto-Baixo
AIC	Critério de Informação de Akaike
BA	Baixo-Alto
BB	Baixo-Baixo
CI	Coeficiente de Incidência
CHIKV	Vírus Chikungunya
DENV	Vírus Dengue
DTN	Doença Tropical Negligenciada
IIP	Índice de Infestação Predial
IB	Índice de Breteau
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IgM	Imunoglobulina M
IgG	Imunoglobulina G
LISA	Local Indicators of Spatial Association
LIRAA	Levantamento de Índice Rápido para o <i>Aedes aegypti</i>
LCR	Líquido cefalorraquidiano
MEE	Modelo de Erro Espacial
MEAR	Modelo Espacial Autorregressivo Misto
MED	Modelo Espacial de Durbin
MS	Ministério da Saúde
PB	Paraíba
Q1	Primeiro quadrante
Q2	Segundo quadrante
Q3	Terceiro quadrante
Q4	Quarto quadrante
RC	Regressão Clássica
RNA	Ácido ribonucleico
RG	Reconhecimento Geográfico
SES	Secretaria Estadual de Saúde
SE	Semana Epidemiológica
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
SNC	Sistema Nervoso Central
UF	Unidade Federativa
ZIKV	Vírus Zika

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu$	Letra grega minúscula um
$\alpha$	Letra grega minúscula alpha
$\beta$	Letra grega minúscula beta
$\epsilon$	Letra grega minúscula épsilon
$\sigma$	Letra grega minúscula sigma
$\rho$	Letra grega minúscula rho
$\theta$	Letra grega minúscula theta
$\Theta$	Letra grega maiúscula theta
$\tau$	Letra grega minúscula tau
$\in$	Pertence
$\pi$	Letra grega minúscula pi
$\delta$	Letra grega minúscula delta
$\bar{x}$	Média

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 EPIDEMIOLOGIA DAS ARBOVIROSES.....	15
1.2 O VETOR <i>Aedes Aegypti</i> .....	15
1.3 DOENÇAS TRANSMITIDAS PELO <i>Aedes Aegypti</i> .....	17
<b>1.3.1 Dengue</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3.2 Chikungunya</b> .....	<b>19</b>
<b>1.3.3 Zika</b> .....	<b>21</b>
1.4 VIGILÂNCIA ENTOMOLÓGICA E CONTROLE VETORIAL .....	23
1.5 INFLUÊNCIA DE FATORES SAZONAIS E SOCIOECONÔMICOS NA FREQÜÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE CRIADOUROS DE <i>Aedes Aegypti</i> ....	25
1.6 ANÁLISE ESPAÇOTEMPORAL DE DOENÇAS .....	27
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>29</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	29
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>30</b>
3.1 TIPO DE ESTUDO .....	30
3.2 ÁREA DE ESTUDO.....	30
3.3 FONTE DOS DADOS.....	32
3.4 VARIÁVEIS DE ESTUDO.....	32
<b>3.4.1 Variáveis Dependentes</b> .....	<b>32</b>
<b>3.4.2 Variáveis Independentes</b> .....	<b>32</b>
3.5 MÉTODOS DESCRITIVOS DE VISUALIZAÇÃO DA VARIÁVEL.....	34
3.6 AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL.....	34
3.7 ANÁLISE GRÁFICA .....	37
3.8 MODELAGEM.....	37
3.9 SELEÇÃO DE MODELOS.....	40
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
4.1 ARTIGO.....	41
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>73</b>

<b>ANEXO A – ARTIGO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO EM REVISTA CIENTÍFICA (QUALIS B2).....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....</b>	<b>74</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 EPIDEMIOLOGIA DAS ARBOVIROSES

Arboviroses são doenças causadas por arbovírus (*Arthropod-borne vírus*), que são transmitidos entre hospedeiros suscetíveis por meio de artrópodes hematófagos, ou de hospedeiro artrópode a hospedeiro artrópode, por via transovariana e, possivelmente, por via sexual. Os arbovírus multiplicam-se nos tecidos dos artrópodes, sendo transmitidos aos vertebrados mediante picada de insetos vetores, após um período de incubação (LOPES; NOZAWA; LINHARES, 2014).

Com base em suas propriedades físico-químicas, a maioria dos arbovírus se distribui por cinco famílias, quais sejam: Bunyaviridae, Flaviviridae, Reoviridae, Rhabdoviridae e Togaviridae. Ressalte-se, no entanto, que nem todos os membros das citadas famílias são necessariamente arbovírus. Reconhece-se ainda a existência de vírus integrantes das famílias Arenaviridae, Poxviridae, Herpesviridae, Coronaviridae, entre outras (LINDENBACH, 2007).

Segundo Camara (2016), os arbovírus apresentam uma capacidade elevada de expansão, favorecendo, assim, a sua permanência em regiões de características propícias para a sua reprodução, como as regiões tropicais. Atualmente, no Brasil, as arboviroses que apresentam uma maior propagação são a dengue, a chikungunya e a zika.

Os arbovírus vêm se tornando uma grande inquietação na saúde pública em todo o mundo no que diz respeito à sua forma de transmissão, que é muito rápida. Essa preocupação na saúde pública traz à tona toda problemática nas mudanças climáticas; e fatores possíveis e determinantes, como a própria migração populacional, a apropriação desordenada em áreas urbanas e, principalmente, a alta precariedade das condições sanitárias, acabam favorecendo a transmissão dos arbovírus (LOPES; NOZAWA; LINHARES, 2014).

## 1.2 O VETOR *Aedes Aegypti*

As principais espécies capazes de transmitir as arboviroses dengue, zika chikungunya são o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus*. Nas Américas, o *Aedes aegypti* é atualmente o único vetor com importância epidemiológica para transmissão

dessas doenças (ZARA et al., 2016). Segundo Consoli e Oliveira (1994), o *Aedes aegypti* é um inseto de origem africana, provavelmente da região etiópica, inicialmente descrito no Egito, e vem se disseminando pelas regiões tropicais e subtropicais do planeta desde meados do século XVI. O vetor teve sua introdução no Brasil por intermédio dos navios negreiros, tendo seus primeiros relatos no período colonial, mediante o tráfico de escravos, entre os séculos XVI e XIX.

As espécies *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* fazem parte da ordem Diptera, subordem Nematocera e família Culicidae. São insetos com desenvolvimento holometábolo que apresentam quatro estágios de vida: ovo, larva, pupa e adulto. O ciclo de vida dessas espécies de mosquito acontece em dois habitats diferentes: os estágios imaturos ocorrem no ambiente aquático; e a fase adulta, no ambiente terrestre (FORATTINI; MARQUES, 2000).

O vetor realiza sua oviposição nos mais variados substratos, desde as paredes ásperas, umedecidas e escurecidas dos recipientes em condições naturais, como também pode ser realizada diretamente na água (CHUA et al., 2004). Em condições ideais, uma fêmea pode chegar a pôr até cerca de 270 ovos (BESERRA et al., 2006). Em até 48 horas após a postura, pode ocorrer o desenvolvimento embrionário; o pós-embrionário pode variar de 6 a 11 dias. A resistência dos ovos durante as variações climáticas sazonais permite a sua viabilidade, visto que chegam a durar, em média, 495 dias na seca; em contato com água, as larvas eclodem (ZARA et al., 2016).

O ciclo de vida na fase larval compreende quatro estádios: L1, L2, L3 e L4. O tempo de evolução de cada estágio larval dura aproximadamente 24 horas, em uma temperatura média de 28,5 °C. O seu completo desenvolvimento leva em torno de 6 a 10 dias, sendo modificado por diversos fatores, como temperatura, luminosidade, salinidade, poluentes orgânicos e inorgânicos, entre outros (FORATTINI; MARQUES, 2000). No estágio de pupa, não se alimentam, e a respiração ocorre por trompetas; corresponde à fase em que ocorre a transição do estágio larval para o adulto e tem duração de dois a três dias (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

Na fase adulta, o mosquito pode ser macho ou fêmea, suas diferenças se dão pela presença de antenas plumosas e palpos mais longos no macho. Geralmente, esse inseto é escuro e, por intermédio das escamas ornamentais, forma manchas prateadas (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994). As fêmeas do culicídeo se alimentam de seiva de plantas e de sangue humano. Por meio do repasto sanguíneo, ocorre a maturação dos ovócitos, ou seja, a ovogênese. A oviposição acontece geralmente no

fim da tarde, sendo as fêmeas atraída por recipientes escuros de superfície áspera, nos quais depositam os ovos, reiniciando seu ciclo (FUNASA, 2002).

As fêmeas costumam picar nas primeiras horas da manhã e nas últimas da tarde, e não fazem praticamente nenhum som audível antes de picar. Ao picar uma pessoa infectada, mantém o vírus na saliva. O período de incubação no mosquito é de cerca de dez dias. Após a ingestão de sangue infectado, o inseto torna-se apto a transmitir o vírus, e assim permanece durante toda a sua vida. No homem, o período de incubação é de três a seis dias (DUFFY et al., 2009).

### 1.3 DOENÇAS TRANSMITIDAS PELO *Aedes aegypti*

#### 1.3.1 Dengue

A dengue é uma doença infecciosa causada por um vírus (DENV) de genoma Ácido ribonucleico (RNA), do gênero Flavivírus e família Flaviviridae. No Brasil, são conhecidos quatro sorotipos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4. Os vírus são transmitidos pela picada do mosquito infectado do gênero *Aedes* (*Stegomyia*), tendo o *Aedes aegypti* como principal vetor de importância epidemiológica na transmissão da doença (BARRETO; TEIXEIRA, 2008).

Foram descritas como sorotipo 1 as cepas do vírus isoladas no Havaí; e como sorotipo 2, as identificadas na Nova Guiné. Diante de uma epidemia de dengue hemorrágica no Sudeste Asiático, foram isolados e denominados os sorotipos 3 e 4 (BARRETO; TEIXEIRA, 2008). Na Tailândia, em 2013, após o sequenciamento e a análise do genoma, foi descoberto e isolado o sorotipo 5, ainda não identificado no território brasileiro (MAMANI, 2014).

No Brasil, existem indícios de que a primeira epidemia de dengue tenha ocorrido no século XIX, porém ainda não havia sido confirmada por análise laboratorial. Entre os anos de 1981 e 1982, surgiu um surto de dengue no país, na cidade de Boa Vista, estado de Roraima, sendo causado pelos sorotipos 1 e 4 do DENV na região, contudo, não foi identificada a expansão desse vírus no país. Somente nos anos de 1986 e 1990, no estado do Rio de Janeiro, foi detectada a circulação dos sorotipos 1 e 2 do DENV (SCHATZMAYR et al., 1986). Houve a confirmação do DENV-3 nos anos 2000, na cidade de Nova Iguaçu, também no Rio de Janeiro, e do DENV-4 no estado de Roraima em 2010 (TEMPORÃO et al., 2011).

Mesmo diante dos diferentes sorotipos, a dengue se caracteriza, de forma geral, por uma sintomatologia básica, como: febre aguda, dores musculares e articulares intensas, vômitos persistentes e hipotensão arterial, com duração média de três a sete dias (DIAS et al., 2010). Ela pode evoluir, em alguns casos, para uma forma mais grave, conhecida como dengue hemorrágica, ocasionando um conjunto de disfunções orgânicas severas: acúmulo de líquido, dificuldade respiratória, sangramento e/ou comprometimento grave dos órgãos, que pode levar a óbito (SIMMONS, 2012).

Na dengue, a primeira manifestação é a febre, geralmente alta (39 °C a 40 °C), de início abrupto, associada à cefaleia, adinamia, mialgias, artralgias, dor retro-orbitária, com presença ou não de exantema e/ou prurido. Anorexia, náuseas, vômitos e diarreia podem ser observados por 2 a 6 dias. Alguns pacientes podem evoluir para formas graves da doença e passam a apresentar sinais de alarme da dengue, principalmente quando a febre cede, em que precedem as manifestações hemorrágicas graves (BRASIL, 2007).

As manifestações hemorrágicas, como epistaxe, petéquias, gengivorragia, metrorragia, hematêmese, melena, hematúria e outros, bem como a plaquetopenia, podem ser observadas em todas as apresentações clínicas de dengue. É importante ressaltar que o fator determinante na febre hemorrágica da dengue é o extravasamento plasmático, que pode ser expressado por meio da hemoconcentração, hipoalbuminemia e ou derrames cavitários (BRASIL, 2009).

Na Estratégia de prevenção e controle da dengue 2012-2020, a Organização Mundial da Saúde definiu a dengue como uma doença tropical negligenciada (DTN), devido à falta de esforços de coordenação global, pesquisas e interesse político (WHO, 2012). As estratégias utilizadas para reduzir a rápida expansão da dengue, como o desenvolvimento de vacinas e controle do vetor, não estão sendo suficientes na atual configuração demográfica e urbana que favorece a transmissão da doença (SIMMONS et al, 2012).

Em 2018, foram registrados 265.934 casos prováveis de dengue no país; destes, 174.724 (65,7%) foram confirmados com uma incidência de 127,5 casos/100 mil hab. A análise da taxa de incidência de casos prováveis de dengue (número de casos/100 mil hab.), em 2018, até a Semana Epidemiológica (SE) 52, segundo regiões geográficas, evidenciava que as regiões Centro-Oeste e Nordeste apresentavam as maiores taxas de incidência: 635,9 casos/100 mil hab. e 118,5 casos/100 mil hab.,

respectivamente. Foram confirmados 155 óbitos por dengue até a SE 52; existem ainda em investigação, em 2018, 358 casos de dengue grave e dengue com sinais de alarme e 154 óbitos que podem ser confirmados ou descartados (BRASIL, 2018).

### 1.3.2 Chikungunya

A chikungunya é uma doença causada por um vírus (CHIKV) RNA do gênero Alphavirus, da família Togaviridae, originário da África, onde circula em complexos ciclos silvestres envolvendo vetores do gênero *Aedes* e primatas não humanos, com três genótipos: África Ocidental, Leste/Central/Sul da África e asiático (NASCI, 2014). O primeiro surto registrado ocorreu em 1952, na Tanzânia; e, apesar de já haver relatos de sintomas semelhantes aos da chikungunya, o vírus não havia sido isolado do soro humano nem de mosquitos (WEAVER; FORRESTER, 2015).

Diversos surtos de chikungunya foram registrados no Quênia, em 2004, disseminando-se pelos anos seguintes por diversas ilhas do Oceano Índico, atingindo a Índia e o Sudeste Asiático (WEAVER; FORRESTER, 2015). De acordo com estudos de Rezza et al. (2007), houve um surto na província de Ravenna, localizada na região nordeste da Itália, com mais de 200 casos confirmados em 2007. Em 2013, chegou ao Caribe; e, no primeiro semestre de 2014, foram notificados mais de 130 mil casos autóctones nas Américas. No Brasil, o primeiro caso ocorreu na cidade de Oiapoque, no Amapá, em 2014; e, logo depois, foram confirmados casos autóctones em Feira de Santana, na Bahia (NUNES et al., 2015).

Há muitas características semelhantes entre a infecção por DENV e por CHIKV, por isso, há certa dificuldade para sua distinção. O período de incubação varia de 10 a 12 dias, em que a doença pode evoluir em três fases: aguda, subaguda e crônica (AIKEN; ANZINGER, 2015). Na fase aguda, com duração de até dez dias, geralmente os pacientes apresentam síndrome febril (39 °C) de início repentino, intensa poliartralgia, cefaleia, *rash* cutâneo, fadiga, mialgia, edema nas articulações e dor ligamentar (GOMÉZ; ISAZA, 2016). Podem, além disso, apresentar outros sinais e sintomas, como a dor retro-ocular, calafrios, conjuntivite, faringite, náusea, vômitos, diarreia, dor abdominal, manifestações do trato gastrointestinal, mais presentes nas crianças, podendo haver, também, linfadenomegalias cervicais associadas (BRASIL, 2015).

Existem relatos de manifestações atípicas de pacientes com CHIKV, que podem ser ocasionadas por efeitos diretos do vírus, por resposta imunológica ou pela toxicidade a medicamentos. Essas manifestações podem acometer os sistemas neurológico (encefalites, meningoencefalite, mielite, síndrome de Guillain-Barré) e cardiovascular (miocardite, pericardite, insuficiência cardíaca, arritmia), a pele (hiperpigmentação por fotossensibilidade, dermatoses vesiculobolhosas), e os olhos (neurite óptica, retinite, entre outros) (DONALISIO; FREITAS, 2015).

O quadro clínico na fase subaguda dura de dez dias a três meses. A febre normalmente desaparece, porém, há relatos de recorrência desse sintoma, podendo haver persistência ou agravamento da artralgia, astenia, prurido generalizado, exantema maculopapular, além do surgimento de lesões purpúricas, vesiculares e bolhosas (BRASIL, 2015).

Havendo uma persistência dos sintomas por mais de três meses, o paciente evolui para uma fase crônica, que pode durar até três anos; apresentando, mais frequentemente nessa fase, dores articulares e musculoesqueléticas, limitações de movimentos e deformidades (NOVALES et al., 2015). Identificaram-se também casos que apresentaram fadiga, cefaleia, prurido, alopecia, exantema, bursite, tenossinovite, disestesias, parestesias, dor neuropática, distúrbios do sono, alterações da memória, déficit de atenção, alterações do humor, turvação visual e depressão, entre outras (BRASIL, 2017).

A forma mais frequente de transmissão do CHIKV ao homem é consequência principalmente da picada da fêmea infectada dos gêneros *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (FARIA et al., 2016). Contudo, existe também a possibilidade de transmissão vertical da mãe para o feto quase que exclusivamente no intraparto de gestantes virêmicas, o que, muitas vezes, provoca infecção neonatal grave (MADARIAGA; TICONA; RESURRECION, 2016).

Nesse período, a taxa de transmissão pode chegar a até 50%; desses, cerca de 90% podem evoluir para formas graves (complicações neurológicas – meningoencefalites, edema cerebral, hemorragia intracraniana, convulsões e encefalopatias hemorrágicas e acometimento miocárdico), porém, não está relacionada com efeitos teratogênicos, mas há raros relatos de abortamento espontâneo (BRASIL, 2015). Nos primeiros dias, o recém-nascido é assintomático, apresentando sintomatologia a partir do quarto dia (três a sete dias), que compreende a presença de febre, síndrome algica, recusa da mamada, exantemas, descamação,

hiperpigmentação cutânea e edema de extremidades. Pode ocorrer também transmissão por via transfusional, todavia, é rara se os protocolos forem observados (BRASIL, 2017).

Para detecção do CHIKV, é preconizada a coleta das amostras de sangue ou soro, mediante três técnicas de diagnóstico, por meio das quais as amostras são coletadas após uma semana depois do aparecimento dos sintomas: o isolamento viral, a reação em cadeia de polimerase em tempo real ou convencional para detecção do RNA do vírus e Imunoglobulinas M e G (IgM e IgG) e o ensaio imunoenzimático (BRASIL, 2017).

Em 2018, até a SE 52, foram registrados 87.687 casos prováveis de febre de chikungunya no país; destes, 68.962 (78,6%) casos foram confirmados com uma incidência de 42,1 por 100 mil hab. Nesse ano, a região Sudeste apresentou o maior número de casos prováveis de febre de chikungunya (52.966 casos; 60,4%) em relação ao total do país; em seguida, aparecem as regiões Centro-Oeste (13.862 casos; 15,8%), Nordeste (11.287 casos; 12,9%), Norte (9.315 casos; 10,6%) e Sul (257 casos; 0,3%) (BRASIL, 2018). Foram confirmados laboratorialmente 39 óbitos por chikungunya, e existem ainda 42 óbitos em investigação que podem ser confirmados ou descartados. No período de 2017, haviam sido confirmados 192 óbitos e existiam 37 óbitos em investigação (BRASIL, 2018).

### **1.3.3 Zika**

O vírus Zika (ZIKV) foi identificado a partir de soro de um macaco rhesus que habitava a floresta de Zika, na Uganda, no ano de 1947. A partir daí, a doença foi registrada nos continentes africano, asiático e americano, mas de uma forma branda com ocorrências esporádicas em humanos (DICK, 1952). Em 2007, ocorreu o principal surto de zika detectado fora da África e da Ásia, em uma epidemia nas ilhas de Yap, na Micronésia (KINDHAUSER et al., 2016).

Em 2013 e 2014, ocorreu uma epidemia na Polinésia Francesa, de onde a doença se espalhou pela Oceania. Nas Américas, foi confirmada a transmissão autóctone no Chile em 2014 (MUSSO et al., 2015). Conforme Salvador e Fujita (2016), no Brasil, os casos suspeitos são reportados desde o final de 2014, intensificando-se no início de 2015, principalmente na região Nordeste, sendo, a partir dessa data, vários casos notificados e confirmados nas demais unidades federativas brasileiras.

O ZIKV pertence ao gênero Flavivírus da família Flaviviridae; a sua transmissão ocorre geralmente por meio de vetores artrópodes da família culicidae do gênero Aedes durante o repasto sanguíneo. Contudo, já foram descritas outras hipóteses de transmissão, como: por via sexual, congênita, transfusão sanguínea, transplantes e acidentes laboratoriais (MUSSO et al., 2015).

Os principais sintomas clínicos são febre baixa (menor que 38,5 °C), transitória artrite/artralgia com possível edema (principalmente nas pequenas articulações das mãos e dos pés) e erupção maculopapular, hiperemia conjuntival ou conjuntivite não purulenta bilateral, com sintomas não específicos gerais, tais como mialgia, cefaleia e astenia. Os sintomas clínicos da doença aguda pelo ZIKV aparecem após um período de incubação que varia de 3 a 12 dias; são geralmente leves e de curta duração, de dois a sete dias, e com infecções que podem passar despercebidas ou ser diagnosticadas como dengue (LABEAUD, 2016).

Em comparação como outras doenças exantemáticas, como a dengue e a chikungunya, os sinais e sintomas ocasionados pela zika incluem um quadro exantemático mais acentuado e hiperemia conjuntival, mas sem alteração significativa na contagem de leucócitos e plaquetas (LABEAUD, 2016). No entanto, apesar da aparente benignidade da doença, mais recentemente, na Polinésia Francesa e no Brasil, quadros mais severos, incluindo comprometimento do sistema nervoso central (SNC) (síndrome de Guillain-Barré, mielite transversa e meningite), associados à zika têm sido comumente registrados, o que mostra quão pouco conhecida ainda é essa doença (CUGOLA et al., 2016).

Deve-se considerar a implicação da infecção pelo ZIKV em gestantes na ocorrência de microcefalia em recém-nascidos. A relação causal foi feita pelo Instituto Evandro Chagas (IEC), do Ministério da Saúde (MS), ao isolar o ZIKV do cérebro de um recém-nascido que evoluiu a óbito logo após o nascimento, em que fez a detecção desse vírus no Líquido cefalorraquidiano (LCR), no cérebro e nos fragmentos de várias vísceras (KINDHAUSER et al., 2016).

Posteriormente, esses resultados foram reforçados com a detecção de anticorpos IgM para ZIKV no LCR de 12 crianças que nasceram com microcefalia (MUSSO et al., 2015). Também foi identificada uma relação causal do ZIKV no líquido amniótico de duas gestantes da Paraíba com histórico de doença exantemática e fetos com microcefalia detectados na ultrassonografia fetal (CUGOLA et al., 2016; CALVET et al., 2016). As crianças com microcefalia podem apresentar epilepsia, paralisia

cerebral, retardo no desenvolvimento cognitivo, motor e fala, além de problemas de visão e audição (SCHRAM, 2016). Além disso, outros problemas graves foram identificados devido a essa infecção viral, como injúria do SNC, restrição do crescimento fetal, insuficiência placentária e morte fetal (SCHRAM, 2016).

Em 2018, até a SE 52, foram registrados 8.680 casos prováveis de doença pelo ZIKV no país; destes, 3.984 (45,9%) foram confirmados com taxa de incidência de 4,2 casos/100 mil hab. A região Sudeste apresentou o maior número de casos prováveis (3.149 casos; 36,3%) em relação ao total do país, seguida das regiões Nordeste (2.425 casos; 27,9%), Centro-Oeste (1.733 casos; 20,0%), Norte (1.326 casos; 15,3%) e Sul (47 casos; 0,5%) (BRASIL, 2019).

Em 2017, da SE 1 à SE 52, foi confirmado laboratorialmente um óbito por ZIKV no estado de Rondônia. Em 2018, até a SE 52, cinco óbitos por ZIKV foram confirmados nos estados da Paraíba, de Alagoas (dois óbitos), de São Paulo e de Goiás. Em relação às gestantes no país, no mesmo período, foram registrados 1.097 casos prováveis, sendo 449 confirmados por critério clínico-epidemiológico ou laboratorial (BRASIL, 2019).

Não há nenhum tratamento específico ou vacina disponível para febre Zika. O MS recomendou a proteção individual contra picadas de insetos, principalmente para gestantes, e campanhas foram realizadas para conscientização da população quanto aos cuidados ambientais contra a proliferação do vetor (ZANLUCA et al., 2015).

Dessa forma, faz-se necessário um esforço coordenado para desenvolver medidas de controle eficientes, exames sorológicos eficazes e para melhor conhecimento dos efeitos da doença, levando em conta que seus impactos e o efeito causado pela cocirculação com os arbovírus da dengue e da febre chikungunya ainda são desconhecidos (SHAN et al., 2016; ZANLUCA et al., 2015).

#### 1.4 VIGILÂNCIA ENTOMOLÓGICA E CONTROLE VETORIAL

A vigilância entomológica, subcomponente da vigilância epidemiológica, objetiva, principalmente, o monitoramento dos índices de infestação, mantendo-os inferiores a 1%. As atividades de controle vetorial geralmente são realizadas por ciclos de trabalho, com periodicidade bimestral, equivalendo a seis visitas anuais ao mesmo imóvel, realizadas pelo agente de endemias. As ações de controle vetorial devem ser realizadas de forma planejada e organizada, e envolvem reconhecimento geográfico

(RG) baseado na identificação, numeração de quarteirões, localização e especificação do tipo de imóvel dentro de cada quarteirão; visita domiciliar, registro da visita, vigilância dos pontos estratégicos e delimitação de focos (BRASIL, 2009).

Diante da dinâmica ambiental interveniente na ecologia do *Aedes aegypti* e para aumentar a eficácia do combate ao mosquito, o MS realiza o Levantamento de Índice Rápido para o *Aedes aegypti* (LIRAA), que foi idealizado com vistas ao monitoramento da população (e dispersão) do vetor Aedes. O LIRAA é realizado periodicamente em âmbito nacional, fornece o Índice de Infestação Predial (IIP), Índice de Infestação em Depósitos (Índice de Breteau – IB) do *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* e o Índice por Tipo de Recipiente (BRASIL, 2013).

Segundo o MS (2013), os componentes da ferramenta LIRAA mais utilizados para avaliação da situação de risco de transmissão de dengue podem ser visualizados conforme as equações 1, 2 e 3.

1. IIP é a relação expressa em porcentagem entre o número de imóveis positivos e o número de imóveis pesquisados.

$$\text{IIP} = \frac{\text{Imóveis positivos}}{\text{Imóveis pesquisados}} \times 100$$

2. IB é o índice mais comumente utilizado e leva em consideração a relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados.

$$\text{IB} = \frac{\text{Recipientes positivos}}{\text{Imóveis pesquisados}} \times 100$$

3. Índice por Tipo de Recipiente é a relação em porcentagem entre o número do tipo de recipiente positivo e o número de recipientes positivos pesquisados (para larvas). Ressalta a eventual importância de determinado criadouro, entre os positivos, e, conseqüentemente, indica a necessidade de adoção de medidas específicas de controle.

$$\text{ITR} = \frac{\text{Recipientes positivos "X"}}{\text{Total de recipientes positivos}} \times 100$$

O procedimento do LIRAA consiste na divisão do município por estratos ou grupos de 9 mil a 12 mil imóveis com características semelhantes, sendo pesquisados aproximadamente 450 imóveis que são avaliados pelos agentes de saúde, para identificar a presença de larvas e pupas do mosquito. É classificado de acordo com o risco, em que, abaixo de 1% da quantidade de imóveis com larvas, o índice é considerado satisfatório; de 1% a 3,9%, em alerta; e acima de 3,9%, em risco. Ressalta-se que o MS recomenda a redução para menos de 1% do IIP do *Aedes aegypti* (BRASIL, 2013).

Donalísio e Glasser (2002) ressaltaram que a realização periódica de atividades de vigilância entomológica é fundamental para o dimensionamento do embate das medidas de controle, orientando ajustes nas ações prescritas pelos programas de combate às endemias. O LIRAA tornou-se uma ótima estratégia de vigilância territorial em saúde, pois, ao investigar as áreas de concentração dos criadouros, mapeia os índices e a situação de infestação do município (BRASIL, 2013).

#### 1.5 INFLUÊNCIA DE FATORES SAZONAIS E SOCIOECONÔMICOS NA FREQUÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE CRIADOUROS DE *Aedes aegypti*

Há uma dinâmica complexa na transmissão de arboviroses, tendo em vista que envolve interações hospedeiro-vetor; as quais, por sua vez, são influenciadas por fatores biológicos, socioeconômicos e demográficos. Um dos fatores que mais influenciam na proliferação de mosquitos vetores é a mudança climática e variações nas temperaturas (DELMELLE et al., 2016; SUN; XUE; XIE, 2016). Mudança climática é a variação significativa de determinado parâmetro do clima que permanece por um prolongado intervalo de tempo; essa mudança pode ocorrer de forma natural ou causada pelo homem (GALATI et al., 2015).

A temperatura do ar é um parâmetro abiótico que interfere significativamente no desenvolvimento dos insetos durante a fase larval, alterando o tempo de emergência dos adultos, as taxas de fecundidade, fertilidade, oviposição, hematofagia e transmissão de arbovírus, como a dengue (ALTO; BETTINARDI, 2013; GALATI et al., 2015). Alterações no clima devido ao aquecimento global sugerem também o desaparecimento de algumas espécies de vetores de arbovírus de determinadas regiões ou a migração para novas áreas geográficas (ESCOBAR et al., 2016).

Pode-se observar uma tendência de flutuação sazonal da densidade do vetor em regiões temperadas. Nessas áreas, a reprodução se dá em períodos mais quentes, a larva fica viável, passando pelos períodos mais frios, e eclode quando ocorrem condições favoráveis. Já nas regiões de clima tropical e subtropical, a proliferação é contínua, com diminuição da densidade populacional nos meses mais secos e frios. A elevação da temperatura e da pluviosidade estão diretamente relacionadas com o aumento na postura de ovos. As larvas estão sujeitas às variações de temperatura do ambiente, principalmente aquelas que se encontram em pequenos criadouros. Em condições adequadas de temperatura, elas se alimentam mais; conseqüentemente, diminui-se o tempo para conclusão do ciclo de vida do mosquito (WEBER; WOLLMANN, 2016; LOURENÇO DE OLIVEIRA, 2015).

Os índices pluviométricos também estão associados ao desenvolvimento, presença, distribuição espacial e temporal dos insetos vetores. Alguns autores constaram que a elevação na densidade de chuvas contribuiu para maior infestação de *Aedes aegypti* e ocorrência de surtos de dengue (BESERRA et al., 2014; GALATI et al., 2015). Além disso, as flutuações nos níveis pluviométricos também acarretam mudanças no comportamento humano, como no caso de estocagem de água de chuva, tanto durante como após períodos de secas, o que acaba contribuindo para um aumento no número de criadouros disponíveis (TREWING et al., 2013).

No Brasil, mais de 80% da população humana encontra-se na área urbana, com graves falhas no setor de infraestrutura, como coleta adequada do lixo, gerenciamento dos resíduos sólidos e abastecimento regular de água. Outros fatores, como grande disponibilidade de criadouros, condições climáticas favoráveis, dificultam, em curto prazo, a apresentação de ações que visem erradicar o vetor (BESERRA et al., 2014).

Os aspectos econômicos, sociais e políticos, como a migração, o desmatamento e a desigualdade social nas áreas urbanas, podem acentuar a interferência causada pelas mudanças climáticas no desenvolvimento dos insetos. A urbanização tem um papel fundamental na distribuição espacial desses insetos, tendo em vista que somente as espécies com adaptações a esse tipo de ambiente sobrevivem. Além disso, o crescente processo de urbanização e migração aliado às alterações ambientais interferem decisivamente na disseminação das doenças transmitidas por esses artrópodes (ALVES et al., 2010; GALATI 2015).

## 1.6 ANÁLISE ESPAÇOTEMPORAL DE DOENÇAS

O processo de saúde-doença é produto direto das complexas e dinâmicas interações entre homem e ambiente. Nesse sentido, é de essencial importância considerar as influências das transformações de ordem econômica, de origem natural e das experiências biológicas dessas populações em contato com diversos agentes patogênicos, assim como a variedade dos fatores geográficos, responsáveis pela formação de ambientes vulneráveis e de risco para a dispersão de vetores (AQUINO JÚNIOR, 2014).

Assim, a análise espacial tem sido considerada uma ferramenta promissora na identificação de áreas prioritárias para as intervenções em saúde (RODRIGUES et al., 2014). Cada vez mais, estão sendo realizados estudos para analisar, no âmbito espacial e temporal, a distribuição das doenças, com intuito de favorecer a introdução de novas práticas, instrumentos ou formas de realizar a atenção à saúde, de maneira mais eficiente, integrada e equitativa (PINTO; SANTOS; OLIVEIRA, 2014).

As técnicas de análise espacial permitem a identificação de variáveis sociodemográficas, econômicas e ambientais como fatores de risco de um determinado evento sobre a população. Além disso, as técnicas podem contribuir para a detecção de áreas vulneráveis para o monitoramento e controle de eventos da saúde, bem como para a avaliação dos seus impactos e das intervenções (CAVICCHIOLI NETO et al., 2014).

O geoprocessamento é o conjunto de metodologias de “coleta e processamento de dados que produz informação demográfica e contribui para o reconhecimento das condições de risco no território” (NARDI et al., 2013). Tem como base a medição de determinada variável com sua localização, reunindo ferramentas de digitalização da informação, cartografia automatizada, metodologias, conversão e gerenciamento de banco de dados, modelagem digital de terreno, localização, processamento de imagens, estatísticas espaciais e informação geográfica em uma base de dados georreferenciada, a partir de programas computacionais (CARVALHO JUNIOR et al., 2003; NARDI et al., 2013).

A utilização do geoprocessamento é uma importante ferramenta na identificação, localização, acompanhamento e monitoramento de áreas geográficas sob maior risco. Colabora para a vigilância epidemiológica, proporcionando uma visão ampliada da situação das doenças no espaço, permitindo escolhas de estratégias e a

realização de intervenções específicas, de acordo com a necessidade da população (HINO et al., 2011). A utilização adequada dessa ferramenta poderá servir de guia e suporte para as devidas avaliações e oferecer subsídios mais concretos e com maior rapidez sobre informações quantitativas, qualitativas e espaciais (CAIXETA; SOUSA, 2007).

Diante disso, estudos de variações espaciais de incidência de eventos têm sido considerados uma ferramenta promissora para “compreensão, previsão, busca etiológica, prevenção e monitoramento de doenças e avaliação de impactos de intervenções e identificação de áreas prioritárias para as intervenções em saúde” (CAVICCHIOLI NETO et al., 2004), possibilitando melhor atuação dos profissionais, ações de educação permanente e continuada, realocação dos recursos humanos e físicos, além de alicerçar estudos sobre a transmissibilidade nas regiões e nas áreas de abrangência, permitindo acesso rápido às informações necessárias para realizar a vigilância dos casos (NARDI et al., 2013).

Além da categoria de análise espacial, a categoria de análise temporal é igualmente relevante na utilização do geoprocessamento nos estudos da saúde. A associação das duas análises é de grande importância em indicadores entomológicos com vistas ao monitoramento e ao controle dos vetores; e, ao longo dos anos, esse tipo de análise tem se difundido em diversos países para o controle do *Aedes* (LAGROTTA, 2006). A incorporação de técnicas de geoprocessamento e a análise espacial no Programa de Controle da Dengue, desde que utilizados imediatamente, podem contribuir para as ações de controle, indicando os aglomerados espaciais de maior incidência (AQUINO JÚNIOR, 2014).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a distribuição espacial dos coeficientes de incidência das arboviroses dengue, chikungunya e zika no estado da Paraíba, avaliando a existência de dependência geográfica entre os municípios e sua relação com fatores socioeconômicos, no período de 2009 a 2018.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A) Elaborar mapas temáticos, com utilização de técnicas de georreferenciamento, para análise da distribuição espacial das arboviroses, nos municípios do estado da Paraíba;
- B) Investigar a ocorrência de *clusters* espaciais para incidência das arboviroses no estado da Paraíba, por meio do cálculo dos Índices de Moran global, local e Estatística *c* de Geary;
- C) Descrever a distribuição espacial do IIP pelo *Aedes aegypti*;
- D) Verificar se há relação entre variáveis socioeconômicas (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, Índice de Gini, renda, porte populacional, densidade populacional e saneamento) e a taxa de incidência das arboviroses por municípios do estado da Paraíba.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um estudo ecológico de dados secundários. Foram utilizados os casos notificados das arboviroses dengue, zika e chikungunya no estado da Paraíba, referentes ao período de 2009 a 2018, notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) do MS.

#### 3.2 ÁREA DE ESTUDO

O estado da Paraíba está situado na parte oriental do Nordeste, entre os meridianos de 34° 45' 54" e 38° 45' 45" de longitude oeste e os paralelos de 6° 2' 12" e 8° 19' 18" de latitude sul. Possui uma área de 66,70 Km<sup>2</sup>, com um total de 223 municípios, e população estimada em 3.996.496 habitantes (IBGE, 2018), distribuída em quatro mesorregiões: Sertão Paraibano, Planalto da Borborema, Agreste Paraibano e Mesorregião da Zona da Mata Paraibana, que corresponde à faixa litorânea (IBGE, 2018) (Figura 1). O IDHM da Paraíba é 0,658, em 2010, o que situa essa Unidade Federativa (UF) na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). A dimensão que mais contribui para o IDHM da UF é Longevidade, com índice de 0,783, seguida de Renda, com índice de 0,656, e de Educação, com índice de 0,555 (IBGE, 2019).

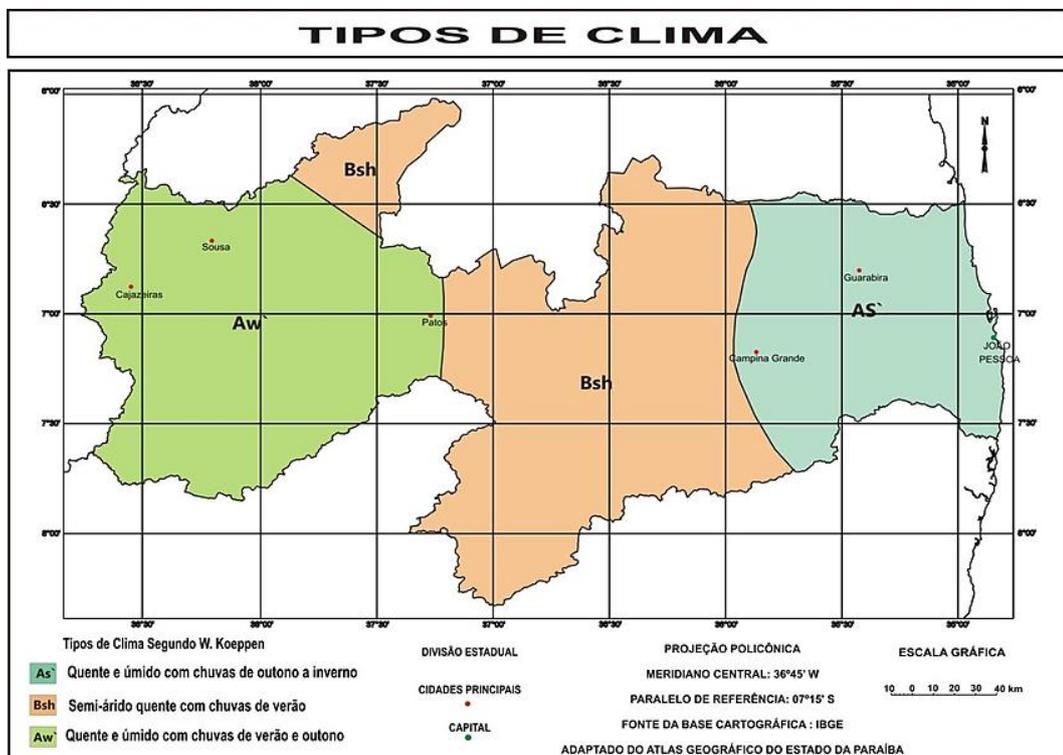


**Figura 1** – Localização do estado da Paraíba e suas mesorregiões

**Fonte:** Adaptado de Oliveira e Souza (2017).

Quando considerados apenas o clima e o relevo, o território do estado é subdividido em três macrorregiões. A zona da Mata Paraibana que engloba o Litoral, Brejo e parte do Agreste, com o clima Tropical Quente e Úmido e chuvas de outono-inverno. Na faixa litorânea, a temperatura média é de 26 °C, e as chuvas anuais atingem a média de 1.800 mm; sendo que o período mais chuvoso se entende entre os meses de abril e julho. Na porção central do estado, com clima Semiárido Quente, as chuvas estão concentradas no verão, com os índices mais baixos de precipitação com média de 500 mm e temperatura média anual de 26 °C. Esse clima predomina nas regiões do Cariri Paraibano, Seridó e grande parte do Planalto da Borborema (SANTOS et al., 2010).

A região do Sertão, que ocupa o terço oeste do estado, é formada pela depressão do rio Piranhas e seus contribuintes, e tem clima do tipo Semiárido Quente, nas áreas mais altas (<300 mm), e Tropical Quente e Úmido com chuvas de verão-outono, nas áreas mais baixas da depressão com média de 800 mm. A temperatura atinge em média 27 °C. Em todo o Sertão da Paraíba, predomina esse tipo de clima. A irregularidade temporal e espacial das chuvas é uma característica da região, onde o período chuvoso é de fevereiro a maio (SANTOS et al., 2010).



**Figura 2** – Mapa de tipos de clima da área de estudo

Fonte: Adaptado de Paraíba (1985).

### 3.3 FONTE DOS DADOS

Foram utilizados dados provenientes do SINAN, disponibilizados pela Gerência Executiva de Vigilância em Saúde da Secretaria de Estado da Saúde da Paraíba. As informações sobre condições socioeconômicas foram provenientes do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018).

### 3.4 VARIÁVEIS DE ESTUDO

#### 3.4.1 Variáveis Dependentes

Foram realizados os seguintes coeficientes das três arboviroses (Quadro 1).

**Quadro 1** – Variáveis para cálculo do Coeficiente de Incidência (CI) das arboviroses e fontes dos dados

<b>DADOS DA DOENÇA E POPULACIONAIS DOS MUNICÍPIOS</b>	
<b>Variáveis</b>	<b>Cálculo</b>
Dengue	<b>CID:</b> número casos de dengue* População no período
Zika	<b>CIZ:</b> número casos de zika* População no período
Chikungunya	<b>CIC:</b> número casos de chikungunya* População no período

**Fonte:** SINAN e IBGE/MS.

\* 100 mil para cada município.

#### 3.4.2 Variáveis Independentes

Foram selecionadas como variáveis independentes as socioeconômicas e LIRAa.

- **Variáveis socioeconômicas**

As variáveis socioeconômicas utilizadas foram: IDHM, Índice de Gini, renda, porte populacional, densidade populacional e saneamento – abastecimento de água, esgotamento sanitário e destinação do lixo (Quadro 2).

**Quadro 2** – Descrição das variáveis municipais, socioeconômicas e fontes dos dados

<b>CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DOS MUNICÍPIOS DA PARAÍBA</b>	
Município	Municípios do estado da Paraíba
IDHM	Medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano municipal: média geométrica dos índices das dimensões: longevidade, educação e renda. O IDHM varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano (Muito baixo: 0 a 0,499; Baixo: 0,500 a 0,599; Médio: 0,600 a 0,699; Alto: 0,700 a 0,799; Muito Alto: 0,800 a 1).
Gini	Indicador expressa as desigualdades na distribuição de renda. Quanto maior o coeficiente, que varia de 0 a 1, maior será a concentração de renda do município. 0 – completa igualdade; 1 – completa desigualdade. Baixo: < 0,550; Médio: 0,550 a 0,699; Alto: 0,700 a 0,799; Muito alto: > 0,800.
Saneamento básico	Abastecimento de água: rede geral, poço ou nascente, outras (carro pipa, água da chuva armazenada, rio, açude);  Esgotamento sanitário: rede geral ou pluvial, fossa séptica, outras (fossa rudimentar, vala, rio, lagoa ou mar), sem coleta;  Destino do lixo: coletado (serviço de limpeza, caçamba de serviço de limpeza, outros) ou jogado em terreno baldio/logrado
Taxa de desemprego	Percentual da população de 16 anos e mais, economicamente ativa, desocupada.
Proporção de indivíduos analfabetos	Percentual de pessoas com 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever pelo menos um bilhete simples, no idioma que conhecem, na população total residente da mesma faixa etária, em determinado espaço geográfico, no ano considerado.
Proporção de pessoas de baixa renda	Proporção da população residente com renda domiciliar mensal per capita de até meio salário mínimo, em determinado espaço geográfico, no ano considerado.

Fonte: IBGE, SINAN/SES/PB, MS/SES/PB.

- **LIRAA**

Os dados entomológicos relativos à infestação pelo *Aedes aegypti* foram obtidos na Vigilância Epidemiológica do estado da Paraíba. Tal infestação pode ser analisada por meio do LIRAA (Quadro 3).

**Quadro 3** – Variável entomológica relativa à infestação pelo *Aedes aegypti* e fonte de dados

<b>ÍNDICE DE INFESTAÇÃO</b>	
IIP (LIRAA)	<p>Baixa intensidade (satisfatório): &lt; 1% (menos de uma casa infestada para cada 100 pesquisadas);</p> <p>Média intensidade (alerta): entre 1% e 3,9% (de uma a três casas infestadas para cada 100 pesquisadas);</p> <p>Alta intensidade (risco): &gt; 3,9% (mais de quatro casas infestadas para cada 100 pesquisadas).</p>

Fonte: MS/SES/PB.

### 3.5 MÉTODOS DESCRITIVOS DE VISUALIZAÇÃO DA VARIÁVEL

Foi realizada a análise descritiva e inferencial, sendo utilizados: o método de intervalos iguais, que é a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo da variável que é dividida pelo número de classes, obtendo-se o valor do intervalo de cada classe; o método dos quintis, em que intervalo de valores de cada classe é calculado por meio do ordenamento dos valores da variável, é uma forma de separar as classes em percentual de valores da variável; e o método de número de desvios padrão, em que são geradas classes separadas pelo valor do desvio padrão (DUNCAN et al., 2014).

### 3.6 AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL

A autocorrelação espacial (associação) é a correlação entre as observações de uma única variável estritamente atribuível à proximidade dessas observações no espaço geográfico. Essa definição é resumida pela primeira lei da geografia descrita

por Tobler (1979), que afirma que “todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes”.

Atualmente, uma série de medidas de autocorrelação espacial estão disponíveis. Tais medidas lidam com a covariância ou a correlação entre as observações vizinhas de uma determinada variável; por exemplo, a autocorrelação espacial do número de indivíduos contaminados com os vírus transmitidos pelo mosquito *Aedes aegypti* nos municípios do estado da Paraíba. As medidas e testes de autocorrelação espacial (associação) podem ser diferenciadas pelo alcance ou escala de análise. Geralmente, distingue-se entre as medidas globais e locais; as duas medidas mais utilizadas para avaliar o grau de autocorrelação espacial entre áreas são o Índice de Geary e o Índice de Moran (FISCHER; LESAGE, 2010).

- **Estatística C de Geary**

A estatística C de Geary possibilita a avaliação da existência de associação entre os valores de um determinado atributo entre as áreas de uma região de estudo, levando-se em consideração a localização espacial dessas áreas. Esse parâmetro varia em um intervalo de 0 a 2, em que 0 significa associação perfeita, 1 representa um comportamento aleatório e 2 indica dispersão perfeita (FISCHER; LESAGE, 2010).

A estatística C de Geary é calculada como:

$$c = \frac{(n - 1)}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}.$$

- **Índice de Moran global**

Primeiramente, foi testada a autocorrelação espacial global da incidência, por meio do Índice Global (I). Esse índice caracteriza-se por fornecer uma medida geral da associação espacial existente no conjunto de dados que irá medir o grau de correlação espacial entre os pares de vizinhança, ponderado pela proximidade geográfica (ALMEIDA; HADDAD; HEWINGS, 2005). O índice I de Moran é dado pela seguinte expressão:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

Em que  $n$  é o número de áreas;  $y_i$ , valor observado da variável  $Y_i$  da  $i$ -ésima área;  $\bar{y}$  é a média dos valores observados na região de estudo; e  $w_{ij}$ , os elementos da matriz de proximidade espacial  $W$ .

Seu resultado pode variar de -1 a 1, sendo que, para os dados com distribuição espacial aleatória, o  $I$  de Moran é próximo a zero. Para aqueles que apresentam padrão espacial, os valores são positivos, próximos a 1, ou seja, áreas vizinhas apresentam comportamento similar. Já valores próximos a -1 indicam autocorrelação espacial negativa, isto é, o valor do atributo em uma região não é dependente dos valores dessa mesma variável em áreas diferentes, e 0 representa um comportamento aleatório (FISCHER; WANG, 2011).

- **Índice de Moran Local (Local Indicators of Spatial Association – LISA)**

Com o intuito de evidenciar os locais em que a dependência espacial foi mais acentuada, e de verificar com mais detalhes os diferentes regimes de associação formados, foi utilizado o Local Indicators of Spatial Association (LISA). Esse indicador demonstra o grau de autocorrelação espacial local. O coeficiente  $l_i$  de Moran local para uma variável  $y$  padronizada, observada na região  $i$ , pode ser dado pela expressão (TOBLER, 1970):

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / n}.$$

Segundo Almeida et al.(2005), o coeficiente  $l_i$  de Moran Local faz uma decomposição do indicador global de autocorrelação na contribuição local de cada observação em quatro categorias: “alto-alto” (AA), “baixo-baixo (BB), “alto-baixo” (AB) e “baixo-alto” (BA), cada uma correspondendo a um quadrante no Diagrama de Espalhamento de Moran.

O Diagrama de Espalhamento de Moran local foi utilizado para comparar os quadrantes gerados, no qual o quadrante AA indica que localidades com alto valor da variável estão rodeadas de locais com alto valor para essa variável. O quadrante BB indica que locais com baixo valor da variável estão circundadas por locais com baixo valor. No quadrante AB e BA estão os locais com altos valores/baixos valores próximos a locais com baixos valores/altos valores, respectivamente (ALMEIDA ET AL., 2005). Para ambos os índices (global e local), o nível de significância para a autocorrelação espacial será de 5%.

### 3.7 ANÁLISE GRÁFICA

A análise gráfica do Índice de Moran local foi obtida por meio das seguintes técnicas: *Box Map*, que mapeia os bairros segundo os quadrantes a que pertencem; *LISA Map*, que mostra quais bairros apresentaram dependência espacial local estatisticamente significativa quando comparada à global ( $p$ -valor  $<0,05$ ); e o *Moran Map*, que finalmente destaca, também por intermédio da divisão dos quadrantes, somente os bairros que apresentaram significância estatística.

Neste estudo, serão realizados os três métodos. Primeiramente, serão plotados os *Box Maps*, dividindo os municípios da Paraíba conforme os quadrantes, em cada ano separadamente. Em seguida, serão plotados os *LISA Maps*, que irão evidenciar os municípios que apresentarem  $p$ -valor menor que 0,001; 0,01 e menor que 0,05, em cada ano. Finalmente, serão realizados os *Moran Maps*, para mostrar apenas os municípios que apresentaram significância estatística, porém distribuídos em seus respectivos quadrantes, coloridos com as mesmas cores que identificavam os quadrantes dos *Box Maps*.

### 3.8 MODELAGEM

Com o intuito de verificar o melhor modelo explicativo de associação das variáveis do contexto socioeconômico e ambiental, foram aplicadas quatro alternativas de modelos de regressão: regressão clássica, espacial autorregressivo, erro espacial e espacial de Durbin.

### a) Regressão Clássica (RC)

Um modelo de regressão baseia-se no relacionamento entre duas ou mais variáveis de forma que uma delas possa ser explicada ou ter seu valor predito por meio de outras variáveis (AZEVEDO et al., 2015). No caso de dados espaciais, havendo autocorrelação espacial, o modelo gerado deve incorporar a estrutura espacial, já que a dependência entre as observações afeta a capacidade de explicação do modelo (CÂMARA, 2016).

Para cada observação  $i$  (área: municípios do estado da Paraíba), com  $i = 1, \dots, n$ , mantém-se a seguinte relação (FISCHER; WANG, 2011):

$$Y_i = \sum_{q=1}^Q X_{iq} \beta_q + \varepsilon_i,$$

Em que  $Y_i$  é uma observação da variável dependente,  $X_{iq}$  é uma observação sobre uma variável explicativa (variável independente), com  $q = 1, \dots, Q$ ,  $\beta_q$  os coeficientes de regressão correspondentes, e  $\varepsilon_i$  é o erro associado às observações da variável dependente.

Na especificação da regressão clássica, os termos do erro possuem média zero, isto é,  $E[\varepsilon_i] = 0$  para todo  $i$ , e são independentes e identicamente distribuídos (i.i.d.). Por isso, a sua variância é constante,  $\text{Var}[\varepsilon_i] = \sigma^2$ , para todo  $i$ , e eles são não correlacionados,  $E[\varepsilon_i \times \varepsilon_j] = E[\varepsilon_i] \times E[\varepsilon_j]$  para  $i \neq j$  (FISCHER; WANG, 2011).

A suposição de que as observações sejam independentes simplifica o modelo, mas, no contexto de dados de área, essa simplificação é pouco provável que aconteça por causa da possibilidade de dependência espacial entre os termos do erro. Uma alternativa é utilizar o modelo espacial autorregressivo misto (MEAR), que atribui à variável resposta  $y_i$  a autocorrelação espacial ignorada. Outra alternativa é pelo modelo do erro espacial (MEE), que considera os efeitos espaciais como um ruído, isto é, como um fator a ser removido (FISCHER; LESAGE, 2010).

### b) Modelo Espacial Autorregressivo Misto

O MEAR atribui à variável resposta  $Y$  a autocorrelação espacial ignorada. Dado que se considera a dependência espacial por meio da adição ao modelo de regressão

de um novo termo na forma de uma relação espacial para a variável dependente (CHEN, 2013). Assumindo a forma:

$$y_i = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_j + \sum_{q=1}^Q X_{iq} \beta_q + \varepsilon_i,$$

Em que  $W$  é a matriz de proximidade espacial;  $WY$  expressa a dependência espacial em  $Y$ ; e  $\rho$  é o coeficiente espacial autorregressivo. Nesse modelo, a autocorrelação espacial é incorporada como componente do modelo.

### c) Modelo de Erro Espacial

Outra forma de dependência espacial ocorre quando a dependência é obtida por meio do processo de erros, em que os erros das diferentes áreas podem apresentar covariância espacial (BIVAND; PIRAS, 2015), determinado da seguinte forma:

$$\varepsilon_i = \lambda \sum_{j=1}^n W_{ij} \varepsilon_j + u_i,$$

Em que  $\lambda$  é o parâmetro autorregressivo que indica a intensidade da autocorrelação espacial entre os resíduos da equação observada – esse parâmetro mensura o efeito médio dos erros dos vizinhos em relação ao resíduo da região em questão –; e  $u_i$  é o termo do erro aleatório, tipicamente assumindo ser i.i.d.

O MEE pode ser visto como uma combinação do modelo de regressão padrão com o modelo autorregressivo espacial em termos do erro  $\varepsilon$ , e, portanto, seu valor esperado é igual ao modelo de regressão padrão. Para grandes amostras, as estimativas pontuais do vetor de parâmetros  $\beta$ , a partir do MEE, são semelhantes ao modelo de regressão padrão; mas, em pequenas amostras, pode haver um ganho de eficiência ao modelar corretamente a dependência espacial em termos do erro (BIVAND; PIRAS, 2015).

#### d) Modelo Espacial de Durbin

Como uma extensão dos modelos MEAR e MEE, tem-se o modelo espacial de Durbin (MED), no qual é incluído o “spatial lag” na variável dependente  $Y_i$  e também na variável independente (OLINDA et al., 2013).

$$Y_i = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_j + \sum_{q=1}^Q X_{iq} \beta_q + \sum_{j=1}^n W_{ij} X_{iq} \theta_q + \varepsilon_i,$$

Em que  $y$  contém um vetor de variáveis dependentes e  $X$  representa a matriz de dados contendo as variáveis independentes com um vetor de parâmetro associado  $\beta$ ;  $W$  é a matriz de peso espacial e o parâmetro  $\rho$  é um coeficiente de “spatial lag” da variável resposta.

Um conjunto adicional de variáveis explicativas é adicionado ao modelo construindo um intervalo espacial das variáveis explicativas, usando o produto da matriz  $W X$ , com os parâmetros associados  $\theta$ . Esse conjunto de variáveis representa variáveis explicativas construídas como médias de observações vizinhas.

### 3.9 SELEÇÃO DE MODELOS

Como não existem modelos probabilísticos exatos, sempre haverá perda de informações, fato inerente à presença da componente de aleatoriedade. Dessa forma, foi selecionado o modelo que melhor se adapta ao ajuste de dados.

Diante disso, utilizamos uma das metodologias mais empregadas para esse fim, o Critério de Informação de Akaike (AIC), estando baseado na existência de um modelo real que é desconhecido. Dessa forma, busca quantificar a diferença entre o modelo avaliado e esse modelo real desconhecido, em que o melhor modelo será aquele que apresentar o menor valor de AIC.

As análises foram realizadas por meio do *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2019) versão 3.5.3 (<http://www.rproject.org/>), com auxílio dos pacotes *geoR*, *POT*, *spatialExtremes*, *spatial* e *spdep*.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ARTIGO

#### MODELOS DE REGRESSÃO ESPACIAL AJUSTADOS A DADOS DE ARBOVIROSES (*Aedes Aegypti*) DO ESTADO DA PARAÍBA: INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIOECONÔMICOS

#### MODELS OF SPATIAL REGRESSION ADJUSTED TO DATA OF ARBOVIRUSES (*Aedes Aegypti*) FROM THE STATE OF PARAÍBA: INFLUENCE OF SOCIOECONOMIC FACTORS

Ellen Tayanne Carla da Silva, Ricardo Alves de Olinda, Silvana Cristina dos Santos, Domingos Sávio Barbosa, Mateus Santos Peixoto

**Resumo:** Atualmente, entre as doenças infecciosas emergentes e reemergentes, as arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti*, como a dengue, a chikungunya e a zika, são consideradas importantes desafios para a Saúde Pública, principalmente em países que apresentam condições ambientais propícias para o desenvolvimento e para a proliferação do agente transmissor. Este estudo teve como objetivo analisar a distribuição espacial dos coeficientes de incidência das arboviroses no estado da Paraíba entre 2009 e 2018, avaliando a existência ou não de dependência geográfica e sua relação com fatores socioeconômicos. Trata-se de um estudo ecológico que abrangeu 223 municípios do estado. Utilizaram-se o Índice de Moran global e local para avaliar a autocorrelação espacial da dengue e a associação com variáveis socioeconômicas e o Levantamento Rápido de Índices para *Aedes Aegypti*. As análises foram realizadas por meio do *software* estatístico *R CORE TEAM* versão 3.5.3. Ao analisar a distribuição de casos das arboviroses nos municípios da Paraíba, pôde-se identificar que a dengue vem avançando e acometendo maior número de cidades a cada ano. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Modelo Espacial de Durbin (MED), por apresentar o menor valor do Critério de Informação de Akaike. Segundo o MED, os resíduos sólidos apresentaram contribuição significativa para a incidência de dengue no estado, enquanto a rede geral de esgoto e os municípios que possuem outras formas de coleta apresentaram correlação inversa. Diante desta pesquisa, foi possível constatar que o avanço da dengue no estado da Paraíba não é determinado por fatores sociais e econômicos exclusivos, mas, sim, pela combinação de vários fatores do contexto socioeconômico. Medidas mais ostensivas quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos podem ser necessárias para auxiliar no controle da doença.

**Palavras-chave:** *Aedes aegypti*. Fatores Socioeconômicos. Análise Espacial. Epidemiologia.

**Abstract:** Currently, among the emerging and reemerging infectious diseases, arboviruses transmitted by *Aedes aegypti*, such as dengue, chikungunya and zika, are considered important challenges for Public Health, especially in countries that have favorable environmental conditions for the development and for the proliferation of the transmitting agent. This study aimed to analyze the spatial distribution of the incidence coefficients of arboviruses in the state of Paraíba between 2009 and 2018, evaluating the existence or not of geographic dependence and its relationship with socioeconomic factors. This is an ecological study that covered 223 municipalities in the state. The global and local Moran Index was used to assess the spatial autocorrelation of dengue and its association with socioeconomic variables and the Rapid Index Survey for *Aedes Aegypti*. The analyzes were performed using the statistical software *R CORE TEAM* version 3.5.3. By analyzing the distribution of cases of arboviruses in the municipalities of Paraíba, it was possible to identify that dengue has been advancing and affecting a greater number of cities each year. The model that best fitted the data was the Durbin Spatial Model (MED), as it presented the lowest value of the Akaike Information Criterion. According to MED, solid waste made a significant contribution to the incidence of dengue in the state, while the general sewage network and municipalities that have other forms of collection showed an inverse correlation. Given this research, it was possible to verify that the advance of dengue in the state of Paraíba is not determined by exclusive

social and economic factors, but, rather, by the combination of several factors of the socioeconomic context. More ostensible measures regarding the management of urban solid waste may be necessary to help control the disease.

**Keywords:** *Aedes aegypti*. Socioeconomic Factors. Spatial analysis. Epidemiology.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, entre as doenças infecciosas emergentes e reemergentes, as arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti*, como a dengue, a chikungunya e a zika, são consideradas importantes desafios para a Saúde Pública, causando extensa morbidade e perda econômica em regiões tropicais e subtropicais [1]. Ressalta-se que a entrada desses arbovírus em países já endêmicos para dengue, como o Brasil, pode ter como consequência o colapso nos serviços de saúde durante epidemias explosivas simultâneas [2,31].

A incidência de dengue teve um crescimento acelerado nas últimas duas décadas no país, afetando todas as regiões; sendo notificados 265.934 casos prováveis da doença em 2018, com uma incidência de 127,5 casos/100 mil hab. Durante esse mesmo período, os coeficientes de incidência de febre de chikungunya e zika no Brasil foram, respectivamente, 42,1 e 4,2 casos por 100 mil hab. [3].

O estado da Paraíba foi considerado o segundo do Nordeste com maior incidência da dengue, com 10.901 casos suspeitos e incidência de 272,8 casos por/100mil hab., apresentando um aumento de 174,1% das notificações suspeitas quando comparado a 2017. A zika também apresentou aumento de 163,9% durante esse período, sendo registrados 652 casos em 2018, e 244 casos em 2017. Contudo, a chikungunya apresentou redução de 25,6% das notificações suspeitas quando comparado estes mesmos anos [3].

Incluem-se nesse espectro fatores: ausência de educação ambiental, baixa vigilância epidemiológica, destinação incorreta de resíduos sólidos (RS) e saneamento básico precário. Combinados com o crescimento populacional e urbano, aliados à desinformação dos moradores quanto à necessidade de eliminar os focos de proliferação, esses fatores potencializam a ocorrência de doenças nos espaços urbanos [5,6].

A análise espacial se mostra como uma ferramenta da informática em saúde muito útil para o estudo das dinâmicas de difusão espacial e temporal que permite observar áreas com maior risco epidemiológico, tanto pela localização de focos com

potencial de proliferação do vetor como os fatores sociais e demográficos, que inevitavelmente predizem a ocorrência de doença [7,33]. Ela possibilita o conhecimento de áreas e períodos com maior risco, a fim de produzir alertas para as vigilâncias epidemiológica e ambiental, tanto para o controle do vetor quanto na organização da assistência necessária ao atendimento dos casos. Nesse sentido, modelos estatísticos que levam em consideração a dependência espacial podem relacionar a incidência da doença com fatores ambientais e socioeconômicos de risco [8].

Chen et al. [9] estudaram os impactos individuais e interativos dos fatores socioecológicos sobre a dengue na China. No México, Reyes-Castro et al. [10] estudaram a propagação de um surto de dengue com base no agrupamento nas áreas de alta densidade e *clusters*. Análises espaçotemporais de casos de dengue foram realizadas em Manzanillo [11], Argentina [12], Colômbia [13] e Equador [33].

No Brasil, foram identificadas poucas publicações que discutem dengue e associação com variáveis climáticas e sociodemográficas. Em Salvador [14], Bahia, estudo avaliou se as comunidades urbanas estão associadas com o risco de dengue, Ribeiro et al. [15] avaliaram as desigualdades socioeconômicas e a dengue no Distrito Federal. Honorato et al. [16] no Espírito Santo e Almeida e Medronho [17] para a cidade do Rio de Janeiro mostraram haver associação positiva entre maiores riscos de transmissão de dengue e piores níveis socioeconômicos da população.

Uma vertente de pensamento que destaca a importância dos estudos para a elaboração de planos de controle de vetores é a gerenciabilidade dos fatores de riscos. Ao contrário de fatores como a precipitação, temperatura e relevo, que não podem ser controladas pela administração pública, algumas variáveis sociais e econômicas são passíveis de transformação, podendo ser ajustadas em prol da promoção da saúde pública (renda familiar, saneamento básico e acesso à educação, por exemplo).

Não foi encontrado nenhum estudo sobre a detecção de dependência geográfica no estado da Paraíba por meio da utilização de modelos estatísticos. Nesse contexto, o estado é um cenário importante para a compreensão dos fatores que afetam a dinâmica da transmissão da dengue e a exacerbação da doença, uma vez que a Paraíba apresenta consideráveis diferenças socioeconômicas e demográficas entre suas regiões administrativas, além de apresentar altas taxas de incidência ao longo dos anos.

A partir do exposto, este estudo se propõe a analisar a distribuição espacial dos coeficientes de incidência da dengue no estado da Paraíba, avaliando a existência de dependência geográfica e sua relação com fatores socioeconômicos.

## **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo epidemiológico do tipo ecológico para traçar a distribuição espacial dos casos notificados das arboviroses dengue, zika e chikungunya no estado da Paraíba, no período de 2009 a 2018, levando-se em consideração todos os 223 municípios de residência. Foram utilizados os dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), disponibilizados pela Gerência Executiva de Vigilância em Saúde da Secretaria de Estado da Saúde da Paraíba. As informações sobre condições socioeconômicas são provenientes do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os coeficientes de incidência das três arboviroses foram calculados a partir do número total de casos de cada arbovirose notificado em diferentes períodos, divididos pelo respectivo total de pessoas-ano e multiplicados por 100 mil. Para a caracterização do contexto socioeconômico, utilizaram-se como variáveis independentes as seguintes: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); Índice de Gini; densidade demográfica; proporção de domicílios sem renda mensal; proporção de domicílios com disposição irregular de; proporção de municípios com coleta regular de RS; proporção de domicílios ligados à rede geral de esgoto ou com fossa séptica; proporção de domicílios com saneamento básico; proporção de domicílios particulares ligados à rede de abastecimento; proporção de indivíduos alfabetizados; taxa de desemprego.

Para analisar a autocorrelação espacial, utilizaram-se duas medidas que são amplamente recomendadas para dados de área e variáveis em escala intervalar. A primeira, o Índice I de Moran, é uma medida que fornece a significância estatística da autocorrelação espacial entre as áreas dentro da região de estudo. Esse índice varia de -1 a 1: quanto mais próximo dos extremos, indica autocorrelação significativa; quanto mais próximo de zero, indica completa aleatoriedade. A segunda medida, a estatística c de Geary, possibilita a avaliação da existência de associação entre os valores de um determinado atributo entre as áreas de uma região de estudo, levando

em consideração a localização espacial dessas áreas. Esse parâmetro varia em um intervalo de 0 a 2, em que 0 significa associação perfeita, 1 representa um comportamento aleatório e 2 indica dispersão perfeita.

Ainda que essas medidas globais sejam muito úteis para fornecer uma indicação de agrupamento global dos dados, foram complementadas por estatísticas locais, com objetivo de avaliar a presença de *clusters*, por meio do Índice de Moran Local (Local Indicators of Spatial Association – LISA). Além disso, para analisar a variação de tendência espacial da taxa de pessoas infectadas pelo *Aedes aegypti*, foi utilizada a Média Móvel Local para cada município em estudo.

Para verificar a similaridade dos valores do atributo das áreas na região de estudo de maneira visual, foram construídos: o gráfico de espalhamento de Moran, os mapas de *Box Map*, *LISA Map*, *Moran Map* e o mapa do Índice de Moran local. Essas figuras fornecem informações acerca da associação entre os valores do atributo nas áreas com seus vizinhos.

O gráfico de espalhamento de Moran ou Diagrama de Espalhamento de Moran é uma maneira adicional de visualizar a dependência espacial. Construído com base nos valores normalizados (valores de atributos subtraídos de sua média e divididos pelo desvio padrão), permite analisar o comportamento da variabilidade espacial calculado pela autocorrelação espacial entre os vizinhos. A análise dos quadrantes do diagrama indica áreas de associação espacial positiva do Primeiro Quadrante (Q1) (valores positivos, médias positivas) e Segundo Quadrante (Q2) (valores negativos, médias negativas); e áreas de associação espacial negativa do Terceiro Quadrante (Q3) (valores positivos, médias negativas) e Quarto Quadrante (Q4) (valores negativos, médias positivas). As áreas localizadas nos quadrantes Q1 e Q2 apresentam autocorrelação positiva, ou seja, as áreas formam *clusters* de valores similares. As áreas localizadas nos quadrantes Q3 e Q4 apresentam autocorrelação negativa, ou seja, há dissimilaridade entre as áreas vizinhas.

O *Box Map* apresenta os *clusters* independentemente da significância estatística, o *LISA Map* indica regiões com correlação local significativamente diferente das demais; enquanto o *Moran Map*, apenas aqueles com valor de  $p < 0,10$ . O mapa do Índice de Moran local fornece as áreas que têm valores similares e dissimilares aos seus vizinhos, em que valores positivos do índice indicam áreas com valores similares para o atributo, e valores negativos do índice indicam dissimilaridade entre os valores dessas áreas.

Com o intuito de verificar o melhor modelo explicativo de associação das variáveis do contexto socioeconômico, foram aplicadas quatro alternativas de modelos de regressão: regressão clássica, espacial autorregressivo, erro espacial e o modelo espacial de Durbin (MED). O Modelo de Regressão Clássica (MRC) baseia-se no relacionamento entre duas ou mais variáveis de forma que uma delas possa ser explicada ou ter seu valor predito por meio de outras variáveis [18]. No caso de dados espaciais, havendo autocorrelação espacial, o modelo gerado deve incorporar a estrutura espacial, pois a dependência entre as observações afeta a capacidade de explicação do modelo [19].

A suposição de que as observações sejam independentes simplifica o modelo, mas, no contexto de dados de área, essa simplificação é pouco provável que aconteça devido à possibilidade de dependência espacial entre os termos do erro. Uma alternativa, nessas circunstâncias, é utilizar o modelo espacial autorregressivo (MEAR) que atribui à variável resposta  $Y$  a autocorrelação espacial ignorada. O MEAR é dado pela seguinte equação:

$$y_i = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_j + \sum_{q=1}^Q X_{iq} \beta_q + \varepsilon_i,$$

Em que  $W$  é a matriz de proximidade espacial;  $WY$  expressa a dependência espacial em  $Y$ ; e  $\rho$  é o coeficiente espacial autorregressivo [18]. Nesse modelo, a autocorrelação espacial é incorporada como componente do modelo.

Outra alternativa é o ajuste do Modelo do Erro Espacial (MEE), que considera os efeitos espaciais como um ruído, isto é, como um fator a ser removido. Esse modelo parte do princípio de que não é possível modelar todas as características de uma unidade geográfica que podem influenciar as regiões vizinhas [18]. Os efeitos da autocorrelação espacial estão associados ao termo de erro  $\varepsilon$ , e o modelo é descrito por:

$$\varepsilon_i = \lambda \sum_{j=1}^n W_{ij} \varepsilon_j + u_i,$$

Em que  $\lambda$  é o parâmetro autorregressivo que indica a intensidade da autocorrelação espacial entre os resíduos da equação observada. Esse parâmetro mensura o efeito médio dos erros dos vizinhos em relação ao resíduo da região em questão, e  $\mu_i$  é o termo do erro aleatório, tipicamente assumindo ser independentes e identicamente distribuídos (i.i.d.).

O MED é uma extensão desses modelos anteriores, no qual é incluído o “*spatial lag*” na variável dependente  $Y_i$  e também na variável independente:

$$Y_i = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_j + \sum_{q=1}^Q X_{iq} \beta_q + \sum_{j=1}^n W_{ij} X_{iq} \theta_q + \varepsilon_i,$$

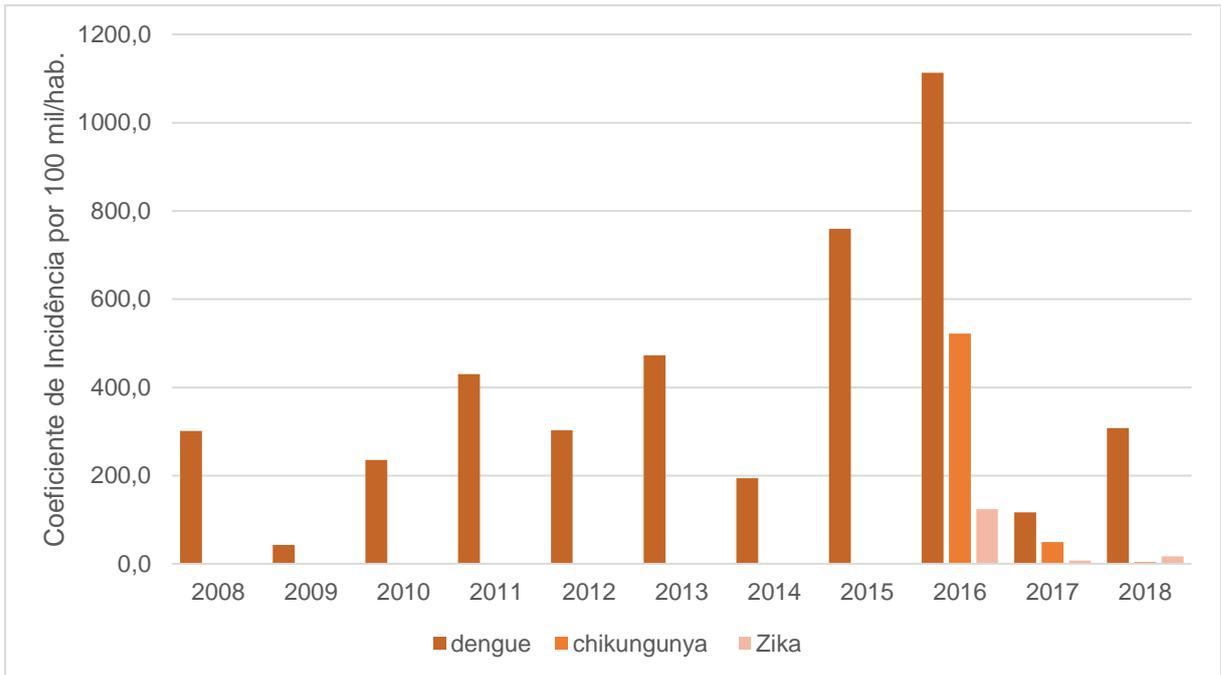
Em que  $y$  contém um vetor de variáveis dependentes e  $X$  representa a matriz de dados contendo as variáveis independentes com um vetor de parâmetro associado  $\beta$ .;  $W$  é a matriz de peso espacial, e o parâmetro  $\rho$  é um coeficiente de “*spatial lag*” da variável resposta.

Na avaliação de qual modelo se ajustaria melhor às variáveis disponíveis, foi escolhido aquele que apresentou menor valor da logverossimilhança e menores valores do Critério de Informação de Akaike (AIC).

As análises foram realizadas por meio do *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2019) versão 3.5.3 (<http://www.rproject.org/>), com auxílio dos pacotes *geoR*, *POT*, *spatialExtremes*, *spatial* e *spdep*.

## RESULTADOS

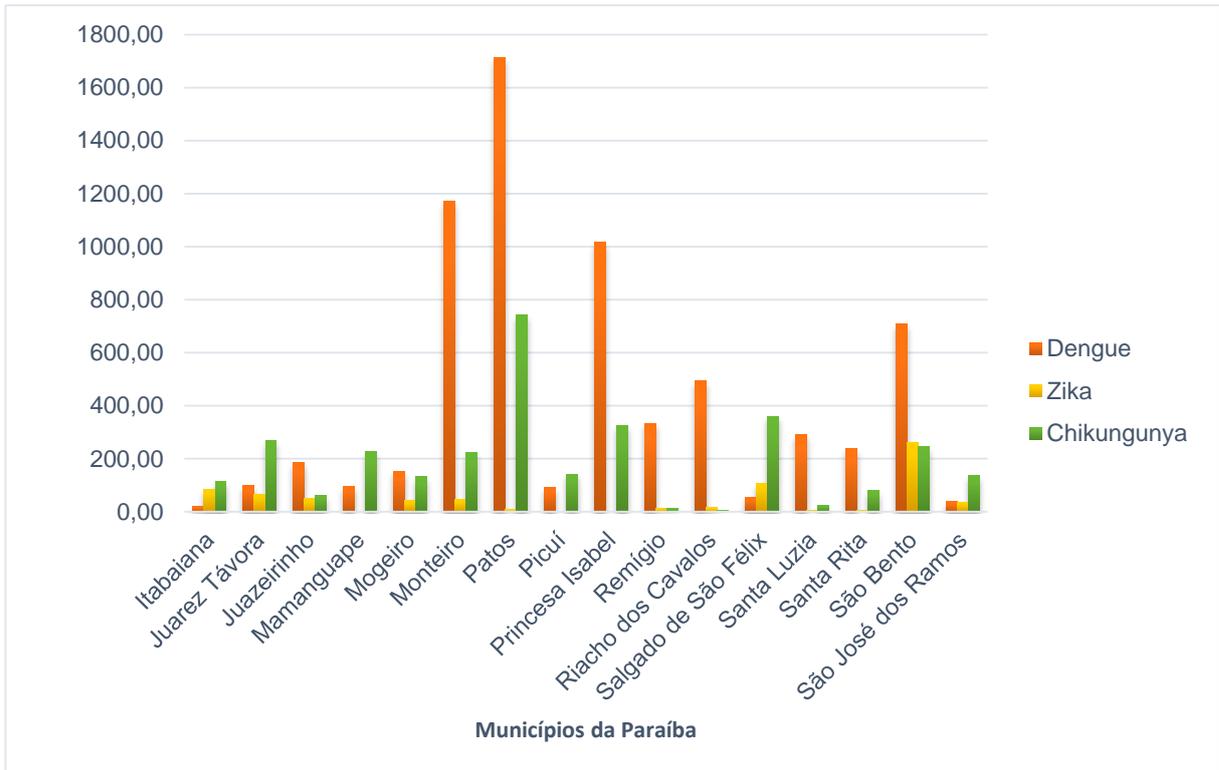
No período de 2008 a 2018, foram notificados 167.462 casos de dengue no estado da Paraíba; e, entre 2016 e 2018, foram notificados 24.248 de chikungunya e 5.910 de zika. Os anos com maiores coeficientes pelo vírus dengue (DENV) foram 2016 (1.113/100 mil hab.) e 2015 (759,63/100 mil hab.). Em 2016, na Paraíba, foram notificados os primeiros casos de chikungunya (521,9/100.000 hab.) e de zika (123,57/100.000 hab.) do estado, apresentando os maiores coeficientes dessas arboviroses (Figura 1).



**Figura 1.** Coeficiente de Incidência por 100 mil/hab. dos casos notificados por dengue, chikungunya e zika no estado da Paraíba, no período de 2008 a 2018

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

Na análise da distribuição média das incidências por dengue nos municípios da Paraíba, as maiores foram aquelas registradas no Sertão do estado, em Patos (17.134,9 casos/100 mil hab.), Princesa Isabel (10.158,0 casos/100 mil hab.) e São Bento (7.097,8 casos/100 mil hab.). Na região da Borborema, a maior média foi em Monteiro (11.704,1 casos/100 mil hab.); e no Agreste, em Remígio (3.335,4 casos/100 mil hab.). A cidade de Patos também apresentou elevados coeficientes para chikungunya (7.344,40 casos/100 mil hab.), seguida de Salgado de São Félix (3.575,1 casos/100 mil hab.). Referente à zika, São Bento, localizada no Sertão da Paraíba, foi a cidade com maior coeficiente (2.601,73 casos/100 mil hab.) (Figura 2).



**Figura 2.** Municípios da Paraíba que apresentaram elevados Coeficiente Médio de Incidência por dengue, zika e chikungunya de 2008 a 2018

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

As principais estatísticas descritivas dos casos notificados por dengue no período de 2008 a 2018, utilizando o método dos intervalos iguais, o método dos quintis e o número de desvios padrão, são apresentadas na Tabela 1. O valor máximo de notificação por dengue ocorreu em 2015, com 6.640,1 casos; contudo a maior média apresentada foi em 2016, com 214,7 casos notificados.

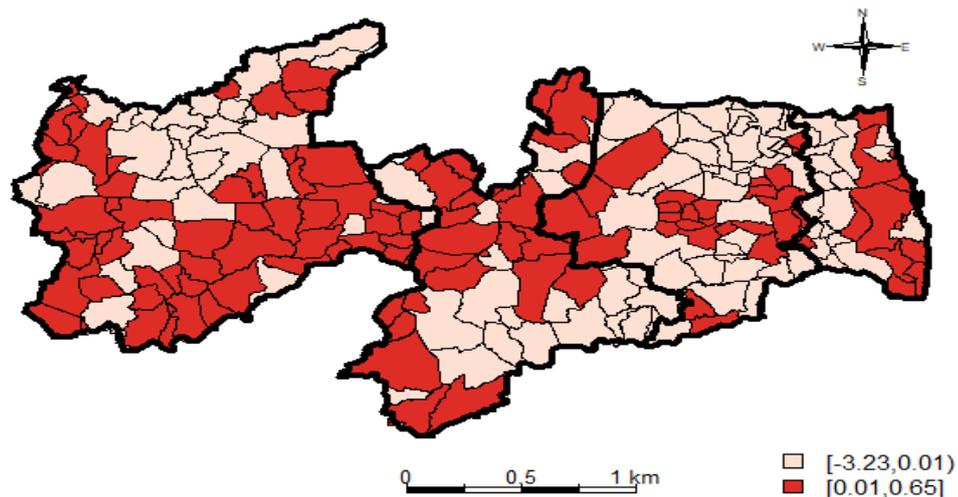
Ainda na Tabela 1, ao observar o ano de 2016, nota-se a maior variância (373.576,9) e maior desvio padrão (611,2), demonstrando que os dados estão distribuídos de maneira heterogênea nos municípios. Outro fato importante está relacionado com os coeficientes de assimetria a curtose, todos positivos, ratificando assim a não normalidade dos dados e a importância de ajustar modelos que levam em consideração a dependência espacial dos atributos analisados.

**Tabela 1.** Análise descritiva dos Coeficientes de Incidência por dengue no período de 2008 a 2018 no estado da Paraíba, Brasil

<b>Estatísticas</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Valor Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Máximo	4732,0	382,7	1513,7	4784,7	2152,3	2149,8	613,9	6640,1	5551,3	148,7	727,5
1º Quartil	6,2	0,0	1,8	9,1	1,7	8,9	2,0	13,9	16,4	0,0	1,8
3º Quartil	55,4	4,8	26,6	63,6	25,8	75,0	23,0	102,9	162,6	7,7	27,4
Média	73,7	9,0	44,8	74,2	37,0	75,7	26,9	138,1	214,7	9,1	44,4
Mediana	18,1	0,8	7,8	25,1	7,2	28,9	6,4	42,6	48,0	2,3	8,4
Variância	110.453,5	1.363,4	18.003,7	107.899,3	23.507,9	34.119,9	4.049,0	242.674,5	373.576,9	395,4	117.89,4
Desvio Padrão	332,4	36,9	134,2	328,5	153,3	184,7	63,6	492,6	611,2	19,9	108,6
Assimetria	12,5	7,6	7,3	13,3	12,0	7,8	5,8	10,8	6,2	3,9	4,2
Curtose	170,5	63,9	67,9	186,8	160,0	76,2	42,1	134,4	43,6	17,9	19,6

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

Para reconhecer o padrão da distribuição espacial dos coeficientes de incidência da dengue, foi inicialmente estimada a magnitude da autocorrelação espacial entre as áreas, pelo Índice de Moran global, sob a hipótese nula de ausência de autocorrelação. Na análise da variável dependente, o Índice de Moran global encontrado foi de  $-0,04325347$  ( $p=0,08539$ ) para dengue, indicando, assim, uma dependência espacial estatisticamente não significativa ( $p\text{-valor}>0,05$ ) no coeficiente médio de incidência por dengue entre municípios vizinhos. A partir do teste de aleatoriedade espacial de Geary, obteve-se a estatística calculada igual a  $0,96385551$  que corresponde a um valor  $p$   $0,3859$ , também identificando autocorrelação espacial não significativa.

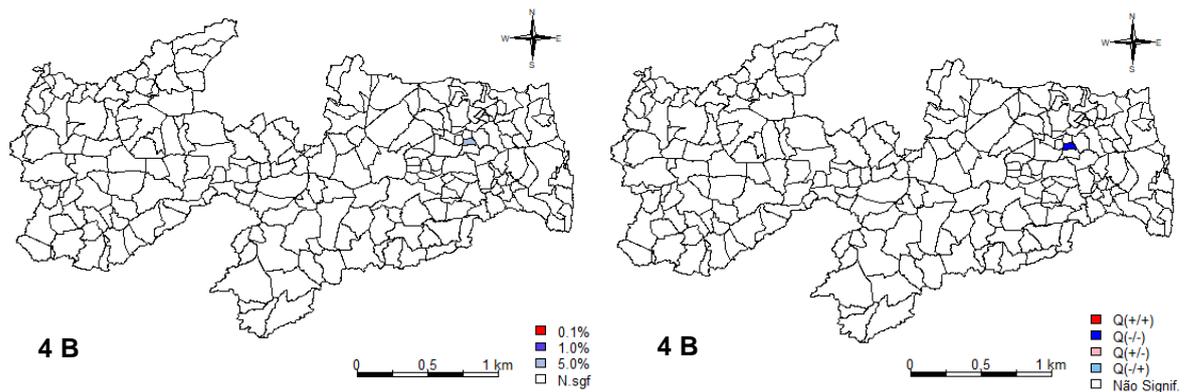


**Figura 3.** Índice de Moran Local do Coeficiente Médio de Incidência por dengue no estado da Paraíba, 2008-2018

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

Na Figura 3, em que foi construído um mapa do Índice de Moran local, pode-se verificar o quanto as áreas vizinhas são similares, identificando que grande parte dos municípios do Sertão Paraibano têm valores similares de casos notificados por dengue.

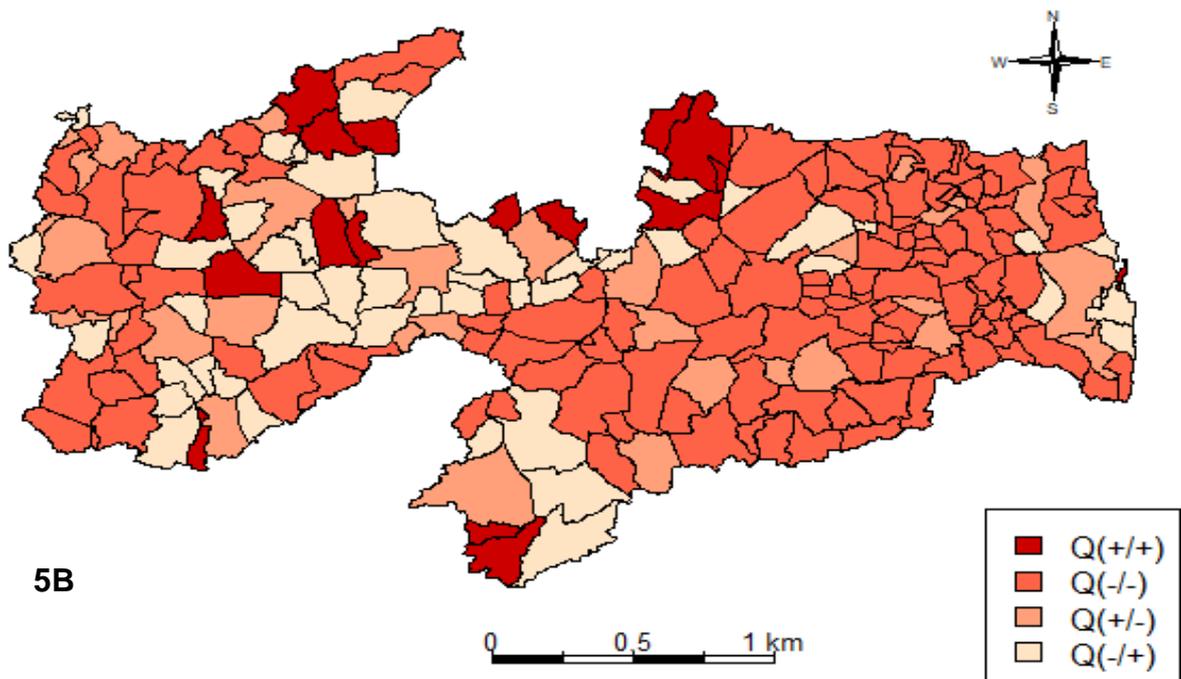
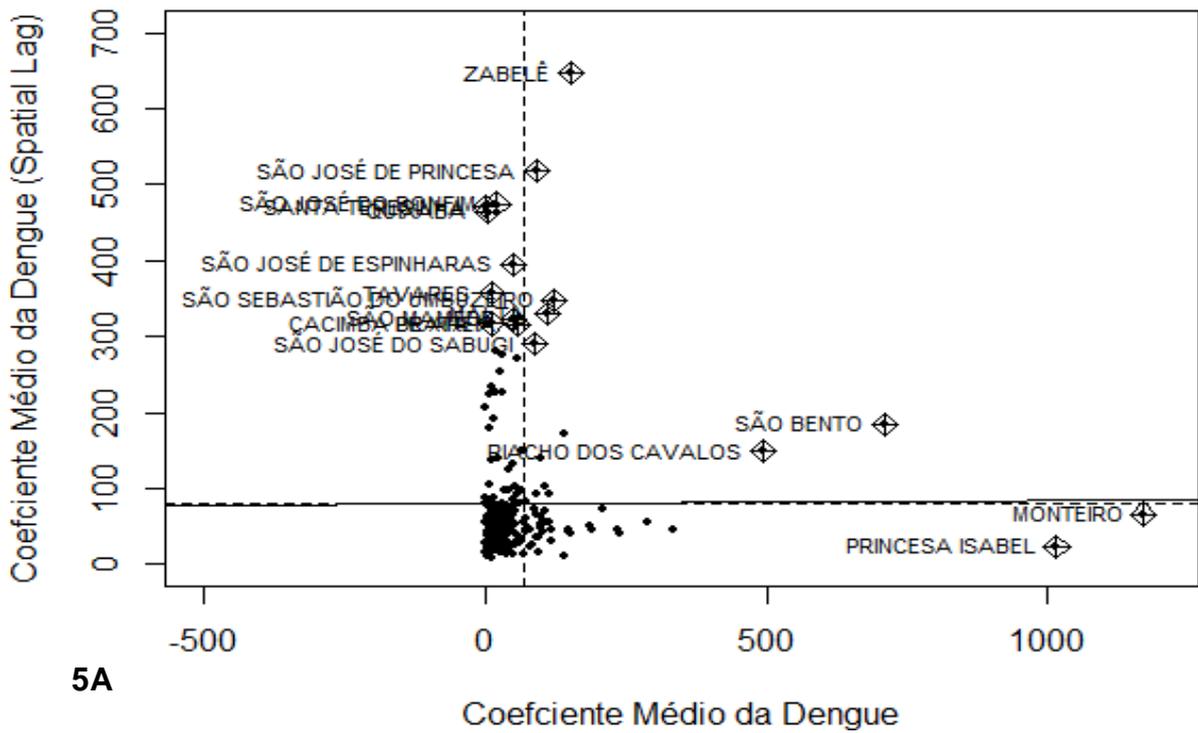
Por meio do *LISA Map* (Figura 4A) e do *Moran Map* (Figura 4B), é possível observar que a maior parcela dos municípios não foi significativa, em que apenas Cuitégi apresentou significância estatística para a autocorrelação espacial ao nível de 5% com valor positivo.



**Figura 4:** LISA Map (4A) e Moran Map (4B) do Coeficiente Médio de Incidência por dengue no Estado da Paraíba, 2008-2018

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

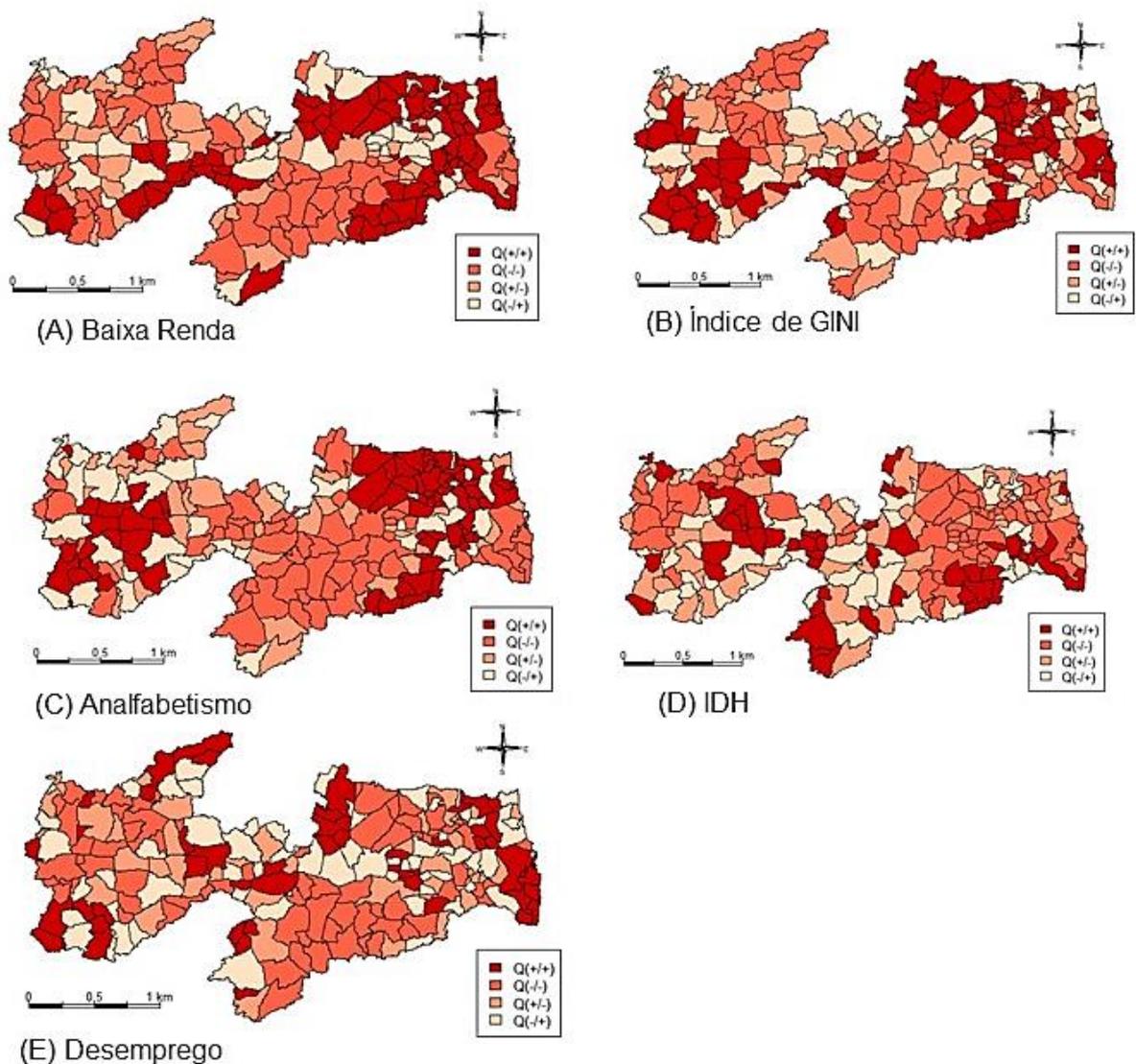
No gráfico de espalhamento de Moran (Figura 5A), observou-se que municípios localizados no primeiro quadrante e no segundo quadrante apresentaram autocorrelação espacial positiva, ou seja, os municípios formam *clusters* de valores similares entre os municípios vizinhos. Os municípios de Zabelê, São José da Princesa, São Bento, Riacho dos Cavalos, São Sebastião do Umbuzeiro e São José do Sabugi são preocupantes, pois, além de apresentarem altos coeficientes de incidência por dengue, estão cercados por outros municípios que também apresentam altos coeficientes. Na extensão do espalhamento de Moran, no *Box Map* (5B), municípios representados por cores mais escuras apresentam autocorrelação espacial positiva. Por outro lado, os municípios representados por tonalidades mais claras apresentam dissimilaridade com seus vizinhos em relação aos coeficientes de incidência por dengue no estado da Paraíba. Sendo assim, observa-se que a maioria dos municípios tem valores similares aos seus vizinhos para o coeficiente de incidência por dengue, expondo a dependência espacial desses valores em relação a esses municípios.



**Figura 5.** Mapa de espalhamento de Moran (A) e *Box Map* (B) da análise de autocorrelação espacial dos Coeficientes de Incidência por dengue no estado da Paraíba, 2008-2018

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

Os mapas de significância do índice de Moran local possibilitaram identificar agrupamentos de municípios com características semelhantes. As Figuras 6A, 6B e 6C mostram áreas de maior incidência no entorno da região do Agreste Paraibano com aglomerados para a baixa renda, índice de Gini e analfabetismo, com resultados que mostram padrão de dependência do tipo alto-alto. Contudo, nessa mesma região, padrão baixo-baixo para IDH (6D). O desemprego (6E) mostrou-se com dissimilaridade em todas as regiões; apenas na região do Agreste com um pequeno aglomerado de municípios (baixo-baixo).



**Figura 6.** Box Map das variáveis socioeconômicas e análise de autocorrelação espacial do Coeficiente de Incidência por dengue: (a) baixa renda; (b) Índice de GINI; (c) Analfabetismo (d) IDH, (e) Desemprego da Paraíba, 2008 a 2018  
Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 2, pode-se observar que o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o MED, pois ele apresentou o menor valor de AIC. Segundo o modelo, a coleta de RS apresentou contribuição significativa para a incidência de dengue no estado, enquanto a rede geral de esgoto e os municípios que possuem outras formas de coleta mostraram correlação inversa.

**Tabela 2.** Ajustes dos modelos de regressão para o Coeficiente Médio de Incidência por dengue no estado da Paraíba com variáveis socioeconômicas e ambientais

Covariáveis	RC (p-valor)	MEAR (p-valor)	MEE (p-valor)	MED (p-valor)
<i>Intercepto</i>	101,3 (<0,05)	116,4 (<0,05)	109 (<0,05)	87,2 (<0,05)
<b>Abastecimento</b>				
Rede geral	-	-	-	-
Poço ou Nascente	-	-	-	-
Outra forma	-	-	-	-
<b>Disposição de efluentes domésticos</b>				
Rede geral de esgoto ou Pluvial	-0,0057(<0,05)	-	-	-0,0058(<0,05)
Fossa séptica	-	-	-	-
Outras	-0,0091(<0,05)	-	-	-0,0091(<0,05)
Não tem instalação sanitária	-	-	-	-
<b>Disposição dos resíduos sólidos urbanos</b>				
Coletado	0,0058(<0,05)	-	-	0,0059(<0,05)
Queimado	-	-0,0142(<0,05)	-0,0140(<0,05)	-
Enterrado	-	-	-	-
Céu aberto (sem coleta)	-	-	-	-
Outro destino	-	-	-	-
<b>Educação e Economia</b>				
Taxa analfabetismo	-	-	-	-
Índice Gini	-	-	-	-
Taxa desemprego	-	-	-	-
Baixa renda	-	-	-	-
AIC	2.906,9	2.908	2.908,2	2.882,4
RHO	-	-0,1069 (0,0042)	-0,0951 (0,3928)	-0,0994 (0,3747)
<i>Resíduo do Teste</i>	-	1 (0,2491)	-	0,6544 (0,4185)

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

RC: Regressão Clássica

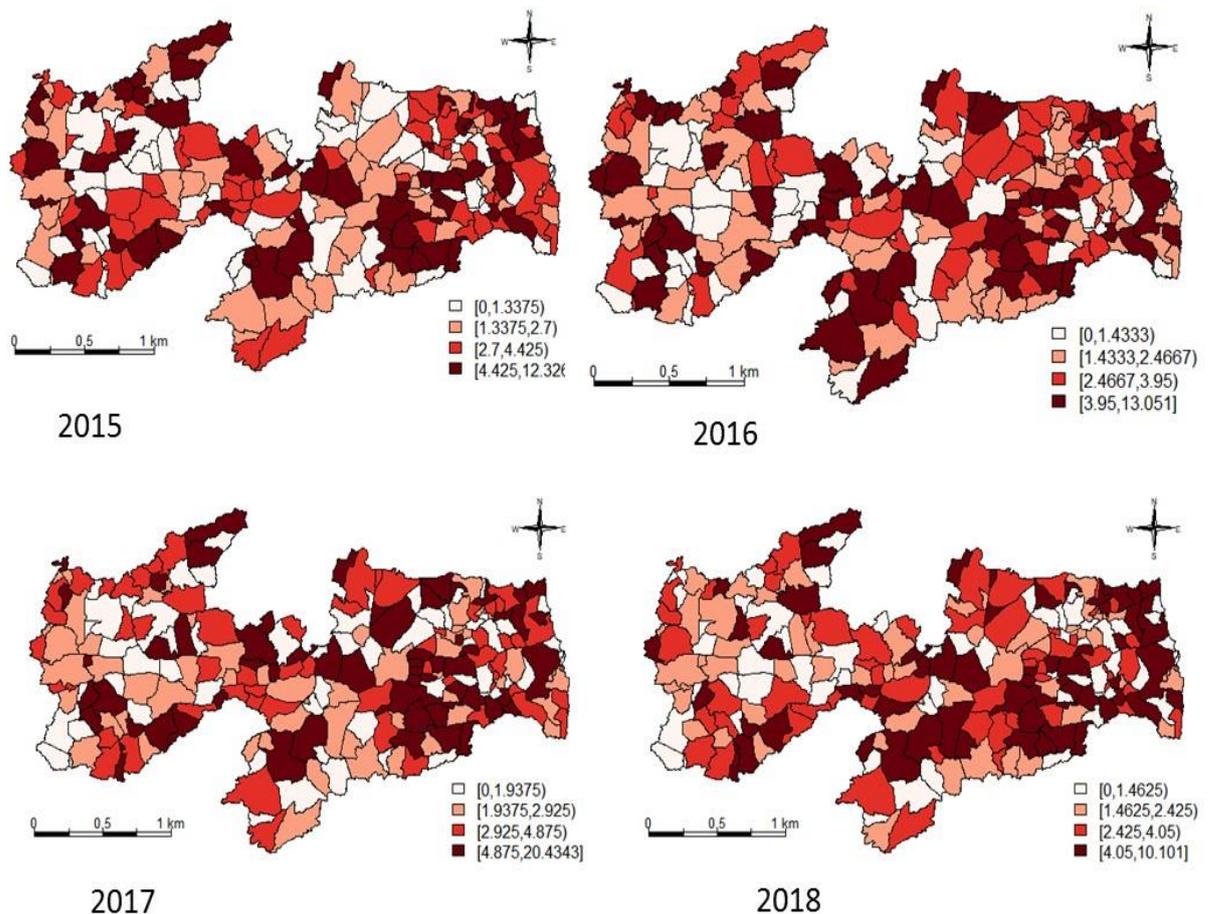
MEAR: Modelo Espacial Autorregressivo

MEE: Modelo de Erro Espacial

MED: Modelo Espacial de Durbin

Em relação ao Índice de Infestação Predial (IIP) por *Aedes aegypti*, apenas 29 (13%) dos municípios do estado, em 2018, encontravam-se com IIP < 1% considerado satisfatório, ou seja, sem risco epidêmico para a dengue. Por outro lado, 140 (62,8%) dos municípios encontravam-se com o IIP entre 1% e 3,9%, considerado estado de alerta; e 54 (24,2%), em alto risco de epidemia (Figura 7).

Na análise da distribuição dos municípios da Paraíba, entre os quatro anos em que foi realizado o LIRA, as maiores médias do IIP foram aquelas registradas no Sertão do estado, em Riacho dos Cavalos ( $\bar{x}$ 6,8) e Malta ( $\bar{x}$ 7,5); na região da Borborema, em Juazeirinho ( $\bar{x}$ 9,5) e Picuí ( $\bar{x}$ 8,3); e no Agreste, em Alagoa Nova ( $\bar{x}$ 11,2), Fagundes ( $\bar{x}$ 10,2) e Cacimba de Dentro ( $\bar{x}$ 9,3).



**Figura 7.** Distribuição do Índice de Infestação Predial – LIRA nos municípios do estado da Paraíba, de 2015 a 2018

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba.

## DISCUSSÃO

Em 2016, o Brasil sofreu uma grave crise de saúde pública associada à circulação simultânea de outros dois arbovírus emergentes: zika e chikungunya [20]. O estado da Paraíba acompanhou esse panorama, apresentando seu maior coeficiente de incidência naquele ano. Em 2017, o baixo número de infecções por dengue ocorreu provavelmente por esgotamento de suscetíveis, devido à população ter sido exposta a um novo sorotipo em epidemias anteriores, apresentando memória imunológica protetora para o sorotipo circulante no presente ano [23].

Os municípios que compõem a região do sertão paraibano destacaram-se neste estudo pelas altas taxas de incidência. Quanto aos possíveis fatores explicativos para a distribuição de dengue, a seca é considerada um fator fundamental, em que ambientes com períodos de estiagens e secas podem causar um abastecimento irregular de água, o que pode levar ao armazenamento inadequado; e, por consequência, propiciando criadouros do vetor [24].

As grandes epidemias em Patos reforçam seu papel como polo disseminador ou receptor das arboviroses, pois, além de ser uma das cidades mais populosas do estado, conta com um forte setor econômico, como o comércio e a educação, o que proporciona intensa circulação de pessoas na cidade. Roseghini et al. [25] mostraram que fatores socioeconômicos favorecem o fluxo de pessoas das cidades menores para maiores na busca por melhores serviços de saúde e no trabalho e consumo. Esse movimento da população poderia desempenhar importante papel na ocorrência de uma epidemia. Essa relação é pouco conhecida e merece um estudo aprofundado.

Estudos realizados no Espírito Santo [16], no Rio de Janeiro [17] e em duas cidades do México [10] reforçam a correlação positiva entre a densidade da população e a taxa de incidência da dengue. Destacam que ambientes mais populosos favorecem a proliferação do vetor, apresentando condições ideais para sua reprodução, bem como para o maior número de indivíduos suscetíveis a novas infecções [26].

É possível identificar vários indicadores de condições socioeconômicas que podem interferir na saúde de uma população. Neste estudo, não foi identificada correlação espacial entre o IDH com os coeficientes das Arboviroses. Em contraposto, estudo no estado do Maranhão [27] destaca que os municípios com os maiores valores de IDHM são provavelmente mais populosos, com maior nível de

desenvolvimento, melhor infraestrutura e maior acesso aos serviços de saúde, todos contribuindo para uma maior notificação dos casos de dengue.

O destino inadequado dos RS, a proporção de municípios com rede geral de esgoto, a proporção de domicílios particulares ligados à rede geral de água e a taxa de desemprego também podem explicar a incidência da dengue na Paraíba. Estudos anteriores, realizados em diversas regiões do mundo, também evidenciaram associações entre risco de ocorrência de dengue e níveis socioeconômicos.

A associação com a disposição inadequada de RS aparenta ser significativamente positiva. Em um estudo no Sri Lanka [35], os autores encontraram forte associação entre o índice de pupas e *Aedes aegypti* e a presença de RS nas proximidades das residências; e concluem que esse controle é fundamental para o controle dos vetores.

Esse dado pode indicar a necessidade de ações mais severas no que tange ao gerenciamento de RS urbanos. Mais do que o controle da presença de água em potenciais criatórios, pode ser necessário avaliar a eliminação mais ostensiva de toda a forma de RS que possa ser convertida em criatório de larvas.

O mesmo aspecto da geração de habitats viáveis à oviposição pode explicar a associação negativa com as variáveis descritoras do perfil do saneamento básico e disposição de efluentes domésticos. A coleta de efluentes em tubulações e fossas limita o acesso das fêmeas a locais de oviposição na superfície; dessa forma, quanto mais bem saneado for o local, menores serão as chances de geração de criatórios. Esse aspecto pode ser importante para o desenvolvimento de políticas públicas visto que as espécies de *Aedes spp.* apresentam grande adaptabilidade a diferentes volumes [36] e qualidade das águas para oviposição [37].

A irregularidade temporal e espacial das chuvas é uma característica da região na qual o período chuvoso é de fevereiro a maio [38]. Comparado com a região sudeste do Brasil, onde as precipitações médias estão na escala de 1.500 mm por ano em períodos regulares, a presença de efluentes domésticos expostos à superfície do solo que podem tornar-se habitats viáveis, por vezes, não tenha a mesma importância que em regiões semiáridas. Dessa forma, considerando a adaptabilidade do *Aedes aegypti*, o esgoto torna-se um recurso importante para esse vetor.

Os estudos de Honorato et al. [16] no Espírito Santo; Chen et al. [9] em Cantão na China; Almeida e Medronho [17] para a cidade do Rio de Janeiro e Giraldo-Hurtado et al. [11] em Manzanillo, município de Itagüí, mostraram haver associação positiva

entre maiores riscos de transmissão de dengue e piores níveis socioeconômicos da população.

Por outro lado, em estudos realizados por Gil et al. [12] em San Ramón de la Nueva Orán-AR; Costa [28] em Campinas-SP e por Reyes-Castro et al. [10] no México não foi encontrada correlação entre o percentual da população com necessidades básicas insatisfeitas e incidência de dengue. Esses autores acreditam que a falta de correlação entre casos e variáveis socioeconômicas é principalmente devido à pequena dimensão de algumas cidade, à distribuição generalizada da pobreza e à alta mobilidade dos habitantes dentro da cidade, o que poderia tornar homogêneo o risco.

Os resultados discordantes entre as associações encontradas em diferentes pesquisas podem estar relacionados com o tipo de unidade espacial utilizada (setor censitário, bairros, distritos e/ou municípios). Outra possibilidade seria uma limitação resultante da agregação espacial, já que, dependendo do nível de agregação, a captação da realidade pode não ser a ideal, ou seja: dependendo do modo como as variáveis foram agregadas para descrever extensas regiões, podem produzir grande variação de resultados [29].

Visando considerar a dependência espacial das variáveis de interesse, foram utilizados modelos ajustados aos dados, sendo capazes de identificar a influência de algumas variáveis independentes. Outras variáveis importantes para a transmissão da doença – como, por exemplo, a regularidade do abastecimento de água, pluviosidade e temperatura – poderiam ter sido levadas em consideração.

Com relação aos resíduos dos modelos, para o modelo de regressão clássica, pode-se observar que ele não seguiu um comportamento normal ( $p$ -valor $<0,05$ ), uma vez que esse modelo não prevê o ajuste da dependência espacial entre os municípios estudados. No entanto, ao se utilizar os modelos de regressão espacial, observou-se independência na estrutura da autocorrelação residual espacial ( $p$ -valor $>0,05$ ). Em geral, modelos de regressão espacial, que levam em consideração a variação dos parâmetros no espaço, são mais eficientes do que os modelos de regressão com efeitos globais. Os modelos de efeitos globais partem do pressuposto que o processo espacial é estacionário, isto é, a autocorrelação espacial é estimada por meio de um único parâmetro. Entretanto, a utilização de dados censitários pode produzir padrões espaciais diversos que não são captados em um único parâmetro [13].

A distribuição espacial do IIP por estratos mostrou que os dez anos analisados apresentaram um alto índice de infestação larvária de *Aedes aegypti*. Mesmo nos anos não epidêmicos, a maioria dos estratos do município ficaram em situação de alerta e risco para epidemia; e nos anos epidêmicos, os estratos apresentaram em maior proporção a situação de risco e alto risco para epidemia de dengue, identificando uma ineficiência nas estratégias até hoje adotadas nas ações de controle do *Aedes aegypti* no espaço urbano. Isso constitui um significativo sinal de alerta no controle da dengue, visto que é possível adotar medidas preventivas anteriores ao período de maior transmissão da doença.

O estudo apresenta limitações inerentes à utilização de dados secundários, uma vez que as informações foram baseadas em registros de casos notificados do SINAN; sendo, assim, registrados apenas os casos de evolução grave, que buscam uma unidade de saúde para atendimento, podendo haver subnotificação das formas leves da doença. Mesmo diante dessa limitação, os achados do presente estudo são fundamentais para elencar possíveis fatores de risco, associados à ocorrência da dengue no estado, assim como identificar municípios prioritários para o desenvolvimento de ações de controle da doença.

Ao analisar a distribuição de casos de dengue nos municípios da Paraíba, pode-se identificar que a doença vem avançando e acometendo maior número de cidades a cada ano. A doença esteve presente em todas as cidades analisadas, o que demonstrou a necessidade de implementar ações de prevenção da doença em todo o estado.

## **CONCLUSÃO**

Conclui-se que montar um modelo explicativo que descreva a incidência das arboviroses no estado da Paraíba é fundamental, demonstrando que o volume da incidência não se dá apenas em poucos municípios com registro de casos, mas com o aumento do número de municípios com casos registrados, ou seja, o aumento da distribuição espacial da ocorrência foi suficiente para explicar a incidência estadual.

Não foram encontradas evidências de associação entre as diferenças econômicas e os casos de dengue, o que leva a concluir que a doença não possui estratificação social distinta. A forma de disposição de efluentes parece ter associação negativa com a incidência da doença, já que locais com melhores condições de

saneamento apresentam incidências menores, uma vez que, ante a irregularidade da precipitação na região, os efluentes domésticos podem tornar-se um recurso importante para o vetor.

Os dados evidenciaram uma associação positiva com o sistema de gerenciamento dos RS urbanos, sendo que a disposição irregular tem mais influência que as demais variáveis, o que pode indicar a necessidade de uma recondução nas estratégias de controle de criatórios.

Sob o ponto de vista das Secretarias Estaduais de Saúde, o modelo obtido é sucinto e viável, pois permite, com poucas informações, estabelecer resultados estatísticos importantes que podem ser utilizados pelos Serviços de Vigilância Epidemiológica das Secretarias Estaduais de Saúde.

## REFERÊNCIAS

1. Zellweger RM, Cano J, Mangeas M, Taglioni F, Mercier A, Despinoy M, et al. Socioeconomic and environmental determinants of dengue transmission in an urban setting: An ecological study in Nouméa, New Caledonia. *PLoS Negl Trop Dis*. 2017;11(4):e0005471. doi:10.1371/journal.pntd.0005471.
2. Kucharz EJ, Cebula-Byrska I. Chikungunya fever. *Eur J Intern Med*. 2012;23:325-329.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional de Assistência à Saúde. ABC do SUS: doutrinas e princípios. Brasília: DF; 1990.
4. Lopes N, Nozawa C, Linhares REC. Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil. *Rev Pan-Amaz Saude*. 2014; 5(3):55-64. doi:10.5123/s2176-62232014000300007.
5. Silva AA, Miranda CF, Ferreira JR, Araújo EJA. Fatores sociais e ambientais que podem ter contribuído para a proliferação da dengue em Umuarama, estado do Paraná. *Acta Sci Health Sci*. 2003; 25(1):81-5. doi:10.4025/actascihealthsci.v25i1.2305.
6. Pellissari BP, Aguilar AMM, Lima MM, Brito WI. Aspectos socioambientais associados à ocorrência de dengue em um município do estado do Mato Grosso. *R Epidemiol Control Infec*. 2016; 6(1):12-17. doi:10.17058/reci.v6i1.6330.
7. Skalinski LM, Costa MCN, MGL. Contribuições da análise espacial para a compreensão da dinâmica de transmissão da dengue: revisão integrativa. *J. Health Biol Sci*. 2019; 7(1):53-63. doi:10.12662/2317-3076jhbs.v7i1.2115.p53-63.2019.

8. Olinda RA de, de Olinda RA. Modelagem estatística de extremos espaciais com base em processos max-stable aplicados a dados meteorológicos no estado do Paraná [tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2012. doi:10.11606/t.11.2012.tde-17092012-103936.
9. Chen B, Yang J, Luo L, Yang Z, Liu Q. Who Is Vulnerable to Dengue Fever? A Community Survey of the 2014 Outbreak in Guangzhou, China. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13(7):712. doi:10.3390/ijerph13070712.
10. Reyes-Castro PA, Harris RB, Brown HE, Christopherson GL, Ernst KC. Spatio-temporal and neighborhood characteristics of two dengue outbreaks in two arid cities of Mexico. *Acta Trop*. 2017;167:174-182.
11. Giraldo-Hurtado TM, Álvarez-Betancur JP, Parra-Henao G. Factores asociados a la infestación domiciliar por *Aedes aegypti* en el corregimiento el Manzanillo, municipio de Itagüí (Antioquia) año 2015. *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2018;36(1):34-44. doi:10.17533/udea.rfnsp.v36n1a05.
12. Gil JF, Palacios M, Krolewiecki AJ, Cortada P, Flores R, Jaime C, et al. Spatial spread of dengue in a non-endemic tropical city in northern Argentina. *Acta Trop*. 2016;158:24-31. doi:10.1016/j.actatropica.2016.02.003.
13. González AAM, Beltrán FGO, Guzmán LFS. Modelo bayesiano para el estudio de la enfermedad del dengue en el departamento de Atlántico, Colombia, años 2010 a 2013. *PG*. 2017;22(2):85-104. doi:10.19053/01233769.7603.
14. Kikuti M, Cunha GM, Paploski IAD, Kasper AM, Silva MMO, Tavares AS, et al. Spatial Distribution of Dengue in a Brazilian Urban Slum Setting: Role of Socioeconomic Gradient in Disease Risk. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015;9(7):e0003937. doi:10.1371/journal.pntd.0003937.
15. Rodrigues LS, Gonçalves RA, Teza CTV. A relação entre NDVI e a renda domiciliar média – estudo de caso nas regiões administrativas do Distrito Federal. *Anais do XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental*; 2016; São Paulo: Blucher; 2016. doi:10.5151/engpro-eneeamb2016-ma-014-4943.
16. Honorato T, Lapa PPA, Sales CMM, Reis-Santos B, Tristão-Sá R, Bertolde AI, et al. Spatial analysis of distribution of dengue cases in Espírito Santo, Brazil, in 2010: use of Bayesian model. *Rev Bras Epidemiol*. 2014;17(Suppl 2): 150–159.
17. Almeida AS, Medronho RA, Valencia LIO. Spatial analysis of dengue and the socioeconomic context of the city of Rio de Janeiro (Southeastern Brazil). *Rev Saude Publica*. 2009;43:666-673.
18. Batista CL. Os conceitos de apropriação: contribuições à Ciência da Informação. *PBCIB*. 2018;13(2). doi:10.22478/ufpb.1981-0695.2018v13n2.43391.
19. Mazulo ES. Análise da proficiência em matemática por meio de regressão linear múltipla. *Revista Intersaberes*. 2015;10(21). doi:10.22169/revint.v10i21.664.

20. Oliveira WK, Cortez-Escalante J, Oliveira WTGH, Carmo GMI, Henriques CMP, Coelho GE, et al. Increase in Reported Prevalence of Microcephaly in Infants Born to Women Living in Areas with Confirmed Zika Virus Transmission During the First Trimester of Pregnancy – Brazil, 2015. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2016;65: 242–247.
21. Faria NR, Azevedo RSS, Kraemer MUG, Souza R, Cunha MS, Hill SC, et al. Zika virus in the Americas: Early epidemiological and genetic findings. *Science.* 2016;352(6283):345–349.
22. Mlakar J, Korva M, Tul N, Popović M, Poljšak-Prijatelj M, Mraz J, et al. Zika Virus Associated with Microcephaly. *N Engl J Med.* 2016;374: 951-958.
23. Stefani D. Relação ambiental, cultural/social, e riscos potenciais de disseminação do aedes aegypti, vetor de transmissão da dengue e riscos potenciais para a febre chikungunya, análise epidemiológica do município de Tamboara-PR. *FIEP Bulletin – online.* 2015;85:113–117. doi:10.16887/85.a1.23.
24. Yoshii MPC. Práticas que promovem o acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em aglomerados subnormais no município de Piracicaba – SP [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos; 2017. doi:10.11606/d.18.2017.tde-30102017-145633.
25. Roseghini WFF, Mendonça F, Ceccato P, Fernandes K. Dengue epidemics in Middle-South of Brazil: climate constraints and some social aspects. *RBClima.* 2011;9. doi:10.5380/abclima.v9i0.27522.
26. Scandar SAS. Análise espacial da distribuição dos casos de dengue e a relação com fatores entomológicos, ambientais e sócio-econômicos no município de São José do Rio Preto, SP , Brasil [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública; 2007. Doi:10.11606/t.6.2007.tde-19032008-155959.
27. Costa SSB, Branco MDRFC, Aquino Junior J, Rodrigues ZMR, Queiroz RCS, Araujo AS, et al. Spatial analysis of probable cases of dengue fever, chikungunya fever and zika virus infections in Maranhao State, Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo.* 2018;60:e62.
28. Costa JV, Silveira LVA, Donalísio MR. Análise espacial de dados de contagem com excesso de zeros aplicado ao estudo da incidência de dengue em Campinas, São Paulo, Brasil. *Cad Saúde Pública.* 2016;32(8):e00036915. doi:10.1590/0102-311x00036915.
29. Almeida CP, Silva RM. Análise da ocorrência dos casos de dengue e sua relação com as condições socioambientais em espaços urbanos: os casos de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no estado da Paraíba – Brasil. *Hygeia.* 2018;14(27):56-79. doi:10.14393/hygeia142705.
30. Costa FS, Silva JJ, Souza CM, Mendes J. Dinâmica populacional de *Aedes aegypti* (L) em área urbana de alta incidência de dengue. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2008;41(3):309-312. doi:10.1590/s0037-86822008000300018.

31. Malla A, Shanmugaraj B, Ramalingam S. Emerging Mosquito-Borne Arboviral Infection Zika – An Epidemiological Review. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2020;10(5):193-200.
32. Jones R, Kulkarni MA, Davidson TMV, RADAM-LAC Research Team, Talbot B. Arbovirus Vectors of Epidemiological Concern in the Americas: A Scoping Review of Entomological Studies on Zika, Dengue and Chikungunya Virus Vectors. *PloS One.* 2020;15(2):e0220753.
33. Ibarra AMS, Ryan SJ, Beltrán E, Mejía R, Silva M, Muñoz A. Dengue Vector Dynamics (*Aedes Aegypti*) Influenced by Climate and Social Factors in Ecuador: Implications for Targeted Control. *PloS One.* 2013;8(11):e78263.
34. Kamal M, Kenawy MA, Rady MH, Khaled AS, Samy AM. Mapping the Global Potential Distributions of Two Arboviral Vectors *Aedes Aegypti* and *Ae. Albopictus* under Changing Climate. *PloS One.* 2018;13(12):e0210122.
35. Abeyewickreme W, Wickremasinghe AR, Karunatilake K, Sommerfeld J, Kroeger A. Community Mobilization and Household Level Waste Management for Dengue Vector Control in Gampaha District of Sri Lanka; an Intervention Study. *Pathog Glob Health.* 2012;106(8):479-87.
36. Reiskind MH, Zarrabi AA. Water Surface Area and Depth Determine Oviposition Choice in *Aedes Albopictus* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 2012;49(1):71-76.
37. Beserra EB, Fernandes CRM, Sousa JT, Freitas EM, Santos KD. [The effect of water quality in the life cycle and in the attraction for the egg oviposition of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae)]. *Neotrop entomol.* 2010;39(6):1016-23.
38. Santos DN, Silva VPR, Sousa FAS, Silva RAE. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. *R Bras Eng Agríc Ambiental.* 2010;14(5):492-500.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ações de controle de vetor adotadas pelos programas ministeriais não se têm demonstrado efetivas para o controle da doença nos municípios do estado, visto que, ao longo dos anos, os municípios têm sofrido epidemias com alto índice de incidência de casos, ultrapassando a média de mil casos por 100 mil/habitantes.

Ficou evidente que os trabalhos de rotina do controle do vetor pautados na detecção, notificação e diagnóstico da doença em humanos e na vigilância entomológica fundamentada em detecção de forma imaturas do vetor *Aedes aegypti* estão sujeitos à subnotificação de casos de doenças transmitidas por este vetor ou à notificação tardia, e à informação imprecisa da infestação vetorial respectivamente, resultando em fatores que têm dificultado a prevenção e o controle dessas doenças, exigindo ferramentas de vigilância que permitam a detecção de risco de transmissão de forma oportuna, para que haja potencialização das ações de controle.

Conclui-se que montar um modelo explicativo que descreva a incidência das arboviroses no estado da Paraíba é fundamental, demonstrando que o volume da incidência não se dá apenas em poucos municípios com registro de casos, mas com o aumento do número de municípios com casos registrados, ou seja, o aumento da distribuição espacial da ocorrência foi suficiente para explicar a incidência estadual.

Não foram encontradas evidências de associação entre as diferenças econômicas e os casos de dengue, o que leva a concluir que a doença não possui estratificação social distinta. A forma de disposição de efluentes parece ter associação negativa com a incidência da doença, visto que locais com melhores condições de saneamento apresentam incidências menores, uma vez que, ante a irregularidade da precipitação na região, os efluentes domésticos podem tornar-se um recurso importante para o vetor.

Os dados evidenciaram uma associação positiva com o sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, sendo que a disposição irregular tem mais influência que as demais variáveis, o que pode indicar a necessidade de uma recondução nas estratégias de controle de criatórios.

O uso de Sistemas de Informações Geográficas são ferramentas de grande valia para o estudo, para a análise e para a compreensão das relações entre os fenômenos socioeconômicos e a incidência das arboviroses, principalmente no tange à eficiência e à praticidade no acompanhamento dos casos. Novos estudos sobre

essa problemática devem ser incentivados, visando, assim, a uma melhor compreensão sobre a doença, possibilitando um planejamento mais eficiente contra o referido problema. Sob o ponto de vista das Secretarias Estaduais de Saúde, o modelo obtido é sucinto e viável, pois permite, com poucas informações, estabelecer resultados estatísticos importantes que podem ser utilizados pelos Serviços de Vigilância Epidemiológica das Secretarias Estaduais de Saúde.

## REFERÊNCIAS

- AIKEN, W. D.; ANZINGER, J. J. Chikungunya Virus Infection and Acute Elevation of Serum Prostate-Specific Antigen. **Case reports in urology**, v. 2015, 2015.
- ALMEIDA, E. S.; HADDAD, E. A.; HEWINGS, G. J. D. The spatial pattern of crime in Minas Gerais: an exploratory analysis. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 1, 2005.
- ALTO, B. W.; BETTINARDI, D.; Temperature and Dengue Virus Infection in Mosquitoes: Independent Effects on the Immature and Adult Stages. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, [s.l.], v. 88, n. 3, p. 497-505, 2013.
- ALVES, W. C. L.; GARAYEB, I. S.; LOUREIRO, E. C. B. Bactérias isoladas de culicídeos (Diptera: Nematocera) hematófagos em Belém, Pará, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 1, n. 1, p. 131-142, 2010.
- AQUINO JÚNIOR, J. **A dengue em área de fronteira internacional: riscos e vulnerabilidades na Tríplice Fronteira de Foz do Iguaçu**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- AZEVEDO, Jullianna Vitorio Vieira de et al. Influência do clima na incidência de infecção respiratória aguda em crianças nos municípios de campina grande e monteiro, paraíba, brasil. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 467-477, 2015.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. **Estud. av.**, São Paulo, v. 22, n. 64, p. 53-72, 2008.
- BESERRA, E. B.; CASTRO, J. F. P.; SANTOS, J. W.; SANTOS, T. S.; FERNANDES, C. R. M. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p 853-860, 2006.
- BESERRA, E. B.; RIBEIRO, O. S.; OLIVEIRA, S. A. **Flutuação populacional e comparação de métodos de coleta de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera, Culicidae)**. Iheringia, Série Zoologia, v. 104, n. 4, p. 418-425, 2014.
- BIVAND, R.; PIRAS, G. Comparing implementations of estimation methods for spatial econometrics. **Journal of Statistical Software**, v. 63, n. 18, p. 1-36, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* – LIRAa – para Vigilância Entomológica do *Aedes aegypti* no Brasil – Metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial e Tipo de Recipientes**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Febre de Chikungunya: manejo clínico**. Brasília, DF, 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 52. **Boletim Epidemiológico**, v. 50, n. 04, 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Atenção Básica. **Chikungunya: manejo clínico**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2017.

CAIXETA, D. M.; SOUSA, F. G. de. A utilização de ferramentas e técnicas de geoprocessamento na identificação e análise das áreas de maior ocorrência de casos de dengue em Goiânia-GO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais Eletrônicos** [...] Florianópolis, 2007.

CALVET, G. et al. Detection and sequencing of Zika virus from amniotic fluid of fetuses with microcephaly in Brazil: a case study. **Lancet Infect Dis**. february, 2016.

CAMARA, T. N. L. Arboviroses emergentes e novos desafios para a saúde pública no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 50, p. 1-7, 2016.

CARVALHO JUNIOR, W. et al. Elaboração de zoneamentos agropedoclimáticos por geoprocessamento: soja em municípios do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, RG, v. 27, p. 379-387, 2003.

CAVICCHIOLI NETO, V. et al. Desenvolvimento e integração de mapas dinâmicos georreferenciados para o gerenciamento e vigilância em saúde. **Journal of health Informatics**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 3-9, 2014.

CHEN, Y. New approaches for calculating morans index of spatial autocorrelation. **PloS one**, Public Library of Science, v. 8, n. 7, p. 68336, 2013.

CHUA, K. B.; CHUA, I. L.; CHUA, I. E.; CHUA, K. H. Differential preferences of oviposition by *Aedes* mosquitoes in man-made containers under field conditions. **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**, v. 35, p 599-607, 2004.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 228 p, 1994.

CUGOLA, F. R. et al. The Brazilian Zika virus strain causes birth defects in experimental models. **Nature**. v. 534, n. 7606, p. 267-271. 2016.

DELMELLE, E.; HAGENLOCKER, M.; KIENBERGER, S.; CASAS, I. A spatial model of socioeconomic and environmental determinants of dengue fever in Cali, Colombia. **Acta Tropica**, v. 76, p. 164-169, 2016.

DIAS, L. B. A.; ALMEIDA, S. G. L.; HAES, T. M.; MOTA, L. M.; RORIZ-FILHO, J. S. Dengue: transmissão, aspectos clínicos, diagnóstico e tratamento. **Revista da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto**, v. 43, n. 2, p. 143-152, Abr./Jun. 2010.

DICK, G. W. A.; KITCHEN, S. F.; HADDOW, A. J. Zika Virus (I). Isolations and serological specificity. **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 46, n. 5, p. 509–520, 1952.

DONALISIO, M. R.; FREITAS, A. R. R. Chikungunya no Brasil: um desafio emergente. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 283-285, 2015.

DUFFY, M. R. et al. Zika virus outbreak on Yap Island, federated states of Micronesia. **New England Journal of Medicine**, Boston, v. 360, n. 24, p. 2536-2543, 2009.

DUNCAN, D. T. et al. Demographic disparities in the tobacco retail environment in boston: A citywide spatial analysis. Public Health Reports. **Association of Schools of Public Health**, v. 129, n. 2, p. 209, 2014.

ESCOBAR, L. et al. Declining Prevalence of Disease Vectors Under Climate Change. **Scientific reports**. V. 6, n. 1, p. 1-8, Dez. 2016.

FARIA, N. R. et al. Zika virus in the Americas: Early epidemiological and genetic findings. **Science**, New York, v. 352, n. 6283, p. 345-349, 2016.

FISCHER, M. M.; LESAGE, J. **Spatial econometric methods for modeling origin destination flows**. Handbook of applied spatial analysis. Springer, Berlin/Heidelberg, p. 409-432, 2010.

FISCHER, M. M.; WANG, J. **Spatial data analysis: models, methods and techniques**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2011. 91 p.

FORATTINI, O. P.; MARQUES, G. R. A. M. Nota sobre o encontro de *Aedes aegypti* em bromélias. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 5, p 543-544, 2000.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Programa Nacional de Controle da Dengue**: instituído em 24 de julho de 2002. Fundação Nacional de Saúde, 1th ed. Brasília: MS; 2002. 34p.

GALATI, E. A. B.; CAMARA, T. N. L.; NATAL, D.; CHIARAVALLLOTI-NETO, F. Mudanças climáticas e saúde urbana. **Rev. USP**, v. 107, p. 79-90, 2015.

GOMÉZ, M. Z.; ISAZA, D. V. El virus Chikungunya en Colombia: aspectos clínicos y epidemiológicos y revisión de la literatura. **Iatreia, Medellín**, v. 29, n. 1, p. 65-74, 2016.

HINO, P. et al. Distribuição espacial de doenças endêmicas no município de Ribeirão Preto (SP). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. s11, p. 1289-1294, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas do Censo Demográfico/Indicadores Sociais Municipais**. Rio de Janeiro: IBGE; 2018

KINDHAUSER, M. K.; ALLEN, T.; FRANK, V.; SANTHANA, R. S.; DYE, C. Zika: the origin and spread of a mosquito-borne virus. **Bull World Health Organ**, v. 94, p. 675-86, 2016.

LABEAUD, A. D. Zika virus infection: An overview. Literature review current. **Javid Iqbal Dasti/Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 9, n. 7, p. 621–625, 2016.

LAGROTTA, M. T. F. **Geoprocessamento de indicadores entomológicos na identificação de áreas, imóveis e recipientes (chaves) no controle do Aedes aegypti**. 2006. 134 f. Dissertação (Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2006.

LINDENBACH, B. D.; THIEL, H.; RICE, C. M. Flaviviridae: the viruses and their replication. In: Knipe DM, Howley PM, editors. **Fields virology**. 5 th. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 1101-52

LOPES, N.; LINHARES, R. E. C.; NOZAWA C. Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil. **Rev Pan-Am Saude**. Pará, v. 5, n. 3, p. 55-64, 2014.

LOURENÇO DE OLIVEIRA, R. Biologia e comportamento do vetor. In: VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; CUNHA, R. V. **Dengue: teorias e práticas**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p 458, 2015.

MADARIAGA, M.; TICONA, E.; RESURRECCION, C. Chikungunya: bending over the Americas and the rest of the world. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, Salvador, v. 20, n. 1, p. 91-98, 2016.

MAMANI, E. New serotype 5 of dengue virus: need to strengthen the molecular surveillance in Peru. **Revista peruana de medicina experimental y salud publica**, v. 31, n. 1, p. 169-180, 2014.

MUSSO, D.; CAO-LORMEAU, V. M.; GUBLER, D. J. Zika virus: following the path of dengue and chikungunya? **The Lancet**, London, v. 386, n. 9990, p. 243-244, Jul. 2015.

NARDI, S. M. T. et al. Geoprocessamento em Saúde Pública: fundamentos e aplicações. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 185-191, 2013.

NASCI, R. S. Movement of Chikungunya virus into the Western Hemisphere. **Emerg Infect Dis**, v. 20, p 1394-5, 2014.

NOVALES, F. J. M. de et al. A propósito de un caso de Fiebre de Chikungunya importada de América. **Sanidad Militar**, Madrid, v. 71, n. 3, p. 183-185, 2015.

NUNES, M. R. T. et al. Emergence and potential for spread of Chikungunya virus in Brazil. **Bmc Medicine**, [s.l.], Vol. 13, n. 1, p 1-10, 30 abr. 2015.

OLINDA, R. A. et al. Estudo de simulação de extremos espaciais com base em processos max-stable. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 132-156, 2013.

PINTO, E. S. O.; SANTOS, G. R.; OLIVEIRA, F. L. de P. Análise espaço-temporal aplicada às ocorrências de hipertensão e diabetes nos municípios do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biomedicina**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 238-266, 2014.

REZZA, G et. al. Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. **The Lancet**, [s.l.], Vol. 370, n. 9602, p. 1840-1846, Dez. 2007.

RODRIGUES, M. et al. Análise espacial da mortalidade infantil e adequação das informações vitais: uma proposta para definição de áreas prioritárias. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 7, p. 2047-2054, jul. 2014.

SALVADOR, F. S.; FUJITA, D. M. Entry routes for Zika virus in Brazil after 2014 world cup: New possibilities. **Travel medicine and infectious disease**, v. 14, n. 1, p. 49-51, 2016.

SANTOS, D. N. dos; SILVA, V. de P. R. da; SOUSA, F. de A. S.; SILVA, R. A. E. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 14 n. 5, 2010.

SCHATZMAYR, H. G.; NOGUEIRA, R. M. R.; ROSA, A. P. A. T. An outbreak of dengue virus at Rio de Janeiro. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 81, p 245-246, 1986.

SCHRAM, P. C. F. Zika virus and public health. **Journal of Human Growth and Development**. v. 26, n. 1, p. 7-8, 2016

SHAN, C. et al. Zika Virus: Diagnosis, Therapeutics, and Vaccine. **ACS Infectious Diseases**, v. 2, n. 3, p. 170–172, 2016.

SIMMONS, C. P.; FARRAR, J. J.; CHAU, N. V. V.; WHILLS, B. Dengue. **The New England Journal of Medicine**, v. 366, n. 15, p. 1423-1432, Apr. 2012.

SUN, W.; XUE, L.; XIE, X. Spatial-temporal distribution of dengue and climate characteristics for two clusters in Sri Lanka from 2012-2016. **Scientific Report**, v. 7, n. 12884, 2017.

TEMPORÃO, J. G. et al. Dengue virus serotype 4, Roraima state, Brazil. **Emerg Infect Dis**, v. 17, p 938-940, 2011.

TOBLER, W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. **Economic geography**, JSTOR, v. 46, p. 234-240, 1970.

TREWING, B. J.; KAY, B. H.; DARBRO, J.M.; HURST, T.P. Increased container-breeding mosquito risk owing to drought-induced changes in water harvesting and storage in Brisbane, Australia. **International Health**, v. 5, n. 4, p. 251-58, 2013.

WEAVER, S. C., FORRESTER, N. L. Chikungunya: Evolutionary history and recent epidemic spread. **Antiviral Research**, [s.l.], Vol. 120, p 32-39, Ago. 2015.

WEBER, A. A; WOLLMANN, C. A. A influência climática na proliferação do mosquito *Aedes aegypti* em Santa Maria – RS, em 2012. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1246-1253, 2016.

WHO. **Global Strategy for Dengue Prevention and Control 2012–2020**. World Health Organization, p. 43, 2012.

ZANLUCA, C. et al. First report of autochthonous transmission of Zika virus in Brazil. **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 110, n. 4, p. 569–572, 2015.

ZARA, A. L. S. A. et al. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, 2016.

## ANEXOS

### ANEXO A – ARTIGO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO EM REVISTA CIENTÍFICA (QUALIS B2)

**[SD] Decisão editorial**

2020-05-05 07:06

ELLEN TAYANNE SILVA, Ricardo Alves Olinda, Anna Stella Pachá, Arthur Oliveira Costa, Alisson Lima Brito,

Foi tomada uma decisão sobre o artigo submetido à revista Saúde em Debate,  
"AUTOR Regular- Distribuição espacial de casos da dengue no estado da Paraíba, Brasil, 2007-2016".

A decisão é: Submissão aceita. Em breve a equipe editorial entrará em contato para dar prosseguimento ao processo de editoração e publicação do artigo.

Maria Lucia Rizzotto  
marialuciarizzotto@gmail.com

revista@saudeemdebate.org.br

OBS: ARTIGO ENVIADO ANTES DA QUALIFICAÇÃO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO EM REVISTA CIENTÍFICA. NÃO É O ARTIGO FINAL DA DISSERTAÇÃO.

## ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA  
PARAÍBA - PRÓ-REITORIA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO E  
PESQUISA / UEPB - PRPGP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Modelos de Regressão Espacial ajustados a dados de arboviroses (*Aedes aegypti*) do Estado da Paraíba: Influência de fatores socioeconômicos e ambientais

**Pesquisador:** ELLEN TAYANNE CARLA DA SILVA

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 22048919.2.0000.5187

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.626.611

#### Apresentação do Projeto:

Atualmente, dentre as doenças infecciosas emergentes e reemergentes, as arboviroses transmitidas *Aedes aegypti*, como o Dengue, o Chikungunya e o Zika são considerados importantes desafios para a Saúde Pública. Ressalta-se que a entrada desses arbovirus em países já endêmicos para dengue, como o Brasil, pode ter como consequência o colapso nos serviços de saúde durante epidemias explosivas simultâneas. Considerando esse cenário, a análise dos processos geográficos espacial é uma ferramenta que pode ser utilizada para o monitoramento das doenças e planejamento de intervenções, pois permitem compreender como e onde as doenças se propagam através do espaço e no decorrer do tempo.

O presente estudo objetiva analisar a distribuição espacial dos coeficientes de incidência das arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti* no estado da Paraíba, avaliando a existência de dependência geográfica e sua relação com fatores socioeconômicos e ambientais.

Trata-se de um estudo ecológico de dados secundários. Serão utilizados os casos das arboviroses notificados no SINAN - MS no período de 2009 a 2018. As informações sobre condições sócio-econômicas serão provenientes do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo IBGE e os relativos a variáveis climáticas cedidos pela CLIMATE ([www.climate-data.org](http://www.climate-data.org)).

Inicialmente será realizada a análise descritiva das variáveis referente aos casos das arboviroses,

**Endereço:** Av. das Banúnas, 351 - Campus Universitário  
**Bairro:** Bodocongó **CEP:** 58.109-753  
**UF:** PB **Município:** CAMPINA GRANDE  
**Telefone:** (83)3315-3373 **Fax:** (83)3315-3373 **E-mail:** cep@uepb.edu.br