



## ARTIGO ORIGINAL



## Distribuição espacial de arboviroses e sua associação com um índice de desenvolvimento social e o descarte de lixo em São Luís, Maranhão, 2015 a 2019

Spatial distribution of arboviruses and its association with a social development index and the waste disposal in São Luís, state of Maranhão, Brazil, 2015 to 2019

Emile Danielly Amorim Pereira<sup>I</sup> , Cleber Nascimento do Carmo<sup>I</sup> , Waleska Regina Machado Araujo<sup>II</sup> , Maria dos Remédios Freitas Carvalho Branco<sup>III</sup>

<sup>I</sup>Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

<sup>II</sup>Secretaria de Estado da Saúde do Maranhão – São Luís (MA), Brasil.

<sup>III</sup>Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva – São Luís (MA), Brasil.

## RESUMO

**Objetivo:** Detectar aglomerados espaciais e espaço-temporais de arboviroses urbanas e investigar se o índice desenvolvimento social (IDS) e o descarte irregular de lixo estão relacionados ao coeficiente de detecção das arboviroses urbanas em São Luís, Maranhão.

**Métodos:** Os casos confirmados de dengue, Zika e chikungunya em São Luís, no período de 2015 a 2019, foram georreferenciados para o setor censitário de residência. O modelo de regressão Autorregressivo Condicional Bayesiano foi utilizado para identificar a associação entre o coeficiente de detecção de arboviroses urbanas, IDS e pontos de descarte irregular de lixo. **Resultados:** O padrão espacial de arboviroses apontou para a predominância de cluster de baixo coeficiente de detecção, exceto em 2016. Para os anos de 2015, 2016, 2017 e 2019, o aumento de uma unidade de ponto de lixo aumenta o coeficiente de detecção de arboviroses em 1,25, 1,09, 1,23 e 1,13 casos de arboviroses por 100 mil habitantes, respectivamente. O IDS não foi associado ao coeficiente de detecção de arboviroses. **Conclusão:** Em São Luís foram identificados aglomerados espaço-temporais de risco para a ocorrência de arboviroses e a associação positiva entre o coeficiente de detecção de arboviroses e os pontos de descarte irregular de lixo.

**Palavras-chave:** Chikungunya. Dengue. Zika. Resíduos sólidos. Estudos ecológicos.

**AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA:** Emile Danielly Amorim Pereira. Avenida da História, Quadra. 18, n. 21, Cohafum,. CEP: 65074-795, São Luís (MA). E-mail: emiledanielly@gmail.com

**CONFLITO DE INTERESSES:** nada a declarar

**COMO CITAR ESSE ARTIGO:** Pereira EDA, Carmo CN, Araujo WRM, Branco MRFC. Distribuição espacial de arboviroses e sua associação com um índice de desenvolvimento social e o descarte de lixo em São Luís, Maranhão, 2015 a 2019. Rev Bras Epidemiol. 2024; 27: e240017. <https://doi.org/10.1590/1980-549720240017.2>

Esse é um artigo aberto distribuído sob licença CC-BY 4.0, que permite cópia e redistribuição do material em qualquer formato e para qualquer fim desde que mantidos os créditos de autoria e de publicação original.

Recebido em: 20/09/2023

Revisado em: 21/12/2023

Aceito em: 05/01/2024



## INTRODUÇÃO

As arboviroses são um crescente problema de saúde pública no mundo<sup>1</sup>. No Brasil, a ocorrência simultânea das três arboviroses urbanas (dengue, chikungunya e Zika) é um importante desafio para o Sistema Único de Saúde, tanto pela magnitude e gravidade dos casos quanto pela dificuldade de diagnóstico diferencial. Essas doenças apresentam ampla distribuição geográfica, estando presente na maioria dos municípios e nas cinco macrorregiões do país<sup>2</sup>.

Diversos estudos<sup>3-5</sup> apontam que a ausência ou insuficiente prestação de serviços de saneamento contribuem na produção de espaços propícios para a manutenção do *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762), principal vetor das arboviroses urbanas. Espaços urbanos com inadequado e insuficiente saneamento podem concentrar indivíduos mais vulneráveis à infecção aos vírus transmitidos por vetores como o *A. aegypti*, devido a maior exposição ao mosquito e ao menor acesso às medidas de prevenção ambientais e pessoais<sup>6</sup>.

Uma das principais medidas sanitárias que ajuda a prevenir a proliferação de doenças em zonas urbanas e rurais é a coleta de lixo<sup>7-11</sup>. Isso devido ao lixo doméstico e urbano proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento larval do *A. aegypti*<sup>12</sup>. Por exemplo, estudos realizados na Austrália<sup>13</sup> e no Brasil<sup>4</sup> apontaram a existência de um grande volume de criadouros positivos provenientes do lixo doméstico.

No Brasil, é de competência do poder público local o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos nas cidades. Contudo, em 2008, 50,8% dos municípios brasileiros destinavam seus resíduos a vazadouros a céu aberto (lixões), conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)<sup>14</sup>. A região Nordeste registrou as maiores proporções de destinação desses resíduos aos lixões (89,3%) e o Maranhão ocupou o terceiro lugar (96,3%)<sup>14</sup>.

Em São Luís, capital do estado do Maranhão, o intenso e desordenado processo de expansão urbana, alimentada pela especulação imobiliária e por ocupações irregulares, tem intensificado essa problemática<sup>15</sup>. A coleta de lixo urbana é precária e com presença de lixões em toda a cidade<sup>16</sup>. O aumento dos resíduos sólidos e da destinação inadequada do lixo tem contribuído para a proliferação desses pontos de descarte irregulares.

A universalização do acesso ao serviço de saneamento básico em São Luís continua sendo um desafio, que pode ser superado com a melhoria da gestão dos resíduos sólidos. Dessa forma, identificar um padrão da distribuição das arboviroses dentro do município e uma possível associação com o desenvolvimento social e com pontos de descarte irregular de lixo torna-se necessário para a proposição de medidas que evitem doenças relacionadas à urbanização.

Este estudo tem como objetivo detectar aglomerados espaciais e espaço-temporais de arboviroses urbanas (dengue, chikungunya e Zika) e identificar se o desenvolvimento social e a gestão do lixo estão relacionados com o

coeficiente de detecção dessas doenças nos setores censitários de São Luís, Maranhão, no período de 2015 a 2019.

## MÉTODOS

Foi realizado um estudo ecológico em São Luís, cuja a população urbana estimada era de 1.115.932 habitantes e a densidade demográfica era de 1.215,69 hab./km<sup>2</sup> em 2021<sup>17</sup>. As unidades de análise foram os setores censitários do município, totalizando 1.126 setores<sup>2</sup> (Figura 1).

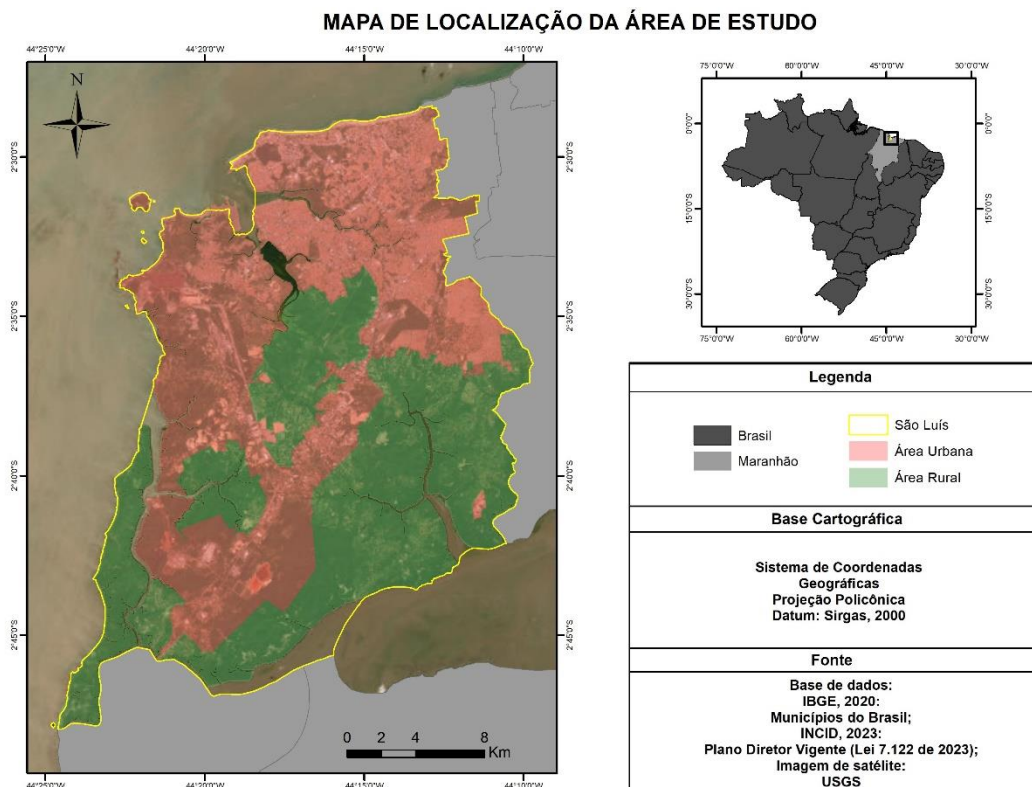
A população do estudo foi composta por todos os casos notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) de dengue, chikungunya e Zika, confirmados pelo critério clínico epidemiológico ou laboratorial, de residentes em São Luís, de 1º de janeiro de 2015 a 31 de dezembro de 2019. As definições de caso seguiram os protocolos do Ministério da Saúde<sup>18</sup>.

Para identificação dos casos de arboviroses, foram consideradas as variáveis “município de residência”, “data da notificação” e “classificação final (descartado, dengue, chikungunya e Zika)”. Foram excluídos os casos descartados, em investigação, importados de outros municípios e que estavam sem informação nas variáveis “município de residência” e “classificação final”.

Os dados do SINAN foram georreferenciados para o setor censitário de residência, utilizando os campos “logradouro” e “número” que foram confrontados nas plataformas: *Google Maps*, *Bing Maps* e *Wikimapia* com objetivo de identificar as coordenadas geográficas (x, y) de latitude e longitude, através do endereço mais próximo. As coordenadas geográficas foram inseridas na ferramenta *Geocoding* no *software* Arcgis 10.4.1. Sequencialmente foi realizada a conversão das ocorrências em uma base cartográfica de pontos utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG), Qgis versão 3.10.

Os dados referentes aos 600 pontos de descarte irregular do lixo, nos anos de 2015, 2016, 2017 e 2019, foram provenientes da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (SEMOSP), mapeados por meio da Superintendência de Limpeza Pública do município. Os dados para o ano de 2018 não estavam disponíveis, assim, o número de pontos de descarte irregular do lixo para esse ano foi obtido pelo cálculo da média dos anos de 2017 e 2019.

O índice de desenvolvimento social (IDS) de São Luís foi calculado, por setor censitário, a partir da metodologia proposta por Cavallieri e Lopes<sup>19</sup>. Trata-se de um índice social agregado baseado em indicadores do censo de 2010 (acesso ao saneamento básico, qualidade habitacional, escolaridade e renda), com a finalidade de medir o grau de desenvolvimento social entre áreas geográficas de mesma natureza, variando de 0 a 1, sendo 0 a pior condição de desenvolvimento social e 1 a melhor. Neste trabalho foram utilizadas as mesmas quatro dimensões de análise e variáveis do referido estudo<sup>19</sup>, com exceção das dimensões escolaridade e renda, onde foi preciso realizar ajustes nas variáveis pela indisponibilidade das mesmas no Censo Demográfico 2010 do IBGE.



Fonte: Plano Diretor do município de São Luís do ano de 2019. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/incid/conteudo/4023>. Acesso em: 28 nov. 2023.

**Figura 1. Mapa de localização do município de São Luís, com representação da área urbana e rural.**

- Na dimensão escolaridade foi utilizada somente a variável percentagem de analfabetismo em maiores de 15 anos;
- Na dimensão disponibilidade de renda houve a substituição da variável percentagem dos chefes de domicílio com rendimento até dois salários mínimos por percentagem dos chefes de domicílio com rendimento de 5 a 10 salários mínimos, visto que, dentre as categorias, esta era a menor faixa de rendimento disponível.

Foram calculados os coeficientes de detecção das arboviroses urbanas a partir da divisão entre o total de casos das três doenças notificadas no setor censitário e a população do respectivo setor censitário, multiplicado por 100.000 habitantes (hab.). Foi considerada a data da notificação dos casos para todos os anos estudados. As estimativas populacionais por setor censitário foram obtidas do IBGE<sup>20</sup>.

Para a distribuição espacial do coeficiente de detecção das arboviroses urbanas, adotou-se estratificação pelo risco de ocorrência de arboviroses utilizado pelo Programa Nacional de Controle da Dengue: baixo risco (até 100 casos/100.000 hab.); médio risco (101 a 300 casos/100.000 hab.); alto risco (301 a 1.000 casos/100.000 hab.); e epidêmicos (acima de 1.000 casos/100.000 hab.)<sup>21</sup>.

Construiu-se a matriz de vizinhança, *queen* de primeira ordem, e mensurou-se a dependência espacial. Testes de pseudo-significância foram calculados para 999 permutações. A dependência espacial pode ser expressa pela au-

torrelação espacial que indica quanto uma variável varia em função dos seus vizinhos.

Para autocorrelação espacial, utilizou-se os Índices Global (I Moran) e Local de Moran. O I Moran Global pode variar entre -1 (autocorrelação espacial negativa) e 1 (apresentam padrão espacial), sendo que para os dados com ausência de dependência espacial ou dependência espacial muito baixa, o valor é próximo a zero<sup>22</sup>.

Com intuito de evidenciar os locais em que a dependência espacial foi mais acentuada, segundo os setores censitários, e verificar com mais detalhes os diferentes regimes de associação formados, foi utilizado o *Local Indicators of Spatial Association* (LISA), que indica um valor referente à correlação dos municípios com seus vizinhos, apontando onde a autocorrelação espacial tem significância estatística. A análise dos quadrantes do diagrama indica áreas de associação espacial positiva Q1 (valores positivos, médias positivas) e Q2 (valores negativos, médias negativas) e áreas de associação espacial negativa Q3 (valores positivos, médias negativas) e Q4 (valores negativos, médias positivas). Em ambos os índices (Global e Local), foi considerado como significância estatística o valor de  $p < 0,05$ .

Para a identificação de *clusters* espaço-temporais foi utilizada a técnica estatística de varredura de Kulldorff através do *software SaTscanTM*. O método de varredura de Kulldorff detecta simultaneamente *clusters* no espaço e tempo, testando a significância estatística, estimando o risco relativo de cada *cluster*<sup>23</sup>. Como a variável de interesse

é o número de casos em uma localidade, temos que o número esperado de casos  $E[c]$  em cada cilindro segue uma distribuição de Poisson dada por (Equação 1):

Equação 1:

$$E[c] = CP \times p,$$

Sendo:

- C o número total de casos;
- P a população total;
- p a população dentro da área do cilindro.

A significância estatística é obtida via simulações de Monte Carlo. Rejeita-se a hipótese nula quando menos do que 5% dos valores simulados são maiores do que o valor observado.

O risco relativo (RR) obtido usando o *software SaTScanTM* se baseia na diferença da progressão temporal da epidemia da área comparada com a progressão geral estimada pelo *offset*. Assim, temos que o risco relativo de cada cluster é dado por (Equação 2):

Equação 2:

$$RR = \frac{c/E[c]}{(C-c)/(C-E[c])},$$

O modelo condicional autorregressivo com abordagem bayesiana (modelo CAR Bayes) foi utilizado para verificar as relações entre o coeficiente de detecção das arboviroses urbanas e as variáveis IDS e pontos de descarte irregular de lixo, que incorpora a espacialização dos dados na estimação do coeficiente de detecção ajustado em um único parâmetro.

A hipótese nula é que a diferença padronizada entre a média do primeiro decil das iterações e a média dos quintos últimos decis seguem uma distribuição normal padrão. Para o diagnóstico do modelo foram gerados mapas dos resíduos no modelo final CAR Bayes buscando indícios de ruptura dos pressupostos de independência, ou seja, presença de erros correlacionados. Para analisar a convergência das cadeias foi utilizado o método de Geweke<sup>24</sup>.

Para o diagnóstico do modelo foram gerados mapas dos resíduos no modelo final buscando indícios de ruptura dos pressupostos de independência, ou seja, uma alta concentração de resíduos positivos ou negativos em uma parte do mapa indicaria a presença de autocorrelação espacial.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública/Fundação Oswaldo Cruz, sob o parecer nº 4.510.977, CAEE nº 403558620.6.0000.5240.

As análises das modelagens estatísticas e a construção dos mapas foram realizadas no *software* estatístico *R Core Team*, versão 4.2.1.

## RESULTADOS

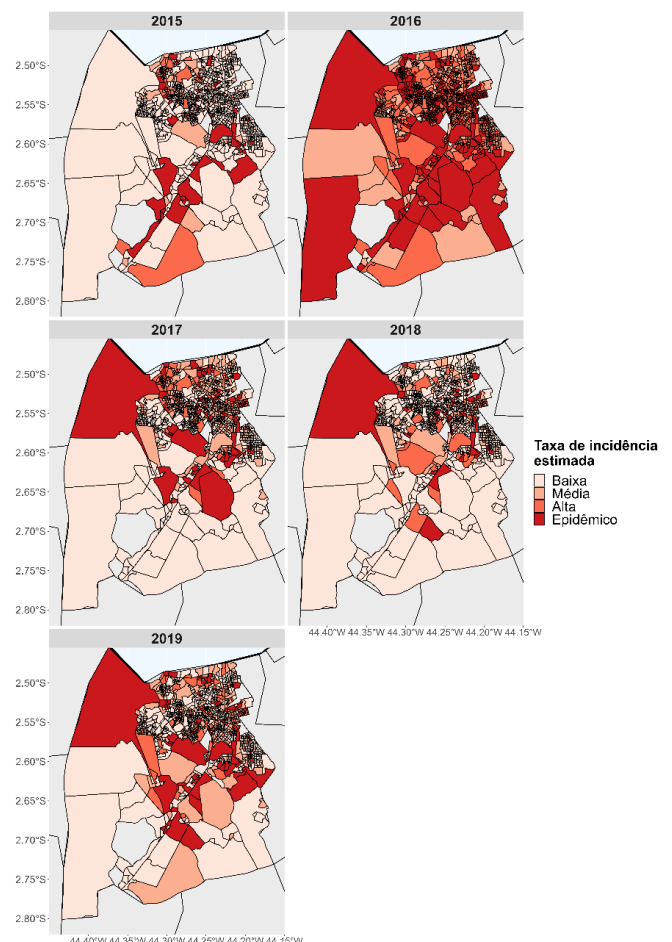
Em São Luís, de 2015 a 2019, foram notificados 40.353 casos de arboviroses urbanas (dengue, chikungunya e Zika),

sendo 846 casos excluídos devido ao não preenchimento completo das informações do local de residência. Assim, foram analisados, neste estudo, 39.507 casos dessas doenças.

Quanto ao padrão da distribuição do coeficiente de detecção das arboviroses, foi observado que os setores censitários variaram de baixo coeficiente de detecção a setores censitários epidêmicos. Nos anos de 2015, 2017, 2018 e 2019 houve predomínio de áreas com baixo coeficiente de detecção, com 880, 598, 776 e 582 setores censitários, respectivamente. Contudo, em 2016 observou-se que houve aumento nos setores censitários com médio coeficiente de detecção (n=255), com alto coeficiente de detecção (n=398) e com coeficientes epidêmicos (n=435) em todo o município de São Luís (Figura 2).

Foi observado que os maiores coeficientes de detecção de arboviroses predominaram nos setores censitários localizados ao norte do município e em alguns municípios da área rural. Vale ressaltar que um setor censitário, localizado na área rural do município, foi epidêmico em quase todo o período estudado (Figura 2).

No que se refere ao Índice de Moran Local após comparação dos *Box Maps*, o município foi caracterizado por aglomerados baixo-baixo (o coeficiente de detecção das arboviroses é baixo e seus vizinhos também apresentam coe-



**Figura 2. Mapa do coeficiente de detecção estimado de arboviroses em São Luís, Maranhão, Brasil (2015 a 2019).**



ficientes baixos), principalmente nos setores censitários da área rural, e aglomerados alto-alto (coeficiente de detecção de arboviroses alto, sendo seus vizinhos de setores censitários também com altos coeficientes) em setores censitários localizados na região central e na área rural (Figura 3).

No que se refere ao Índice de Moran Local após comparação dos *Box Maps*, o município foi caracterizado por áreas de *clusters* que apresentam do coeficiente de detecção de arboviroses e a média de seus vizinhos negativos (Q2), principalmente nos setores censitários da área rural. Por outro lado, em bairros localizados na área central do município e na área rural, ocorreu o inverso: áreas de *clusters* que apresentam valores do coeficiente de detecção e a média de seus vizinhos positivos (Q1). Não foram observadas áreas consideradas de transição, localizadas nos quadrantes Q3 (áreas com alta proporção, cercadas por áreas com baixa proporção desse indicador) e Q4 (áreas com baixa proporção, cercadas de áreas com alta proporção do mesmo indicador). Essa situação indica que as áreas pertencentes a esses quadrantes (Q3 e Q4) não seguem o mesmo processo de dependência espacial das demais (Figura 3).

Na estatística de varredura do *Scan* espaço-temporal foi possível detectar três aglomerados estatisticamente signifi-

cativos. O tamanho da população do *cluster* 1 era de 436.848 habitantes, sendo detectado, no período de 2015-2019, 19.111 casos de arboviroses. No *cluster* 2, o tamanho da população foi de 731 habitantes e foram observados 1.216 casos de arboviroses. No *cluster* 3, o tamanho da população foi de 28.077 habitantes e foram observados 2.205 casos de arboviroses. Os *clusters* 2 e 3 foram detectados no período de 2015-2017. O *cluster* 1 apresentou o menor risco (RR=2,58) e o maior número de setores censitários (n=462). Enquanto isso, o *cluster* 2 apresentou o maior risco relativo (RR=71,76) e o menor número de setores censitários (n=2), todos localizados ao norte do município de São Luís. Na Tabela 1 foram apresentadas as características desses aglomerados.

Os setores censitários com os maiores RR foram provenientes dos bairros Vila Itamar (RR=113,88), Centro (RR=101,09), Maracanã (RR=87,92), Quebra Pote (RR=78,95) e Ribeira (RR=39,02), localizados ao norte do município.

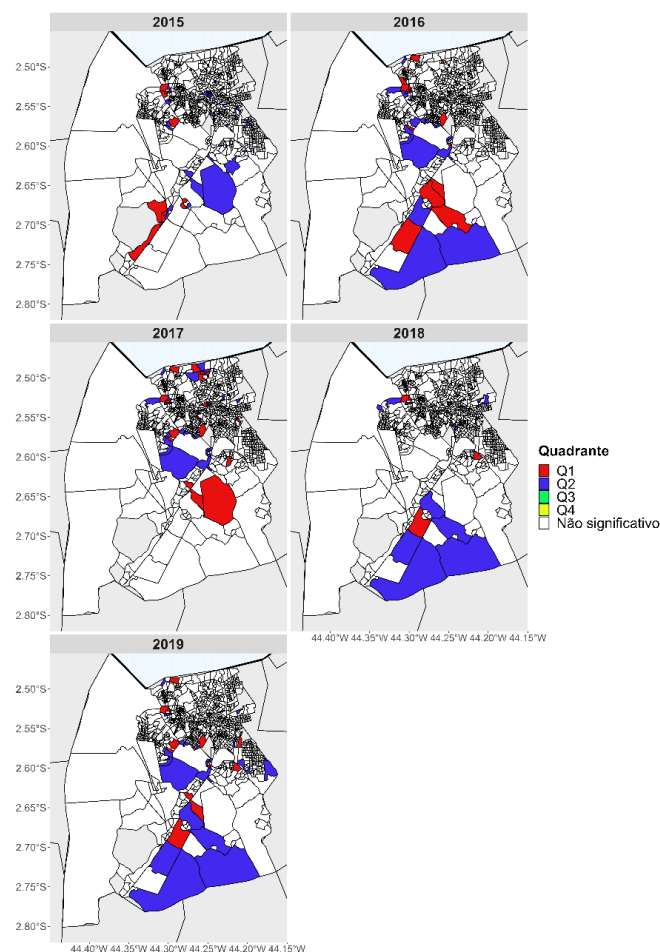
O modelo de regressão CAR Bayes apontou que os pontos de descarte irregular de lixo são significativos no coeficiente de detecção de arboviroses nos setores censitários para todos os anos, exceto para o ano de 2018, pois o intervalo de credibilidade englobou o valor zero. Para os anos de 2015, 2016, 2017 e 2019, o aumento de uma unidade de ponto de lixo aumenta em 1,25, 1,09, 1,23 e 1,13 os casos de arboviroses por 100.000 habitantes, respectivamente. Entretanto, o IDS não foi significativo em nenhum dos anos estudados (Tabela 2).

Na análise dos resíduos do modelo CAR Bayes, observou-se que as médias e os desvios padrões dos erros estavam próximos a zero e todos os modelos apresentaram erros não correlacionados, atendendo o pressuposto de independência dos erros. O índice de Moran evidenciou ausência de autocorrelação espacial para todos os anos estudados: 2015 (I=-0,00; p=0,62), 2016 (I=-0,03; p=0,96), 2017 (I=-0,02; p=0,88), 2018 (I=0,02; p=0,07) e 2019 (I=0,06; p=0,06) (dados não mostrados em tabela).

## DISCUSSÃO

Em nosso estudo, o padrão espacial de arboviroses encontrado apontou para a predominância de *cluster* de baixo coeficiente de detecção, exceto no ano de 2016. A dengue é endêmica no município de São Luís. A partir de 2015, com a circulação de chikungunya e Zika, a falta de imunidade da população, antes nunca exposta aos dois vírus, e a elevada e prolongada viremia, aumentou as possibilidades de transmissão<sup>25</sup>.

Uma razão que pode explicar o elevado número de áreas com baixo coeficiente de detecção para arboviroses é a subnotificação de casos, fenômeno ainda comum no Brasil. No geral, as notificações são decorrentes de informações disponibilizadas por pessoas infectadas que buscam os serviços de saúde. Entretanto, muitos casos podem não ter sido notificados por diferentes motivos, como erros de diagnósticos, infecções assintomáticas, problemas de



**Figura 3. Índice Local de Moran para o coeficiente de detecção de arboviroses urbanas em São Luís, Maranhão, Brasil (2015 a 2019).**

**Tabela 1. Características dos aglomerados estatisticamente significativos quanto ao risco para arboviroses, de acordo com a estatística de varredura espacial *Scan* espaço-temporal, nos setores censitários do município de São Luís, Maranhão, Brasil, 2015–2019.**

Doenças	Cluster	Período	População	Número de setores censitários	Número de casos observados	Número de casos esperados	Risco relativo	p-valor
Arboviroses	1	2015–2019	436.848	462	19.111	10.437	2,58	<0,01
	2	2015–2017	731	2	1.216	17,47	71,76	<0,01
	3	2015–2017	28.077	32	2.205	670,85	3,42	<0,01

**Tabela 2. Modelo de regressão Autorregressivo Condicional Bayesiano para associação de pontos de descarte irregular de lixo e do índice de desenvolvimento social com coeficiente de detecção de arboviroses urbanas nos setores censitários de São Luís, Maranhão, Brasil, 2015–2019.**

Ano		Coefficiente	Intervalo de credibilidade 2.5%	Intervalo de credibilidade 97.5%	Geweke
2015	Intercepto	-21,1	-21,5084	-20,6532	-0,7
	Ponto de descarte irregular de lixo	0,23	0,0405	0,3951	0,5
	Índice de desenvolvimento social	4,87	-2,2869	7,1241	0,6
	$\tau^2$	1,55	0,8962	2,1922	-0,7
	$\sigma^2$	4,21	3,3833	4,9287	1,2
2016	Intercepto	-16,3	-16,611	-16,0988	1,8
	Ponto de descarte irregular de lixo	0,09	0,0124	0,1612	-0,3
	Índice de desenvolvimento social	-0,97	-2,5515	0,7252	-1,8
	$\tau^2$	2,09	1,6347	2,5467	0,1
	$\sigma^2$	1,21	1,0611	1,3063	-0,9
2017	Intercepto	-18,9	-19,4025	-18,5174	-1,5
	Ponto de descarte irregular de lixo	0,21	0,0854	0,3358	0,3
	Índice de desenvolvimento social	0,37	-1,8229	3,5164	1,5
	$\tau^2$	2,85	2,2709	3,65	1,1
	$\sigma^2$	2,43	2,1287	2,7742	1,3
2018	Intercepto	-19,5	-20,2126	-18,8483	-1,8
	Ponto de descarte irregular de lixo	0,15	-0,0067	0,2698	0,4
	Índice de desenvolvimento social	0,01	-3,2492	3,2097	1,7
	$\tau^2$	2,12	1,3949	2,928	-1,4
	$\sigma^2$	2,97	2,4746	3,618	1,4
2019	Intercepto	-18,7	-19,1155	-18,3119	-1,5
	Ponto de descarte irregular de lixo	0,13	0,0051	0,2257	0,4
	Índice de desenvolvimento social	0,21	-2,0127	2,2888	1,3
	$\tau^2$	0,78	0,4842	1,1929	-0,9
	$\sigma^2$	3,05	2,7189	3,4039	0,6

Nota:  $\tau^2$  = Coeficientes de correlação  $\tau$  de Kendall ao quadrado.  $\sigma^2$  = Variância.

acesso aos serviços de saúde<sup>26</sup>, entre outros. Diversos autores<sup>27-30</sup> relataram a subnotificação de doenças e agravos como limitação em seus estudos, a qual prejudica a apresentação da real força de circulação e da magnitude epidemiológica, comprometendo o direcionamento das ações de controle às doenças. Soma-se a esse problema, o agravamento da subnotificação dos casos de arboviroses em virtude do contexto da pandemia por COVID-19, observado pela significativa redução da notificação de casos e óbitos dessas doenças a partir de 2020<sup>2,31</sup>.

Em nossos resultados foram identificados três aglomerados espaço-temporais de risco para a ocorrência de arboviroses em São Luís nos anos de 2015 a 2019. Os setores cen-

sitários com os maiores riscos estão localizados ao norte do município e na área rural. Quanto às características desses locais, é preciso destacar que o norte do município é onde se localizam os bairros mais antigos e áreas periféricas de São Luís, com as maiores populações urbanas e densidade populacional, com uma urbanização não planejada<sup>32</sup>. Na área rural do município, uma parcela significativa do crescimento ocorreu na forma de loteamentos de padrões desiguais.

Nas áreas urbanas, a alta densidade demográfica humana facilita o contato mosquito-humano e, portanto, a chance de se infectar, sobretudo ao encontrar grande parte da população suscetível<sup>33</sup>. Além disso, em locais urbanos e rurais, a presença de criadouros em ambientes de conví-

vio do homem, a precariedade dos serviços, a inadequada infraestrutura, o aumento da produção de resíduos não orgânicos e a maior dinâmica migratória explicam o maior risco da ocorrência de arboviroses<sup>34</sup>.

A associação positiva encontrada entre o coeficiente de detecção de arboviroses e os pontos de descarte irregular de lixo coaduna com outros achados e pode ser justificado pela possibilidade dos resíduos se tornarem potenciais criadouros de *A. aegypti*. Uma pesquisa realizada pelo IBGE sobre saneamento básico mostra que a dengue foi a doença mais relatada pelos municípios e que foi associada, dentre outros fatores, com o lixo acumulado nos domicílios e nas ruas<sup>35</sup>.

Um estudo avaliou a associação e o impacto da coleta de lixo sobre os casos de dengue em Recife, Pernambuco, no período janeiro de 2013 a fevereiro 2015 e identificou uma forte correlação negativa entre a pesagem mensal não categorizada de lixo e a coleta de lixo domiciliar e o total de casos confirmados da doença<sup>4</sup>. Nesse mesmo estudo, verificou-se que o recolhimento de entulhos e resíduos de construção civil, coleta seletiva e de pneus também apresentaram associação negativa com os casos de dengue no município, evidenciando que a coleta regular de resíduos e a redução do lixo doméstico, com ações de otimização de rotas e aumento das frequências de coleta pelo poder público, diminuiria os casos de dengue. A menor cobertura da coleta seletiva também foi associada ao maior número de casos registrados de dengue no período de 2007 a 2016, nos municípios de Minas Gerais<sup>36</sup>.

O descarte irregular de lixo em várias localidades aumenta a problemática, sobretudo quando esses locais se encontram nos peridomicílios. Alguns estudos têm apontado esse fato como grande responsável pelo elevado número de doenças, como a dengue<sup>4,13</sup>. Embora tais condições não estejam diretamente ligadas à ocorrência das arboviroses, elas podem proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento larval do *A. aegypti*<sup>12</sup>. À medida que a expansão urbana se processa desvinculada de políticas sociais e de infraestrutura habitacional, cria-se um quadro sanitário complexo onde o acesso limitado aos serviços básicos de saneamento e de habitações inadequadas geram impactos negativos nos perfis de morbidade e mortalidade da população<sup>37</sup>.

Nesse estudo não foi identificada relação significativa entre o coeficiente de detecção de arboviroses e o IDS. É possível que essa variável usada no modelo de regressão espacial não tenha capturado todo o padrão espacial, provavelmente por ter sido utilizado um modelo de regressão global, que considera o processo espacial subjacente aos dados analisados em um único parâmetro, ou seja, estacionário. Contudo, utilizamos dados censitários, e estes podem produzir diversos padrões espaciais que não são identificados em um único parâmetro. Sugerimos novas investigações, envolvendo modelos que consideram os efeitos espaciais locais, visto que os parâmetros variam no espaço<sup>22</sup>.

Apesar dos resultados relevantes do presente estudo, houve algumas limitações. O uso de dados secundários do Censo de 2010 com falta de dados de variáveis de inte-

resse (informações de escolaridade e renda) é justificada pela não disponibilização dos dados do Censo de 2020 em tempo oportuno para a pesquisa. Não foi possível incluir variáveis relacionadas à transmissão da doença, como, por exemplo, densidade espacial do vetor, produtividade de criadouros, índice de infestação predial<sup>38-40</sup>. A dificuldade do acesso aos dados sobre o vetor limita a interpretação dos achados em relação à distribuição espaço-temporal dos coeficientes de incidência das arboviroses e da sua correlação com os depósitos de resíduos sólidos.

O estudo avança no conhecimento e se alinha a outros sobre a correlação positiva da frequência de arboviroses urbanas e aumento das áreas de descartes de resíduos sólidos. Ressalta-se ainda a análise espacial por setor censitário, sendo, portanto, mais precisa quanto ao risco de adoeecer segundo os territórios, e tendo como base um grande número de casos analisados.

Por fim, o controle das arboviroses é um grande desafio para os gestores, visto que ultrapassa os limites da gestão da saúde e exige a atuação integrada com outros setores e serviços, como limpeza urbana, infraestrutura e gestão de resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS

1. Donalizio MR, Freitas ARR, Von Zuben APBV Arboviroses emergentes no Brasil: desafios para a clínica e implicações para a saúde pública. *Rev Saúde Pública* 2017; 51: 30. <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2017051006889>
2. Lisboa TR, Serafim IBM, Ramos AC, Nascimento RM, Roner MNB. Relação entre incidência de casos de arboviroses e a pandemia da COVID-19. *RICA* 2022; 6(10): 31-6. <https://doi.org/10.18226/25253824.v6.n10.04>
3. Carvalho S, Magalhães MAFM, Medronho RA. Análise da distribuição espacial de casos da dengue no município do Rio de Janeiro, 2011 e 2012. *Rev Saúde Pública* 2017; 51: 79. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2017051006239>
4. Sobral MFF, Sobral AIGP. Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na Cidade do Recife, Brasil. *Ciênc Saúde Coletiva* 2019; 24(3): 1075-82. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018243.10702017>
5. Almeida LS, Cota ALS, Rodrigues DF. Saneamento, arboviroses e determinantes ambientais: impactos na saúde urbana. *Ciênc Saúde Coletiva* 2020; 25(10): 3857-68. <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.30712018>
6. Avelino-Silva VI, Ramos JF. Arboviroses e políticas públicas no Brasil/Arboviruses and public policies in Brazil. *Rev Ciênc Saúde*. 2017; 7(3): 1-2. <https://doi.org/10.21876/rcsfmit.v7i3.675>
7. Johansen IG, Carmo RL, Alves LC. O espaço como dimensão analítica central na compreensão da dinâmica da Dengue na escala intramunicipal. In: *Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población* [Internet]. 2016 [acessado em 6 nov. 2022], Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. p. 1-18. Disponível em: <https://files.alapop.org/congreso7/files/pdf/877-875.pdf>.

8. Almeida AS, Medronho RA, Valencia LIO. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. *Rev Saúde Pública* 2009; 43(4): 666-73. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102009000400013>
9. Zara ALSA, Santos SM, Fernandes-Oliveira ES, Carvalho RG, Coelho GE. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiol Serv Saúde* 2016; 25(2): 391-404. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000200017>
10. Gregianini TS, Ranieri T, Favreto C, Nunes ZMA, Giannini GLT, Sanberg ND, et al. Emerging arboviruses in Rio Grande do Sul, Brazil: Chikungunya and Zika outbreaks, 2014-2016. *Rev Med Virol* 2017; 27(6). <https://doi.org/10.1002/rmv.1943>
11. Gould E, Pettersson J, Higgs J, Charrel R, Lamballerie X. Emerging arboviruses: why today? *One Health* 2017; 4: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2017.06.001>
12. 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003937>
13. Thammapalo S, Nagao Y, Sakamoto W, Saengtharapit S, Tsujitani M, Nakamura Y, et al. Relationship between transmission intensity and incidence of dengue hemorrhagic fever in Thailand. *PLoS Negl Trop Dis* 2008; 2(7): e263. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000263>
14. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PNSB 2008: Abastecimento de água chega a 99,4% dos municípios, coleta de lixo a 100%, e rede de esgoto a 55,2% [Internet]. Rio de Janeiro: Agência IBGE Notícias; 2008 [acessado em 5 nov. 2022]. Disponível em: [https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13878-asi-pnsb-2008-abastecimento-de-agua-chega-a-994-dos-municipios-coleta-de-lixo-a-100-e-rede-de-esgoto-a-552#:~:text=Em%202008%2C%205.531%20\(99%2C,%2C4%25%20dos%20munic%C3%ADpios\)](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13878-asi-pnsb-2008-abastecimento-de-agua-chega-a-994-dos-municipios-coleta-de-lixo-a-100-e-rede-de-esgoto-a-552#:~:text=Em%202008%2C%205.531%20(99%2C,%2C4%25%20dos%20munic%C3%ADpios))
15. Serra JS, Farias Filho MS. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). *RAEGA* 2019; 46(1): 7-24. <https://doi.org/10.5380/raega>
16. Macedo LAA. Metropolização na ilha de São Luís e seus impactos sanitários e ambientais. *Revista de Políticas Públicas* 2012; (n.esp.) 363-70.
17. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. Maranhão. São Luís. Panorama [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2017 [acessado em 5 nov. 2022]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-luis/panorama>
18. Costa MA, Marguti BO. Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros [Internet]. Brasília: IPEA; 2015 [acessado em 6 nov. 2022]. Disponível em: [http://ivs.ipea.gov.br/images/publicacoes/lvs/publicacao\\_atlas\\_ivs.pdf](http://ivs.ipea.gov.br/images/publicacoes/lvs/publicacao_atlas_ivs.pdf)
19. Cavallieri F, Lopes GP. Índice de Desenvolvimento Social: comparando as realidades microurbanas da cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IPP; 2008. [acessado em 5 nov. 2022]. Disponível em: <https://docplayer.com.br/2870960-Indice-de-desenvolvimento-social-ids-comparando-as-realidades-microurbanas-da-cidade-do-rio-de-janeiro.html>
20. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e estados: Maranhão [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2017 [acessado em 20 nov. 2022]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html>
21. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. Guia de vigilância em saúde [Internet]. 3ª ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2019 [acessado em 6 nov. 2022]. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_vigilancia\\_saude\\_3ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_3ed.pdf)
22. Câmara G, Carvalho MS, Cruz OG, Correia V. Análise espacial de áreas. In: Druck S, Carvalho MS, Câmara G, Monteiro AMV, editores. Análise espacial de dados geográficos. Brasília: Embrapa; 2004.
23. Kulldorff M, Athas WF, Feuer EJ, Miller BA, Key CR. Evaluating cluster alarms: a space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos, New Mexico. *Am J Public Health* 1998; 88(9): 1377-80. <https://doi.org/10.2105/ajph.88.9.1377>
24. Geweke J. Priors for macroeconomic time series and their application. *Econ Theory* 1994; 10: 609-32. <https://doi.org/10.1017/S0266466600008690>
25. Espinal M. Chikunguña: primera arbovirosis emergente en el siglo XXI en las Américas. *Rev Panam Salud Publica* 2017; 41: e108.
26. Feitosa FRS, Sobral IS, Jesus EN. Indicadores socioambientais como subsídio à prevenção e controle da Dengue. *Rev Eletr Gestão, Educ Tecnol Amb.* 2015; 19(3): 351-68. <https://doi.org/10.5902/2236117018239>
27. Melo MAS, Silva LLM, Melo ALS, Castro AM. Subnotificação no SINAN e fatores gerenciais e operacionais associados: revisão sistemática da literatura. *RAU/UEG* 2018; 9(1): 25-43.
28. Páscoa FRB, Gonçalves NA, Magalhães AMBC, Gurgel SCV, Filizola LRM, Farias CMNE. Análise da consistência dos bancos de dados das arboviroses em uma Unidade de Saúde em Fortaleza-CE. *Re Saúd Digi Tec Edu* 2018; 3(4): 18-31.
29. Costa AKS, Nina LNS, Carvalho AC, Bonfim MRQ, Felipe IMA. Dengue e Chikungunya: soroprevalência em usuários da atenção básica. *Rev Enferm UFPE Online* 2019; 13(4): 1006-14. <https://doi.org/10.5205/1981-8963-v13i4a238828p1006-1014-2019>
30. Paiva MDB, Barreto VP, Silva BCO, Silva IKM, Feijao AR. Caracterização sociodemográfica e clínica dos casos de dengue, chikungunya e zika no Rio Grande do Norte, Brasil-2015-2017. *Salusvita* 2021; 40(1): 89-107.
31. Oliveira RF, Rodrigues MS, Oscar Junior AC. A incidência de dengue nos verões de 2019 a 2021 nos bairros de Santa Cruz e Copacabana (RJ): uma análise da subnotificação da dengue no período pandêmico da COVID-19. In: XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia [Internet]; 2022 [acessado em 6 nov. 2022]. Disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO\\_COMPLETO\\_EV154\\_MD1\\_SA120\\_ID102004102021155516.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV154_MD1_SA120_ID102004102021155516.pdf)
32. Zagallo SA. Esgotamento sanitário e vulnerabilidade social: um estudo de caso em São Luís – MA com a utilização de técnicas de geoprocessamento [dissertação de mestrado]. Brasília: Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável; 2018.



33. Scandar SAS, Vieira P, Cardoso Junior RP, Silva RA, Papa M, Sallum MAM. Dengue em São José do Rio Preto, Estado de São Paulo, Brasil, 1990 a 2005: fatores entomológicos, ambientais e socioeconômicos. BEPA, Bol Epidemiol Paul 2010; 7(81): 4-16.
34. Masullo YAG. Avaliação da dinâmica espacial da dengue em relação às questões socioambientais no distrito sanitário da COHAB no município de São Luís – MA [dissertação de mestrado]. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão; 2013.
35. Ferreira LM, Sáfyadi T, Lima RR. Técnicas da estatística espacial na análise de dados de áreas no estudo da dengue. Revista Univap 2018; 24(44): 13-27. <https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v24i44.1920>
36. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Perfil dos municípios brasileiros: saneamento básico: aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico: 2017 [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2018 [acessado em 6 nov. 2022]. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101610.pdf>
37. Xavier DR, Magalhães MAFM, Gracie R, Reis IC, Matos VP, Barcellos C. Difusão espaço tempo do dengue no Município do Rio de Janeiro, Brasil, no período de 2000-2013. Cad Saúde Pública 2017; 33(2): e00186615. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00186615>
38. Raulino FFA, Oliveira TR. Análise de infestação por *Aedes Aegypti* e transmissão da dengue no município de Russas, Ceará-Brasil, 2008-2011. Cadernos ESP 2011; 5(1): 54-61
39. Nascimento JR. Distribuição espacial de infecção humana por dengue, chikungunya e zika [dissertação de mestrado]. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdades de Ciências Biológicas; 2018.
40. Oliveira BM. Monitoramento de ovos de *Aedes aegypti* em bairros do município de Barra do Garças com casos de dengue [monografia]. Barra do Garças: Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciências Biológicas e Saúde; 2019.

## ABSTRACT

**Objective:** To detect spatial and spatiotemporal clusters of urban arboviruses and to investigate whether the social development index (SDI) and irregular waste disposal are related to the coefficient of urban arboviruses detection in São Luís, state of Maranhão, Brazil. **Methods:** The confirmed cases of Dengue, Zika and Chikungunya in São Luís, from 2015 to 2019, were georeferenced to the census tract of residence. The Bayesian Conditional Autoregressive regression model was used to identify the association between SDI and irregular waste disposal sites and the coefficient of urban arboviruses detection. **Results:** The spatial pattern of arboviruses pointed to the predominance of a low-incidence cluster, except 2016. For the years 2015, 2016, 2017, and 2019, an increase of one unit of waste disposal site increased the coefficient of arboviruses detection in 1.25, 1.09, 1.23, and 1.13 cases of arboviruses per 100 thousand inhabitants, respectively. The SDI was not associated with the coefficient of arboviruses detection. **Conclusion:** In São Luís, spatiotemporal risk clusters for the occurrence of arboviruses and a positive association between the coefficient of arbovirus detection and sites of irregular waste disposal were identified.

**Keywords:** Chikungunya. Dengue. Zika. Solid waste. Ecological studies.

**CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES:** Pereira, E. D. A.: Administração do projeto, Análise formal, Curadoria de dados, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Metodologia. Carmo, C. N.: Escrita – revisão e edição, Metodologia. Araujo, W. R. M.: Escrita – revisão e edição. Branco, M. R. F. C.: Escrita – revisão e edição, Metodologia.

**FONTE DE FINANCIAMENTO:** a pesquisa é subprojeto do Projeto "Síndrome congênita pelo Zika vírus, soroprevalência e análise espacial e temporal do vírus Zika e chikungunya no Maranhão" e foi financiada pela chamada MCTIC/FNDCT-CNPq/MEC-CAPES/MS- Decit nº 14/2016 – prevenção e combate ao vírus Zika. Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior [finance code No: 001]. Bolsa de doutorado pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca/ Fundação Oswaldo Cruz.