

Dinâmica dos casos notificados de dengue em Alagoas: Geoespacialização e Estatística Aplicada

Dynamics of notified cases of dengue in Alagoas: Geospatialization and Applied Statistics

Dinámica de casos notificados de dengue en Alagoas: Geoespacialización y Estadísticas Aplicadas

Recebido: 08/11/2021 | Revisado: 16/11/2021 | Aceito: 18/11/2021 | Publicado: 29/11/2021

Silvania Donato da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8519-5561>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: silvaniadonatodasilva@gmail.com

José Francisco de Oliveira Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4029-7605>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: jose.junior@icat.ufal.br

Washington Luiz Félix Correia Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4029-4491>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: wlfefm@gmail.com

Heliofábio Gomes Barros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1790-2505>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: heliofabio@icat.ufal.br

Edson de Oliveira Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0789-9664>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: edson_eng_agri@yahoo.com.br

Dimas de Barros Santiago

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7118-8467>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: dimas.barros91@gmail.com

Elania Barros da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3943-9769>
Secretaria Municipal de Saúde de Capela, Brasil
E-mail: barros.elania@gmail.com

Melquizedeck Belo e Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0828-2714>
Secretaria Municipal de Saúde de Capela, Brasil
E-mail: zedeck2011@hotmail.com

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar os casos notificados de dengue no Estado de Alagoas via estatística aplicada e a geoespacialização. Os dados de dengue foram obtidos do sistema DATASUS entre 2000 a 2015. A série temporal foi submetida à estatística descritiva, exploratória e o teste de Pettitt. Nos mapas de casos de dengue foi usado o método de Spline via QGIS versão 3.4. Na estatística descritiva, apenas 10 municípios foram avaliados com base nos maiores registros de casos. Todos os municípios foram superiores à média de casos de dengue em 2010, ano da maior enchente recente no Estado. O boxplot apontou que todos os 10 municípios foram assimétricos positivos em alguns meses para os casos de dengue, a exceção foi Delmiro Gouveia. O teste de Pettitt identificou ciclos bianuais (2006/2007 e 2009/2010) associados às fases do ENOS (El Niño e La Niña) na categoria moderada, seguido dos meses de janeiro, fevereiro, abril e dezembro, correspondentes a atuação de alguns sistemas sinóticos. No mapeamento dos casos anuais de dengue, os maiores registros ocorreram no Agreste e Leste Alagoano. A geoespacialização e a estatística aplicada são eficientes na avaliação espaço-temporal dos casos de dengue em Alagoas.

Palavras-chave: Dengue; Estatística aplicada; Urbanização; Adensamento populacional; Espaço-temporalidade.

Abstract

The aim of the study was to evaluate the reported cases of dengue in the State of Alagoas via applied statistics and geospatialization. Dengue data were obtained from the DATASUS system between 2000 and 2015. The time series

was submitted to descriptive and exploratory statistics and the Pettitt test. In the dengue case maps, the Spline method via QGIS version 3.4 was used. In descriptive statistics, only 10 municipalities were evaluated based on the largest case records. All municipalities were above the average of dengue cases in 2010, the year of the biggest recent flood in the state. The boxplot pointed out that all 10 municipalities were positive asymmetric in a few months for dengue cases, the exception was Delmiro Gouveia. The Pettitt test identified biannual cycles (2006/2007 and 2009/2010) associated with the phases of ENSO (El Niño and La Niña) in the moderate category, followed by the months of January, February, April and December, corresponding to the performance of some systems synoptics. In the mapping of annual cases of dengue, the highest records occurred in the Agreste and East Alagoas. Geospatialization and applied statistics are efficient in the spatiotemporal evaluation of dengue cases in Alagoas.

Keywords: Dengue; Applied statistics; Urbanization; Population density; Space-temporality.

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar los casos notificados de dengue en el estado de Alagoas mediante estadística aplicada y geoespacialización. Los datos del dengue se obtuvieron del sistema DATASUS entre 2000 y 2015. La serie temporal se sometió a estadística descriptiva y exploratoria y a la prueba de Pettitt. En los mapas de casos de dengue se utilizó el método Spline vía QGIS versión 3.4. En estadística descriptiva, solo se evaluaron 10 municipios con base en los registros de casos más grandes. Todos los municipios estuvieron por encima del promedio de casos de dengue en 2010, el año de la mayor inundación reciente en el estado. El diagrama de caja señaló que los 10 municipios fueron asimétricos positivos en unos pocos meses para los casos de dengue, la excepción fue Delmiro Gouveia. La prueba de Pettitt identificó ciclos bianuales (2006/2007 y 2009/2010) asociados a las fases de ENOS (El Niño y La Niña) en la categoría moderada, seguidos de los meses de enero, febrero, abril y diciembre, correspondientes al desempeño de algunos sistemas sinópticos. En el mapeo de casos anuales de dengue, los registros más altos ocurrieron en el Agreste y el este de Alagoas. La geoespacialización y las estadísticas aplicadas son eficientes en la evaluación espaciotemporal de los casos de dengue en Alagoas.

Palabras clave: Dengue; Estadística aplicada; Urbanización; Densidad de población; Espaciotemporal.

1. Introdução

A dengue é uma doença infecciosa aguda causada por arbovírus (doença transmitida por artrópodes), sendo conhecidos na literatura quatro sorotipos (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4) (Pone et al., 2016; Lee e Farlow, 2019). Ela prevalece, principalmente, em países tropicais e em desenvolvimento, pois seus aspectos climáticos e socioculturais favorecem a proliferação de seu principal vetor, que é a fêmea do mosquito *Aedes aegypti* infectada (Barbosa e Silva, 2015; Oliveira Júnior et al., 2019).

A dengue também é considerada uma doença tropical, por proliferar de forma significativa em países tropicais por causa do seu clima quente e úmido (Bonfim e Januário, 2018; Oliveira Júnior et al., 2019). Por isso, há uma necessidade de estudos de prevenção desta epidemia nesses países. Também as condições socioambientais destes países são favoráveis à proliferação do vetor transmissor da dengue. Vários estudos têm provado que o clima influencia de forma significativa na distribuição do *Aedes aegypti* (Zhang et al., 2019; Tuladhar et al., 2019). Porém, alguns estudos não têm considerado a mudança provocada pelo uso e ocupação da terra, que interfere nas mudanças ambientais, com isso intensifica a incidência de casos de dengue e, ainda está associada às condições climáticas, por exemplo, o aumento da temperatura do ar, da chuva e da umidade do ar, que por sua vez são condições que favorecem o aumento do número de criadouros disponíveis e, ainda no desenvolvimento do vetor (Ferreira et al., 2018; Kesetyaningsih et al., 2018).

No Estado de Alagoas, a dengue é considerada a doença endêmica aguda de maior importância na saúde pública (Santos et al., 2019; Silva et al., 2021). No ano de 1986, foi introduzido no Estado o sorotipo DENV-1, em 1991 o DENV-2, em 2002, o DENV-3 e em 2012 o DENV-4 (Dantas et al., 2019). Em Alagoas, nas regiões com os menores totais pluviométricos também foram observados os maiores registros da dengue (Silva et al., 2021), assim a temperatura teve influência direta na distribuição geográfica de populações de vetores da doença e o acúmulo de água em reservatórios durante

os períodos sem chuvas, associado à ocorrência de temperaturas elevadas, sendo favorável a reprodução do vetor transmissor (Santos et al., 2019; Dantas et al., 2019).

As maiores ocorrências da doença foram nos meses com maior incidência de chuva e os menores registros foram verificados no período de redução da chuva, isso demonstrou a relação entre a ocorrência da doença e a chuva (Bonfim e Januário, 2018; Dantas et al., 2019). Outro estudo pontual foi realizado na bacia hidrográfica do riacho Reginaldo, na cidade de Maceió, na área urbana, apresentou ocorrência de casos de dengue, ao qual está relacionada com águas acumuladas inadvertidamente, sendo relacionado com problemas de degradação ambiental e de deficiências na infraestrutura urbana, especialmente de saneamento básico e acúmulo de lixo/materiais na superfície do riacho (Silva et al., 2017).

Mediante os estudos já realizados anteriormente em Alagoas sobre casos de dengue e sua relação com fatores ambientais e socioeconômicos, a maioria foram estudos pontuais ou com séries temporais curtas e sem abrangência de todos os municípios do Estado. Portanto, objetivo do estudo foi avaliar os casos notificados de dengue no Estado de Alagoas via estatística aplicada e a geoespacialização.

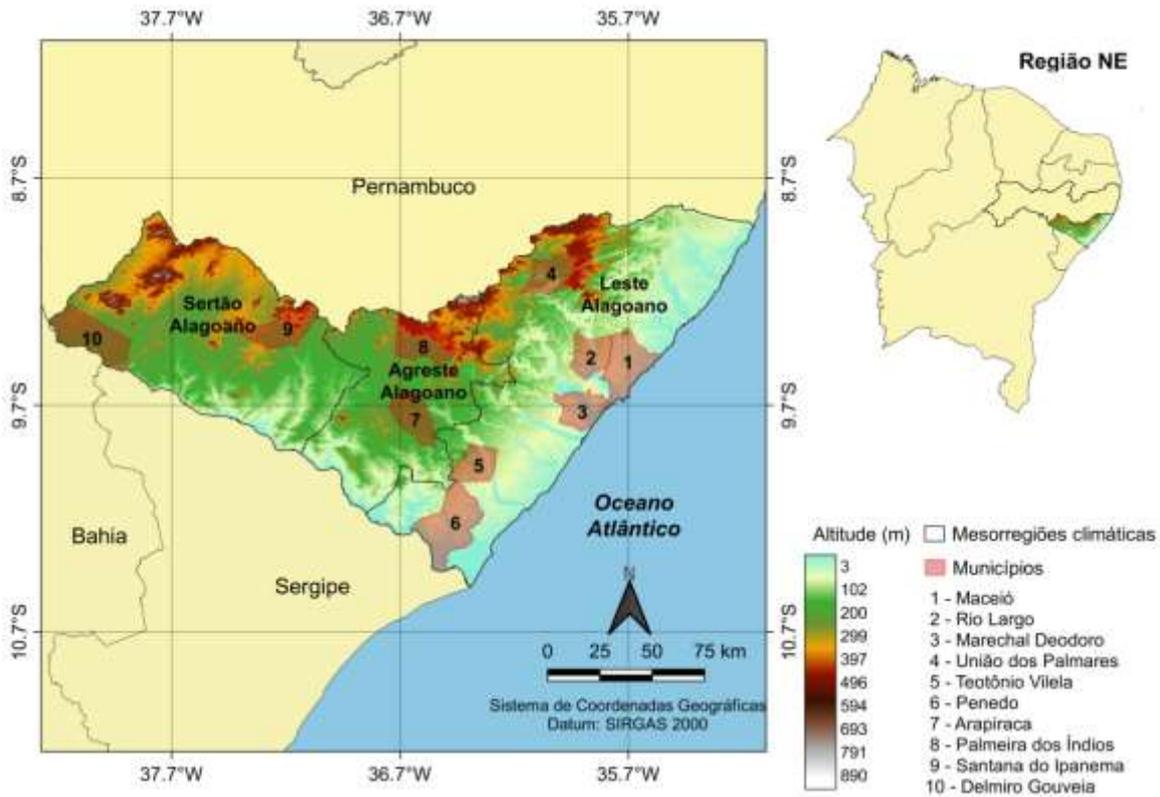
2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O Estado de Alagoas (AL) está localizado entre as latitudes 8° 48' 54" e 10° 30' 09" S, e as longitudes de 35° 09' 09" e 38° 15' 54" W, com altitudes inferiores a 850 m. O Brasil é dividido em 26 estados e o Distrito Federal, ao todo são 27 unidades federativas. Alagoas pertence à região Nordeste do Brasil (NEB), com uma área de 27.993 km², correspondente à cerca de 0,32% do território do Brasil (IBGE, 2021).

A área de estudo corresponde ao Estado de Alagoas, que se limita ao Norte e a Oeste com o Estado de Pernambuco (PE); ao Sul, com os Estados de Sergipe (SE) e Bahia (BA) e a Leste, com o Oceano Atlântico (Figura 1). Atualmente, o Estado de Alagoas está dividido geopoliticamente em 102 municípios, com uma população estimada de 3.337.357 pessoas (IBGE, 2021) é dividido em três mesorregiões climáticas: Leste, Agreste e Sertão alagoano (Souza et al., 2021).

Figura 1. Localização da área de estudo, com destaque para os 10 municípios com maiores casos de dengue no estado de Alagoas.



Fonte: Autores (2021).

2.2 Série Temporal de Casos Notificados de Dengue

Os dados de dengue foram obtidos por meio do Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), pelo sistema DATASUS e Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. As séries temporais compreendem o período de 2000 a 2015. Os dados de dengue estavam na forma tabular e foram transferidos para o Excel®. A partir disso, foram aplicadas às estatísticas descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação – CV (%), percentual (%) e total) e exploratória (via boxplot - mínimo, máximo, 1º quartil, mediana e o 3º quartil) juntamente com valores discrepantes (*outliers*) em relação aos dados. Todo o procedimento estatístico foi aplicado aos 10 municípios especializados (Figura 1).

2.2.1 Teste de Pettitt

O teste de Pettitt (1979) é um teste não paramétrico que permite identificar o ano de ocorrência de mudanças bruscas em séries históricas. Na prática, utiliza uma versão do teste de Mann-Whitney, que verifica se duas amostras x_1, \dots, x_t e $x_t + 1, \dots, x_T$ pertencem à mesma população. A estatística $U_{i,T}$ realiza uma contagem do número de vezes que um membro da 1ª amostra é maior que o 2º membro, de acordo com a Eq. 1:

$$U_{i,T} = U_{i-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(x_i - x_j) \quad \text{para } t = 2, \dots, T \quad (1)$$

Em que; $\text{sgn}(x) = 1$ para $x > 0$; $\text{sgn}(x) = 0$ para $x = 0$; $\text{sgn}(x) = -1$ para $x < 0$.

A estatística $U_{i,T}$ é calculada para os valores $1 < t < T$ e, portanto, a estatística $k(t)$ do teste de Pettitt que corresponde ao valor máximo em $U_{i,T}$ é estimada como o ano em que a alteração ocorre de acordo com a Eq. 2:

$$k(t) = \text{Max}_{1 < t < T} |U_{i,T}| \quad (2)$$

Ele localiza o ponto em que há mudanças bruscas na série temporal média e sua significância pode ser calculada pela Eq.(3):

$$p \cong 2 \exp\{-6k(t)^2 / (T^3 + T^2)\} \quad (3)$$

Mudanças bruscas são t , onde ocorre o máximo de $k(t)$. Os valores críticos de k podem ser calculados conforme a Eq.(4):

$$k_{crit} = \pm \sqrt{\frac{\ln(p/2)(T^3 + T^2)}{6}} \quad (4)$$

2.2.2 Geoespacialização dos dados de dengue

Nesse estudo foi utilizado o método de interpolação matemática Curvatura Mínima (Spline) via software Quantum GIS - QGis versão 3.4 para espacialização dos casos de dengue no Estado, a partir dos resultados obtidos do teste de Pettitt. O método do Spline é um método de interpolação que estima valores usando uma função matemática que minimiza a curvatura da superfície, com isso resulta em uma superfície suave que passa exatamente pelos pontos de entrada. Em geral, a função Spline - $S(x)$ deve preencher a condição de que $S(x)$ para os pontos medidos deve ser igual a $z(x)$ e ao mesmo tempo a seminorma de suavização - $I(S)$ deve ser o menor possível, conforme as Eqs. (5) e (6).

$$S(X_j) = z(X_j) \text{ e} \quad (5)$$

$$I(S) = \min \quad (6)$$

Em que, $z(X_j)$ são os valores das variáveis nos pontos X_j amostrados; e $I(S)$ é uma função que mede a suavização de S chamada de seminorma de suavização. Um ponto x é definido pelos valores (x_1, x_2) , sendo x_1 a localização na coordenada x cartesiana e x_2 a coordenada y cartesiana. A seminorma de suavização $I(S)$ é calculada a partir da Eq.(7):

$$I^2(S) = \sum_{\alpha} B_{\alpha} \iint_{\Omega} \left[\frac{\partial^{|\alpha|}}{\partial x_1^{\alpha_1} \partial x_2^{\alpha_2}} S(X) \right]^2 dx_1 dx_2 \quad (7)$$

Em que, $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2)$, sendo α_1 entre 0 ao grau de x_1 em $S(x)$, α_2 entre 0 ao grau de x_2 em $S(x)$, sendo $|\alpha| = \alpha_1 + \alpha_2$, e Ω é a região considerada do espaço bidimensional. B_{α} é uma constante não negativa definida pela Eq. (8):

$$B_{\alpha} = \begin{cases} 0, & \text{se } |\alpha| = 0 \\ \frac{|\alpha|!}{\alpha_1! \alpha_2! \varphi^{2|\alpha|} (|\alpha|-1)!}, & \text{se } |\alpha| > 0 \end{cases} \quad (8)$$

Em que, φ é o peso de termos particulares na soma (peso de tensão), quanto maior φ , maior a influência de derivadas de ordem superior sobre a função resultante. A solução geral de $S(x)$ é dada pela Eq.(9):

$$S(X) = T(X) + \sum_{j=1}^n \lambda_j R(X, X_j) \quad (9)$$

Em que, $T(x)$ é uma função de ‘tendência’; e $R(x, x_j)$ é uma função da base radial cuja forma explícita é dada pelas seguintes Eqs.(10) e (11):

$$R(X, X_j) = -[E_1(\rho) + \ln(\rho) + C_E] \quad (10)$$

$$\rho = \left(\frac{\varphi r(X, X_j)}{2} \right)^2 \quad (11)$$

Em que, E_1 é a função exponencial integral; C_E é a constante de Euler; e r é a distância entre p e p_j definida pela Eq. (12):

$$r(X, X_j) = \sqrt{(X_1 - X_{j1})^2 + (X_2 - X_{j2})^2} \quad (12)$$

Logo, $T(x) = a_1$ e as constantes a_1 e λ_j são determinadas a partir do seguinte sistema de equações a seguir:

$$a_1 + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(X_i, X_j) = Z_i, i = 1, \dots, N \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j = 0 \quad (14)$$

Em que, X_i e X_j são os pontos amostrados; e Z_i é o valor de Z no local de X_i .

2.3 Dados ENOS

Em relação à intensidade das fases do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) - (*El Niño*, *La Niña* e Neutro), segue a classificação do Índice Niño Oceânico (ONI), caracterizada pela região do El Niño 3.4, e foram obtidos no Índice Nacional Administração Oceânica e Atmosférica/Centro de Previsão do Clima - NOAA / CPC - (NOAA/CPC, 2020). Vale ressaltar que o uso do índice ONI foi anteriormente aplicado em estudos para o Estado de Alagoas, com resultados satisfatórios (Lyra et al., 2017; Costa et al., 2021).

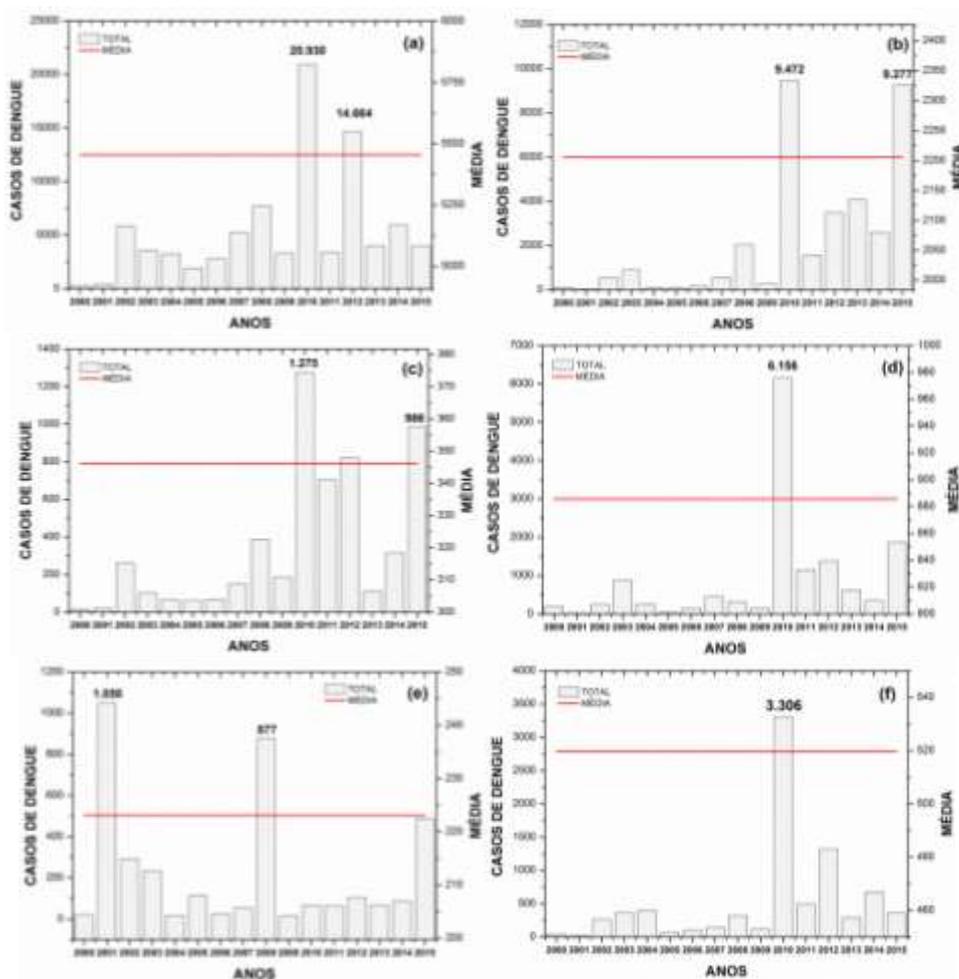
3. Resultados e Discussão

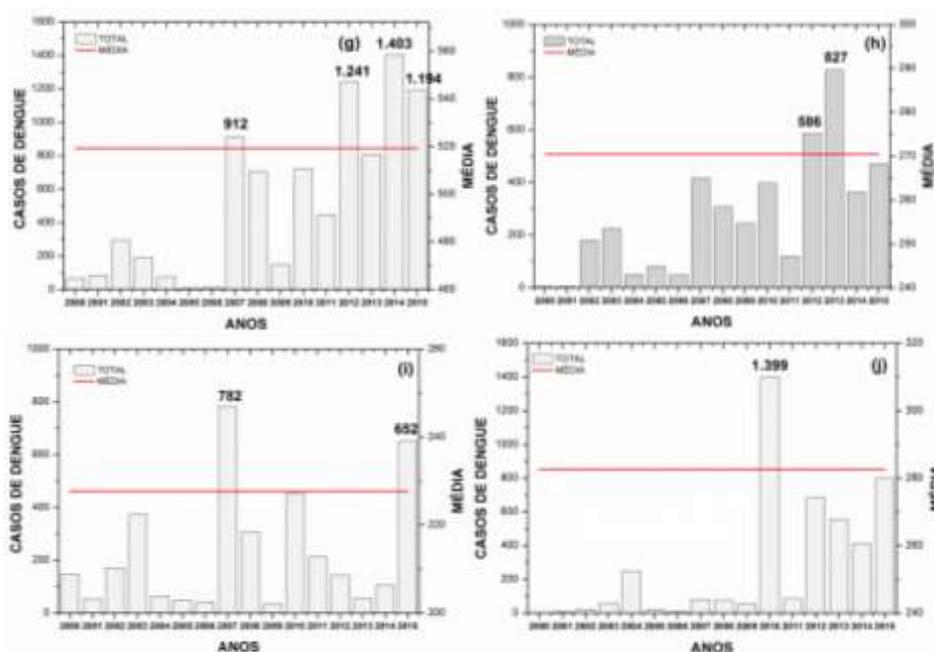
3.1 Distribuição Anual dos Casos de Dengue

A distribuição dos casos anuais de dengue dos 10 municípios com maiores registros no Estado versus a média, ilustrada na Figura 2, mostrou que os municípios de Maceió e Arapiraca, se sobressaíram em relação aos demais municípios com maiores registros anuais em 2010, 2012 e 2015 (Figuras 2a e 2b). Os municípios de Maceió (87.278 casos, 49,87%), Arapiraca (35.291 casos, 20,17%) e Palmeira dos Índios (14.172 casos, 8,10%) obtiveram os maiores registros e percentuais

(Tabela 1), sendo que ambos os municípios possuem a maior população do Estado (IBGE, 2021). Vale destacar que ambos os municípios possuem as maiores taxas de mudanças de uso e ocupação de solo (Oliveira Júnior et al., 2021; Santos et al., 2021) e, portanto, podem ter influenciados no aumento dos casos de dengue no período avaliado.

Figura 2. Total e média dos casos de dengue nos municípios Maceió (a), Arapiraca (b), Marechal Deodoro (c), Palmeira dos Índios (d), Delmiro Gouveia (e), Rio Largo (f), Penedo (g), União dos Palmares (h), Teotônio Vilela (i) e Santana do Ipanema (j) no Estado de Alagoas no período de 2000 a 2015.





Fonte: SVS-SINAN (2021).

O município de Marechal Deodoro (Leste Alagoano) (Figura 2c) houve similaridade com Arapiraca (Agreste) entre os anos de ocorrências de casos de dengue, neste caso os anos de 2010 e 2015, apesar de ambos os municípios pertencerem a mesorregiões climáticas distintas (Souza et al., 2021) e com diferenças nos indicadores estatísticos (Tabela 1). Os municípios de Palmeira dos Índios (Figura 2d), Rio Largo (Figura 2f) e Santana do Ipanema (Figura 2j) se assemelham ao ano de 2010 ter sido superior à média, as exceções foram os municípios de Delmiro Gouveia (Figura 2e), Penedo (Figura 2g), União dos Palmares (Figura 2h) e Teotônio Vilela (Figura 2i).

Tabela 1. Resumo da estatística descritiva (total, média, desvio padrão, máximo, mínimo e percentual) dos casos de dengue nos 10 municípios de Alagoas no período de 2000-2015.

Municípios	TOTAL (casos)	MÉDIA (casos)	DP (casos)	CV (%)	MAX (casos)	MIN (casos)	% (casos)
Maceió	87.278	5454,9	5.310,9	102,71	20.930**	271	49,87
Penedo	8310	519,4	481,5	107,87	1403	8	4,75
Rio Largo	8314	519,6	808,4	64,28	3306**	16	4,75
Marechal Deodoro	5537	346,0	338,7	89,04	1275**	16	3,16
Teotônio Vilela	3643	227,7	229,5	99,23	782	35	2,08
Arapiraca	35.291	2205,7	3074,8	71,73	9472**	31	20,17
Palmeira dos Índios	14.172	885,8	1501,6	58,99	6156**	18	8,10
União dos Palmares	4372	270,4	231,7	116,7	827	4	2,50
Delmiro Gouveia	3569	223,1	316,3	70,52	1050	15	2,04
Santanado Ipanema	4521	282,6	396,3	71,29	1399**	3	2,58

Legenda: ** ano 2010. Fonte de dados: SVS-SINAN.

Os municípios com menores números de casos de dengues e percentuais foram Teotônio Vilela (3.643 casos, 2,08%), Delmiro Gouveia (3.569 casos, 2,04%) e Santana do Ipanema (4521 casos, 2,58%). No ano de 2010 (**) ocorreram os valores máximos de casos de dengue nos municípios de Maceió (20.930 casos), Rio Largo (3.306 casos), Marechal Deodoro (1.275 casos), Arapiraca (9.472 casos), Palmeira dos índios (6.156 casos) e Santana do Ipanema (1.399 casos), enquanto os valores

mínimos de casos dengues ocorreram foram nos municípios de Penedo (8 casos), União dos Palmares (4 casos) e Santana do Ipanema (3 casos). O CV% obtido em todos os municípios avaliados foi inferior a 100%, exceto Maceió (102,71%), Penedo (107,87%) e União dos Palmares (116,7%).

Todos os casos de dengue superior à média em Alagoas no ano de 2010 se devem as chuvas intensas registradas no litoral do NEB, devido ao aumento da convergência de umidade e atuação de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) - (Da Silva et al., 2020; Costa et al., 2020). As chuvas intensas ocorridas em 2010 provocaram um desastre natural com graves impactos socioambientais nas cabeceiras, dos rios Mundaú e Paraíba, localizados entre os Estados de PE e AL. A inundação atingiu vários municípios nos trechos em que os rios cruzavam (Da Silva et al., 2020; Silva et al., 2021).

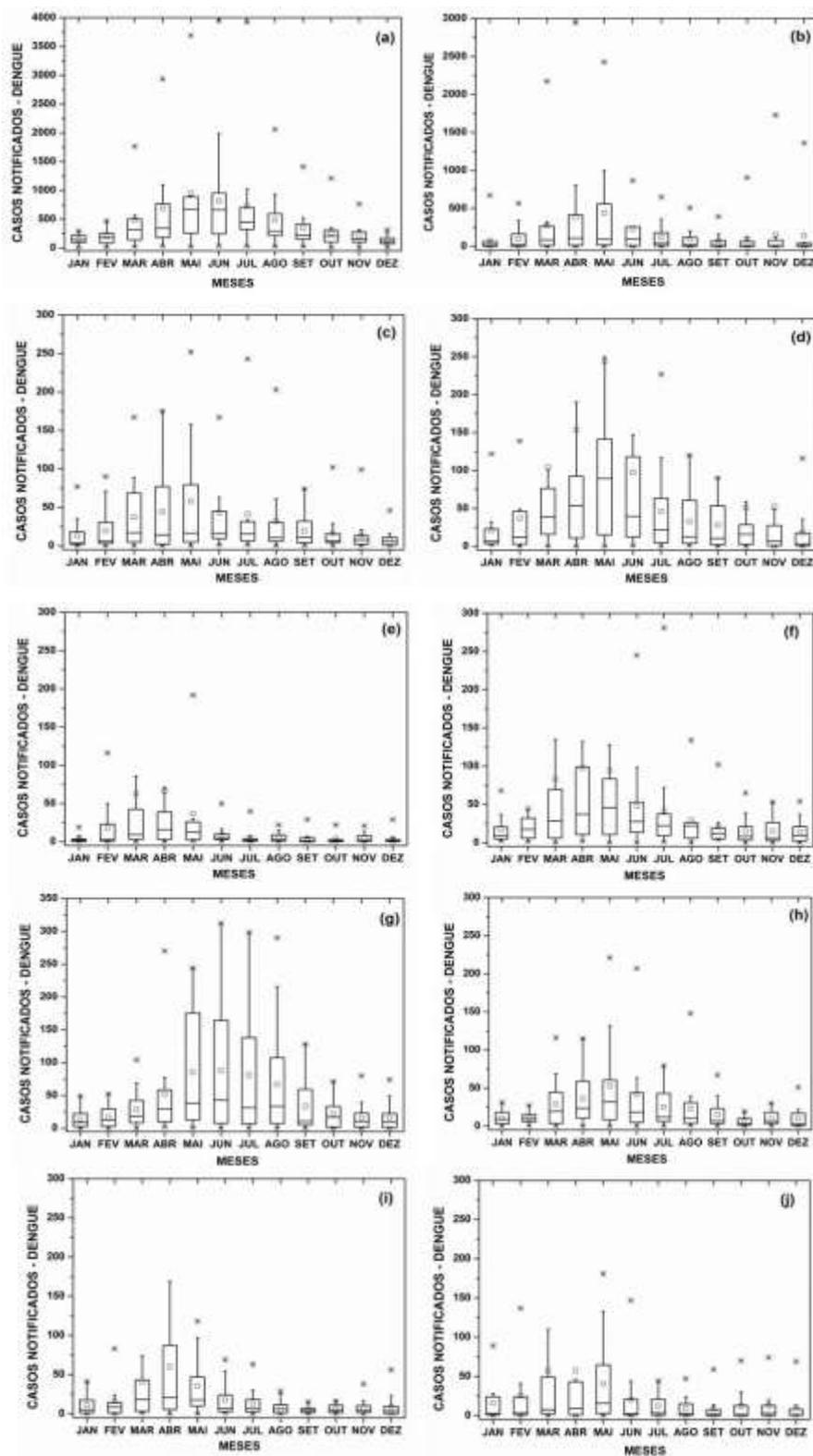
A duração das chuvas são condições favoráveis para o aumento do número de criadouros disponíveis, como tanques que armazenam água, seguido de recipientes jogados nas ruas ou quintais (frascos, tambores, pneus de carro, latas, garrafas e vasos de plantas) que acumulam a água das chuvas e, assim ajudam no desenvolvimento do vetor do mosquito *Aedes aegypti* (Barbosa e Silva, 2015 ;Serrano et al., 2015; Oliveira Júnior et al., 2019; Silva et al., 2021).

Os municípios que estão sujeitos a inundações repentinas, em condições precárias de saneamento básico, deficiência em limpeza urbana, moradias inadequadas, deficiências de infraestrutura, e grandes aglomerados populacionais são condições favoráveis à transmissão da dengue via mosquito *Aedes aegypti* (Costa e Calado, 2016; Oliveira Júnior et al., 2019; Silva et al., 2021).

3.2 Distribuição Mensal dos Casos de Dengue

Na estatística exploratória via boxplot mensal (Figura 3) mostrou que os municípios que se destacaram foram Maceió e Arapiraca por serem os mais populosos e com mudanças no uso e ocupação do solo (Correia Filho, 2017; Correia Filho et al., 2019; IBGE, 2021). No município de Maceió (Figura 3^a), a mediana concentrou a metade dos dados de dengue, nos de janeiro, abril, julho, agosto, setembro, novembro e dezembro.

Figura 3. Boxplot mensal das notificações de casos de dengue para os municípios de Maceió (a), Arapiraca (b), Marechal Deodoro (c), Palmeira dos Índios (d), Delmiro Gouveia (e), Rio Largo (f), Penedo (g), União dos Palmares (h), Teotônio Vilela (i) e Santana do Ipanema (j) no Estado de Alagoas no período de 2000 a 2015.



Fonte: SVS-SINAN (2021).

Os meses de janeiro, novembro e dezembro (estação seca), os meses de abril e julho (estação chuvosa) e os meses de agosto e setembro (estação transição) – (Bomfim e Januário, 2018; Oliveira Júnior et al., 2021). Os dados de casos de dengue em Maceió foram assimétricos positivos na série temporal. Todos os meses da série temporal apresentaram *outliers*. Os *outliers* podem ser um resultado falso ou um erro no momento das informações geradas (Correia Filho, 2017).

No município de Arapiraca (Figura 3b), todos os meses apresentaram valores assimétricos positivos e *outliers*, exceto o mês de dezembro, com valor próximo à mediana. A sazonalidade da chuva é peça chave na variabilidade dos casos de dengue em Arapiraca (Correia Filho, 2017). No município de Marechal Deodoro (Figura 3c), os meses com os valores próximos do 1º quartil foram março, abril e maio, novamente os dados foram assimétricos positivos similares a Maceió, tal similaridade se deve ambas fazer parte da Região Metropolitana de Maceió (RMM) – (Oliveira Júnior et al., 2020; Oliveira Júnior et al., 2021).

No município de Palmeira dos Índios (Figura 3d), os meses de março, junho, julho, agosto e setembro também apresentaram valores assimétricos positivos, em virtude da sazonalidade da chuva (Lyra et al., 2017; Costa et al., 2020). No município de Delmiro Gouveia (Figura 3e) todos os meses apresentaram valores próximos à mediana. Todos os meses da série temporal apresentaram *outliers*, exceto os meses de março e abril. No município de Rio Largo (Figura 3f), março e abril foram os meses que tiveram valores assimétricos positivos, sendo março o mês em transição e abril o mês mais chuvoso.

No município de Penedo (Figura 3g), os dados foram assimétricos positivos Todos os meses da série temporal apresentaram *outliers*. No município de União dos Palmares (Figura 3h), o mês de abril apresentou valor próximo do 1º quartil (assimétrico positivo) e o restante dos meses foram próximos da mediana. No município de Teotônio Vilela (Figura 3i) somente o mês de abril teve valor próximo do 1º quartil (assimétrico positivo) e o restante dos meses com valores próximos à mediana. No município de Santana do Ipanema (Figura 3j), os meses de março e maio apresentaram valores próximos do 1º quartil, sendo assimétrico positivo, e o restante dos meses foram próximos à mediana. Todos os meses apresentaram *outliers*, exceto os meses de março e abril.

3.3 Teste Estatístico aplicado a Série Temporal

O teste de Pettitt identificou na série temporal dos casos de dengue, alguns anos com mudanças drásticas, sendo caracterizadas em ciclos bianuais (2006/2007 e 2009/2010) – (Tabela 2). Vale destacar que os anos de 2006 (*El Niño* fraco), 2007 (*La Niña* moderada), 2009 (*El Niño* moderado) e 2010 (*La Niña* moderada) – (NOAA/CPC, 2020) e, portanto, ambas as fases do ENOS (El Niño-Oscilação Sul) têm influência nos sistemas meteorológicos em multiescala e, consequentemente na dinâmica da chuva e na periodicidade das secas no NEB (Lyra et al., 2017; Costa et al., 2020; Da Silva et al., 2020).

Tabela 2. Resultados do teste de Pettitt aplicados na série temporal em relação aos anos e meses com as mudanças bruscas.
Fonte: Autor (2021).

Anos	Meses
2006	Janeiro
2007	Fevereiro
2009	Abril
2010	Dezembro

Fonte: Autores.

De janeiro a abril de 2006, houve diminuição da chuva devido à atuação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), posicionado sobre o Leste do Nordeste (ENEB) e Perturbações Ondulatórias dos Alísios (POA). De junho a julho houve chuvas intensas no ENEB, associada à formação de DOL. Em 2007, novamente houve escassez de chuva, devido aos

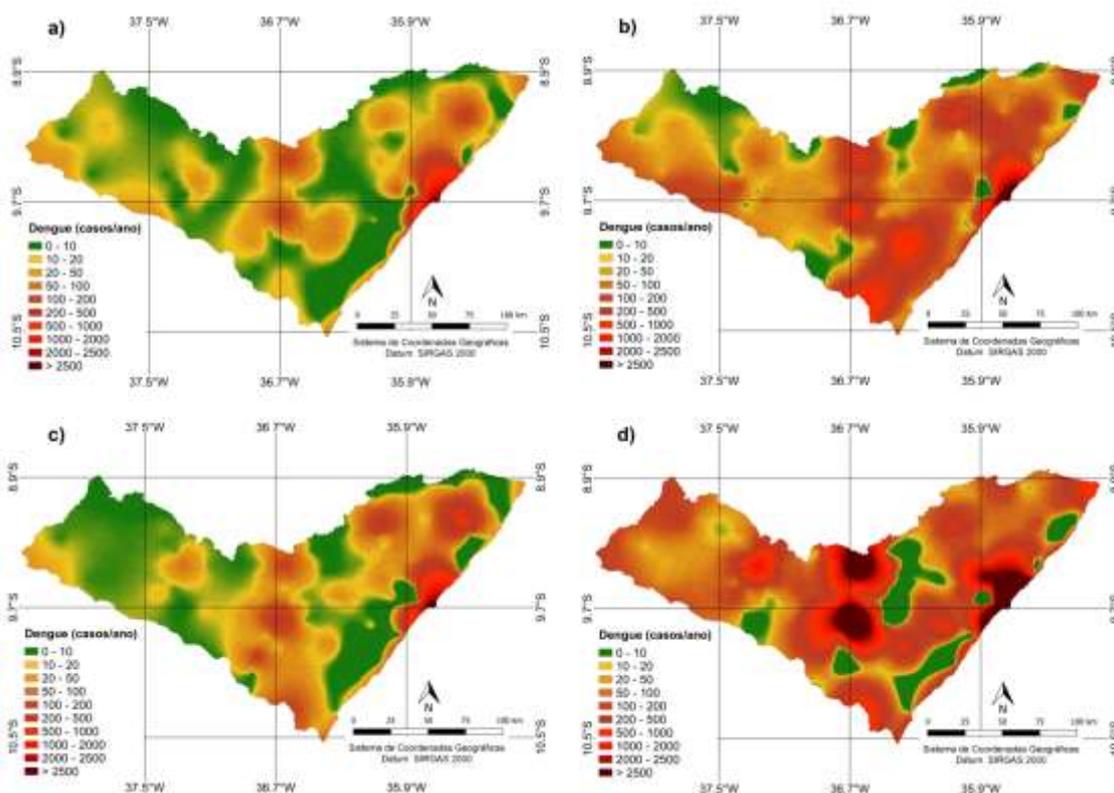
VCAN, chuvas intensas, novamente devido aos DOL associado à atuação de cavados em níveis médios (Souza et al., 2021; Costa et al., 2020; Da Silva et al., 2020).

Em janeiro e março de 2009, a posição do VCAN, inibiu a ocorrência de chuva na maior parte desses meses no NEB. Já em fevereiro, os VCAN contribuíram para ocorrência de chuvas intensas e, principalmente de maio a setembro houve chuva superior à média no Leste Alagoano devido à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e dos DOL. No ano de 2010, a chuva intensa no ENEB, de janeiro a abril a posição dos VCAN contribuiu para a ocorrência das chuvas, de junho a agosto o aumento das chuvas foi devido à convergência de umidade e formação de DOL, de setembro a outubro a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), enquanto as chuvas do mês de dezembro se devem aos VCAN e Cavados em Altos Níveis. Em suma, tanto os ciclos bianuais associados às fases do ENOS, como os meses de janeiro, fevereiro, abril e dezembro influenciaram na dinâmica dos casos notificados de dengue no estado de Alagoas em função da atuação e variabilidade dos sistemas sinóticos (VCAN, DOL, Cavados em Médios e Altos Níveis e ASAS) atuantes no Estado de Alagoas (Lyra et al., 2017; Costa et al., 2020; Da Silva et al., 2020; Souza et al., 2021; Santos et al., 2021).

3.4 Geoespacialização aplicada aos Casos de Dengue

A partir dos anos identificados anteriormente pelo teste de Pettitt foi realizado o mapeamento dos casos notificados de dengue anuais em Alagoas (Figura 4). Em 2006, o Sertão Alagoano contabilizou 187 casos, sendo os municípios de Delmiro Gouveia, Pão de Açúcar e Olivença que se destacaram na categoria de 20-50 casos. No Agreste ocorreram 426 casos, sendo os municípios de Palmeira dos Índios e Arapiraca que se destacaram na categoria de 100-200 casos. Vale ressaltar que tais municípios são os mais populosos no Agreste Alagoano (Correia Filho, 2017; IBGE, 2021).

Figura 4. Mapeamento dos casos notificados de dengue em 2006 (a), 2007 (b), 2009 (c) e 2010 (d) no Estado de Alagoas.



Fonte: Autores (2021).

No Leste Alagoano foi contabilizado 4.076 casos, os municípios que se destacaram foram: Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Satuba, Rio Largo e Matriz do Camaragibe, na categoria de 100-200 casos e, principalmente Maceió com o maior número de casos (>2.500) no Estado (Figura 4a). Em aspecto territorial, o Leste é a maior região, onde reside a maioria da população do Estado (Da Silva et al., 2020; Souza et al., 2021) e, portanto, concentra maior registros de casos notificados de dengue.

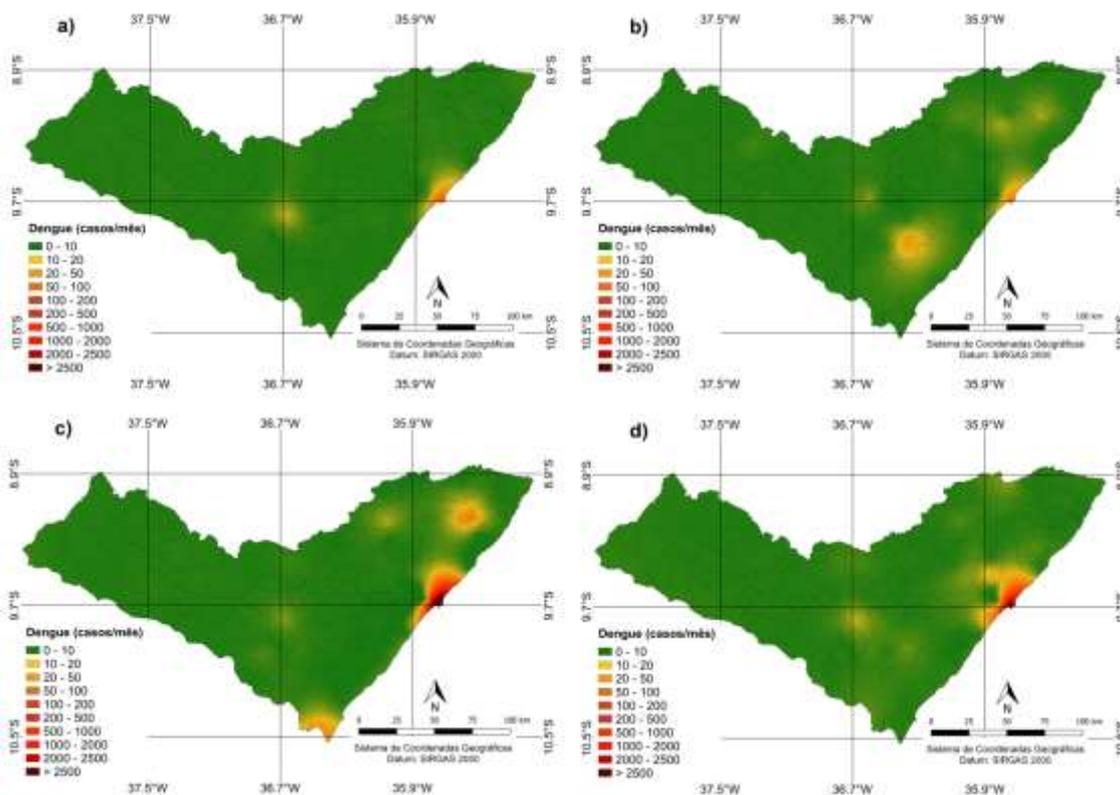
Em 2007, destaque para o Sertão com aumento no número de casos, sendo 932 casos em comparação com 2006. Os municípios que se destacaram foram São José da Tapera, na categoria 100-200 casos, e Piranhas, na categoria de 200-500 casos. No Agreste também houve aumento no número de casos de dengue em relação a 2006, sendo 1.723 casos. Os municípios que se destacaram foram Palmeira dos Índios (categoria 200-500 casos) e Arapiraca (categoria de 500-1000 casos) – (Figura 4b). No Leste Alagoano ocorreu um aumento considerável no número de casos de dengue se comparado com as mesorregiões do Sertão e Agreste e, principalmente em relação ao ano de 2006, sendo contabilizados 10.380 casos. Os municípios que se destacaram foram Penedo e Teotônio Vilela (categoria 500-1000 casos) e Maceió com o maior número de casos (> 2.500 casos) no Estado.

Em 2009 (Figura 4c), destaque para o Sertão, com a diminuição dos casos de dengue (180 casos) em comparação com ciclo bianual 2006/2007. No Agreste, houve também aumento no número de casos de dengue, sendo 755 casos. No Leste Alagoano ocorreram 5.080 casos. Os municípios que se destacaram foram União dos Palmares- na categoria de 200-500 casos, Matriz do Camaragibe – na categoria 500-1000 casos e, novamente Maceió, com o maior número de casos (> 2.500 casos) do Estado.

Em 2010 (Figura 4d), destaque para o Sertão Alagoano, com aumento no número de casos notificados de dengue (2.931 casos) se comparado com os anos de 2006/ 2007 e 2009. O município que se destacou foi Santana do Ipanema, na categoria 1000-2000 casos. No Agreste ocorreram 19.570 casos, houve um aumento significativo no número de casos se comparado com o Sertão e com os anos de 2006, 2007 e 2009. No Leste Alagoano ocorreram 32.094 casos, obteve um aumento considerável no número de casos se comparado com o Sertão e Agreste, e principalmente com os anos de 2006, 2007 e 2009. Os municípios que se destacaram foram Marechal Deodoro – na categoria de 1000-2000 casos. Rio Largo e Maceió, com os maiores números de casos do Estado (> 2.500 casos).

Em relação ao mapeamento mensal dos casos notificados de dengue, ilustrada na Figura 5, destaque para janeiro (Figura 5a), com a ocorrência em todos os municípios do Estado de Alagoas na categoria 0-10 casos, as exceções foram Arapiraca (80 casos) – Agreste e os municípios de Marechal Deodoro (13 casos) e Maceió (150 casos) – Leste Alagoano, sendo municípios com adensamento populacional, mudanças de uso e ocupação da terra e maiores densidade demográficas (Correia Filho, 2017; Da Silva et al., 2020; Oliveira Júnior et al., 2021). Já no mês de fevereiro (Figura 5b), novamente todos os municípios do Estado de Alagoas ocorreu na categoria 0-10 casos, as exceções foram os municípios de Teotônio Vilela (16 casos), Marechal Deodoro (19 casos) e Maceió (203 casos) – Leste Alagoano, sendo municípios com altas taxas pluviométricas (Costa et al., 2020; Oliveira Júnior et al., 2020; Souza et al., 2021). Em abril (Figura 5c), foi similar aos meses de janeiro/fevereiro, sendo a categoria 0-10 casos em todos os municípios do Estado de Alagoas, as exceções foram Arapiraca (382 casos) – Agreste e Penedo (52 casos), União dos Palmares (36 casos), Matriz do Camaragibe (21 casos), Porto Calvo (16 casos), São Luiz do Quitunde (11 casos), Rio Largo (98 casos), Marechal Deodoro (44 casos) e Maceió (690 casos) – Leste Alagoano. Em dezembro (Figura 5d), todos os municípios do Estado de Alagoas foram à categoria 0-10 casos, as exceções foram Arapiraca (141 casos) – Agreste, Rio Largo (14 casos) e Maceió (132 casos) – Leste Alagoano.

Figura 5. Mapeamento dos casos notificados de dengue em janeiro (a), fevereiro (b), abril (c) e dezembro (d) no Estado de Alagoas.



Fonte: Autores (2021).

4. Considerações Finais

Os municípios com maiores casos notificados de dengue são Maceió, Arapiraca e Palmeira dos Índios, enquanto os municípios Teotônio Vilela e Delmiro Gouveia com menores de casos notificados de dengue, segundo a estatística descritiva e exploratória. No mapeamento dos casos anuais notificados de dengue em Alagoas mostra que os maiores registros de casos estão nas mesorregiões do Agreste e Leste Alagoano.

O teste de Pettitt identifica que há ciclos bianuais de casos notificados de dengue no Estado de Alagoas, sendo os ciclos diretamente associados às fases do ENOS (El Niño e La Niña), principalmente na categoria moderada. O teste de Pettitt também aponta que os meses de janeiro, fevereiro, abril e dezembro são responsáveis pelas mudanças bruscas na série temporal de casos notificados de dengue em função da atuação e da variabilidade de alguns sistemas sinóticos (VCAN, DOL, Cavados em Médios e Altos Níveis e ASAS).

A geoespacialização e a estatística aplicada são eficientes na avaliação espaço-temporal dos casos de dengue em Alagoas, principalmente na definição de novas políticas públicas de investimentos nas áreas com maiores casos notificados no Estado.

Agradecimentos

Autores agradecem aos sistemas DATASUS e SINAM via Ministério de Saúde. O segundo autor agradece ao CNPq pela sua Bolsa de Produtividade de Pesquisa nível 2 (nº 309681/2019-7).

Referências

- Barbosa, I. R., & Silva, L. P. (2015). Influência dos Determinantes Sociais e Ambientais na Distribuição Espacial da Dengue no Município de Natal-RN. *Revista Ciência Plural* 1, 62-75.
- Bonfim, O. E. T., & Januário, I. R. (2018). Correlação entre a precipitação e temperatura média do ar sobre o número de registros de casos de Dengue para cidades de Maceió, João Pessoa e Salvador. *Revista de Geografia (Recife)*, 35, 90-102. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.229408>
- Correia Filho, W. L. F. (2017) Influence of meteorological variables on dengue incidence in the municipality of Arapiraca, Alagoas, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 50, 309-314. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0432-2016>
- Correia Filho, W. L. F., Santiago, D. B., Oliveira-Júnior, J. F., & Silva Junior, C. A. (2018) Impact of urban decadal advance on land use and land cover and surface temperature in the city of Maceió, Brazil. *Land Use Policy*, 87, 104026. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104026>
- Costa, I. M. P., & Calado, D. C. (2016) Incidência dos casos de dengue (2007-2013) e distribuição sazonal de culicídeos (2012-2013) em Barreiras, Bahia. *Epidemiologia e Serviços em Saúde*, 25, 735-744. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000400007>
- Costa, M. S., Oliveira Júnior, J. F.; Santos, P. J.; Correia Filho, W. L. F., Gois, G., Blanco, C. J. C., Teodoro, P. E., Silva Junior, C. A., Santiago, D. B., Souza, E. O., & Jardim, A. M. R. F. (2021) Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño-Southern Oscillation. *International Journal of Climatology*, 41, E2111-E2135. <https://doi.org/10.1002/joc.6835>
- Da Silva, D. F., Lima, M. J. S, Souza Neto, P. F, Gomes, H. B, Silva, F. D. S, Almeida, H. R. R. C, Pereira, M. P. S, & Costa, R. L. (2020) Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 449-464. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p449-464>
- Dantas, D. M., Patrício, L. G. L., Gomes, D. L., Santos, E. M. C., Santos, A. M., & Araújo, K. D. (2019) Análise temporal da precipitação pluvial relacionada com os casos de dengue: estudo de caso no Jacintinho, Maceió, Alagoas. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, 4, Suplemento, e8881.
- Ferreira, A. C.; Chiaravalloti Neto, F.; & Mondini, A. (2018). Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por *Aedes aegypti*. *Revista de Saúde Pública*, 52, 1-10. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000414>
- IBGE. (2021) <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama>.
- Kesetyaningsih, T. W., Andarini, S., Sudarto; & Pramoedyo, H. (2018) Determination of Environmental Factors Affecting Dengue Incidence in Sleman District, Yogyakarta, Indonesia. *African Journal of Infectious Diseases*, 12, 13-25. [10.2101/Ajid.12v1S.3](https://doi.org/10.2101/Ajid.12v1S.3)
- Lee, J. S., & Farlow, A. (2019) The threat of climate change to nondengue- endemic countries: increasing risk of dengue transmission potential using climate and non-climate datasets. *BMC Public Health*, 19, 934. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7282-3>
- Lyra, G. B., Oliveira-Júnior, J. F., Gois, G., Cunha-Zeri, G., & Zeri, M. (2017) Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 129, 157-171.
- NOAA/CPC – National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center. (2020). Cold & Warm Episodes by Season. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml.
- Oliveira Júnior, J. F., Gois, G., Silva, E. B., Teodoro, P. E.; Johann, J., & Silva Junior, C. A. (2019) Non-parametric tests, multivariate analysis and descriptive and exploratory statistics applied to reported dengue cases in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 473-491. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7583-0>.
- Oliveira-Júnior, J. F., Correia Filho, W. L. F., Alves, L. E. R., Lyra, G. B., Gois, G., Silva Junior, C. A., Santos, P. J., & Sobral, B. S. (2020) Fire Foci Dynamics and their relationship with socioenvironmental factors and meteorological systems in the state of Alagoas, Northeast Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 192, 654. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08588-5>.
- Oliveira-Júnior, J. F., Correia Filho, W. L. F., Santiago, D. B., Gois, G., Costa, M., Silva Junior, C. A., Teodoro, P. E., & Freire, F. M. (2021) Rainfall in Brazilian Northeast via in situ data and CHELSA product: mapping, trends, and socio-environmental implications. *Environmental Monitoring and Assessment* 193, 263-281. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09043-9>
- Pettitt, A. N. (1979) A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics. Journal of the Royal Statistical Society*, 28, 126-135. <https://doi.org/10.2307/2346729>
- Pone, S. M., Hökerberg, Y. H. M., Oliveira, R. V. C., Daumas, R. P., Pone, T. M., Pone, M. V. S., & Brasil, P. (2016) Clinical and laboratory signs associated to serious dengue disease in hospitalized children. *Jornal Pediatria*, 92, 464-471. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2015.12.005>
- Santos, F. S., Gomes, H. B., Barros, G. V. P., Alves, L. E. R., Silva, D. F., Costa, R. L., Santos Silva, F. D., & Oliveira Júnior, J. F. (2021) Análise Sazonal dos Parâmetros Biofísicos Utilizando o Sensor MODIS para o Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia* 35, 955-968. <https://doi.org/10.1590/0102-77863550093>
- Santos, L. C. G. B., Silva, N. L.; Vasconcelos, B. M., Ferreira, K. B. A. N., Ferreira, L. C., Santos, R. F. E. P., Silva, L. S. M., & Pontes, A. N. (2019) Perfil epidemiológico do estado de Alagoas relacionado com à arbovirose dengue. *Brazilian Journal of health Review*, 2, 1604-1608.
- Serrano, R. M., Lugo, L. P., & Mendoza, S. S. (2015). Índices de infestación aéctica e identificación de conocimientos, actitudes y prácticas sobre dengue en llanerías del Departamento del Atlántico, Colombia. *Revista Salud pública*, 17, 738-748. <https://doi.org/10.15446/rsap.v17n5.35345>.
- Silva, E. B., Raposo, J. C. S., Oliveira-Junior, J. F., Correia Filho, W. L. F., & Santiago, D. B. (2021) Diagnóstico dos Casos de Dengue nas Capitais do Nordeste do Brasil entre 2000 e 2017. *Caderno de Geografia*, 31, 546-556. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2021v31n65p546>

Silva, S. A., Gama, J. A. S., Callado, N. H., & Souza, V. C. B. (2017) Saneamento básico e saúde pública na Bacia Hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22, 699-709. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017146971>

Souza, E. O., Costa, M. S., Oliveira Júnior, J. F., Gois, G., Mariano, G. L., Costa, C. E. S., Correia Filho, W. L. F., & Santiago, D. B. (2021) Estimativa e Espacialização da Erosividade em Mesorregiões Climáticas no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35, 769-783. <https://doi.org/10.1590/0102-77863550005>

Tuladhar, R., Singh, A., Varma, A., & Choudhary, D. K. (2019) Climatic factors influencing dengue incidence in an epidemic area of Nepal. *BMC Research Notes*, 12, p. 131. <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4185-4>

Valladares, G. S., Hassum, I. C., Albuquerque, E. L. S., & Santos, A. C. (2019) Influência de Variáveis Ambientais na Ocorrência da Dengue utilizando Geoprocessamento em Teresina, Piauí. *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde - Hygeia*, 15, 102–114. <https://doi.org/10.14393/Hygeia153447771>

Zhang, Q., Chen, Y., Fu, Y., Liu, T., Zhang, Q., Guo, P., & Ma, W. (2019) Epidemiology of dengue and the effect of seasonal climate variation on its dynamics: a spatio-temporal descriptive analysis in the Chao-Shan area on China's southeastern coast. *BMJ Open*, 9, e024197. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2018-024197>