



**ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO PIAUÍ: UM ESTUDO  
UTILIZANDO ESTATÍSTICA ESPACIAL  
ANALYSIS OF DENGUE INCIDENCE IN PIAUÍ: A STUDY USING SPATIAL  
STATISTICS**

**Márcio Neres dos Reis<sup>1</sup>, Karoline Gomes Vilarinho<sup>2</sup>, Steven de Alcantara Lima<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Filiação: marciorneres@hotmail.com; ORCID: 0000-0001-9276-1197

<sup>2</sup> Filiação vilarinho.eng@gmail.com; ORCID 0009-0009-4577-8039

<sup>3</sup> Filiação: stevendalcantara.21@gmail.com; ORCID0000-0003-4541-8788

Recebido: 07/01/2024

Publicado: 08/05/2024

**RESUMO**

O estudo tem como objetivo realizar uma análise da distribuição espacial dos casos confirmados de dengue no estado do Piauí em 2022, utilizando técnicas de geoprocessamento e análise exploratória de dados espaciais, incluindo estatística espacial. É destacada a importância do mapeamento de doenças endêmicas para a saúde pública, na utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de geoprocessamento. Também é mencionada a relevância da estatística espacial na análise da relação entre os casos de doença e suas localizações geográficas. A metodologia descreve os dados utilizados, incluindo os registros epidemiológicos disponibilizados pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) e os dados populacionais fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O software GeoDa como a ferramenta utilizada para a análise estatística espacial dos dados. A análise espacial é abordada, com destaque para a taxa de casos de dengue por 100 mil habitantes como uma medida utilizada na epidemiologia para avaliar a propagação da doença. Em seguida, são apresentados o Índice de Moran Global e o Índice de Moran Local como técnicas de estatística espacial utilizadas para avaliar a autocorrelação espacial dos casos de dengue. Na seção de resultados e discussão, é visto a distribuição espacial da taxa de incidência de dengue no estado do Piauí em 2022, indicando uma maior incidência na região sudeste e destacando os fatores ambientais e socioeconômicos que contribuem para a propagação da doença. Em relação aos índices de Moran, é apresentado o Índice de Moran Global, que indica uma autocorrelação espacial negativa, mas com um nível descritivo que não é estatisticamente significativo. O Índice de Moran Local é discutido em relação à identificação de clusters espaciais

# ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO PIAUÍ: UM ESTUDO UTILIZANDO ESTATÍSTICA ESPACIAL

significativos, mostrando que alguns municípios apresentam alta incidência de dengue e vizinhança com comportamento semelhante. Nas considerações finais, é ressaltada a importância da análise da distribuição espacial da dengue para as autoridades de saúde pública, auxiliando na identificação de áreas de maior risco e orientando a implementação de medidas preventivas e vigilância entomológica.

**Palavras-chave:** Estatística Espacial, Dengue, Geoprocessamento.

## ABSTRACT

This study aims to perform an analysis of the spatial distribution of confirmed dengue cases in the state of Piauí in 2022, using geoprocessing techniques and exploratory analysis of spatial data, including spatial statistics. The introduction emphasizes the importance of disease mapping for public health, mentioning the use of Geographic Information Systems (GIS) and geoprocessing techniques. The relevance of spatial statistics in analyzing the relationship between disease cases and their geographic locations is also mentioned. The methodology describes the data used, including the epidemiological records provided by the Information System for Notifiable Diseases (SINAN) and the population data provided by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The software GeoDa is mentioned as the tool used for spatial statistical analysis of the data. Spatial analysis is addressed, with a focus on the rate of dengue cases per 100,000 inhabitants as a measure used in epidemiology to assess disease spread. The Global Moran's Index and the Local Moran's Index are then presented as spatial statistical techniques used to evaluate the spatial autocorrelation of dengue cases. In the results and discussion section, the spatial distribution of dengue incidence rate in the state of Piauí in 2022 is shown, indicating a higher incidence in the southeast region and highlighting the environmental and socioeconomic factors that contribute to disease propagation. Regarding the Moran's indices, the Global Moran's Index is presented, indicating a negative spatial autocorrelation but with a descriptive level that is not statistically significant. The Local Moran's Index is discussed in relation to the identification of significant spatial clusters, showing that some municipalities have a high incidence of dengue and neighboring areas with similar behavior. In the final remarks, the importance of analyzing the spatial distribution of dengue for public health authorities is emphasized, assisting in the identification of high-risk areas and guiding the implementation of preventive measures and entomological surveillance.

**Keywords:** Spatial Statistics, Dengue, Geoprocessing.

## 1 Introdução

O mapeamento de doenças tem se tornado uma ferramenta fundamental na área da saúde pública. De acordo com Siqueira-Junior et al. (2008), desde a década de 1990, houve avanços nas técnicas de análise de dados para gerar mapas que identifiquem áreas de risco. A utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na espacialização de regiões com maior incidência tem sido útil para prevenir endemias e orientar as autoridades de saúde pública sobre questões ambientais e de saúde em diferentes localidades.

As técnicas de geoprocessamento contribuem para criar cenários de saúde ao agregar dados ambientais e estruturais à componente geográfica, considerando a relação de vizinhança entre as áreas (MUKAI; ALVES; NASCIMENTO, 2009).

Embora o mapeamento de doença forneça uma visão espacial dos casos, ele não é suficiente para confirmar estatisticamente a existência de agrupamentos ou autocorrelações espaciais. Para isso, a estatística espacial é amplamente utilizada para relacionar os valores dos casos com suas localizações geográficas (CRONER; SPERLING; BROOME, 1996). O Índice de Moran Global e o Índice de Moran Local são técnicas de análise espacial que se baseiam no conceito de autocorrelação espacial e são aplicáveis a objetos espaciais delimitados e seus atributos numéricos associados, como os casos de endemias em uma determinada localidade (MARQUES, 2009).

A dengue é uma das doenças de importância médica que tem preocupado as autoridades de saúde pública devido à ampla distribuição do vetor e à possibilidade de causar casos graves e fatais, como a febre hemorrágica.

Nesse sentido, Cunha e Atanaka-Santos (2011) destacam a falta de pesquisas que busquem compreender a situação de saúde e a ocorrência de agentes causadores de doenças decorrentes do contato com ambientes que apresentam vulnerabilidades e abrigam reservatórios de doenças, sobretudo aquelas transmitidas por vetores, como a dengue.

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise da distribuição espacial dos casos confirmados de dengue no Estado do Piauí em 2022, utilizando técnicas de geoprocessamento e análise exploratória de dados espaciais, incluindo estatística espacial.

# ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO PIAUÍ: UM ESTUDO UTILIZANDO ESTATÍSTICA ESPACIAL

## 2 Metodologia

### 2.1 Dados

Este estudo consiste em uma investigação epidemiológica de natureza ecológica, que visa analisar a distribuição espacial da incidência de casos de dengue no estado do Piauí em 2022, abrangendo todos os seus 224 municípios, situado na Região Nordeste do Brasil e que possui uma população estimada de 3.289.290 habitantes (IBGE, 2023). Os dados utilizados foram obtidos a partir dos registros epidemiológicos disponibilizados pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), acessados por meio do site do Departamento de Informática do SUS (DATASUS) (ROUQUAYROL; GURGEL, 2017).

Para estimar a população do estado do Piauí em 2022, foram utilizados os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IBGE é responsável por realizar pesquisas demográficas e disponibilizar informações atualizadas sobre a população brasileira.

No âmbito deste estudo, utilizou-se o software GeoDa para realizar a análise estatística espacial dos dados da incidência de casos de dengue no estado do Piauí. Conforme destacado por Anselin (2005), o GeoDa oferece uma variedade de técnicas e ferramentas que permitem a detecção de padrões espaciais. Além disso, o software permite a criação de mapas temáticos e a realização de testes estatísticos específicos para a análise espacial.

### 2.2 Análise espacial

#### 2.2.1 Taxa de casos de dengue por 100 Mil Habitantes

A taxa de casos por 100 mil habitantes é uma métrica amplamente utilizada na epidemiologia para avaliar a propagação de doenças em uma determinada população. Essa medida proporciona uma visão comparativa dos níveis de incidência de doenças entre diferentes áreas geográficas ou períodos de tempo. Segundo o Guia de Vigilância Epidemiológica do Ministério da Saúde do Brasil (2018), a taxa de incidência é calculada pela fórmula:

**Taxa de casos por 100 mil habitantes = (Número de casos de doença / População total) \* 100.000.**

Essa fórmula permite normalizar o número de casos em relação ao tamanho da população, possibilitando comparações mais precisas entre diferentes regiões. Ao utilizar a taxa de casos por 100 mil habitantes, é possível identificar áreas com maior incidência de doenças, direcionar recursos de saúde de forma eficiente e monitorar a propagação da doença.

## 2.2.2 Índice de Moran Global e Local

- Índice de Moran Global

A análise espacial é uma abordagem que permite a identificação de elementos particulares da dinâmica territorial, facilitando a compreensão do fenômeno em questão. Além disso, essa análise possibilita a detecção de situações incomuns, revela padrões de associação espacial e agrupamentos de valores semelhantes, conhecidos como "clusters". Neste estudo, foi realizada uma análise exploratória dos dados espaciais, seguida pelo estudo da autocorrelação espacial utilizando o Índice de Moran Global e Local. Essas técnicas permitem uma compreensão mais aprofundada das relações espaciais presentes no fenômeno investigado.

O Índice de Moran Global é uma medida estatística utilizada na análise espacial para avaliar a autocorrelação espacial global de uma determinada variável em um conjunto de unidades espaciais. Ele indica se há uma associação espacial geral entre os valores da variável em estudo.

A fórmula do Índice de Moran Global é dada por:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z^2}$$

Esse índice varia de -1 a +1. Valores próximos de +1 indicam autocorrelação espacial positiva (padrões de associação espacial semelhantes) e valores próximos de -1 indicam

## ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO PIAUÍ: UM ESTUDO UTILIZANDO ESTATÍSTICA ESPACIAL

autocorrelação espacial negativa (padrões de associação espacial opostos). Um valor próximo de 0 indica ausência de autocorrelação espacial (padrão aleatório).

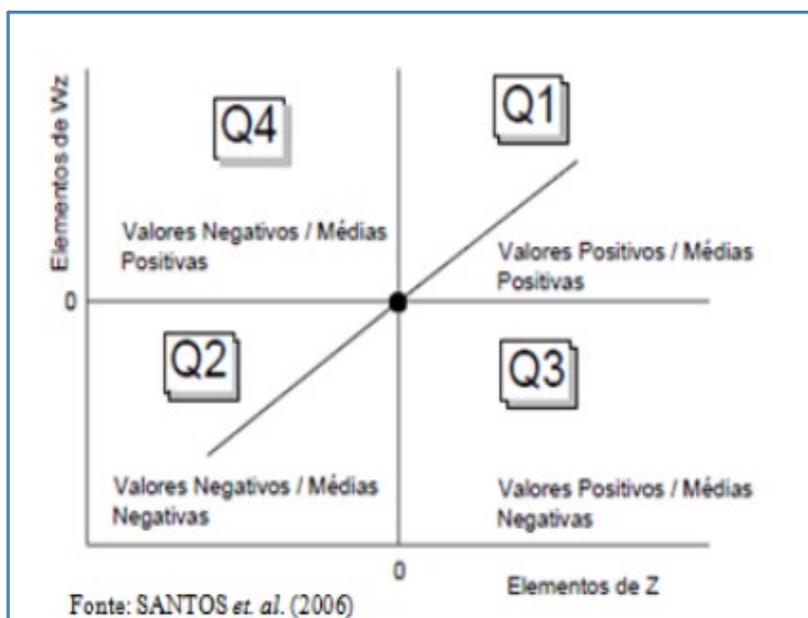
O Índice de Moran Global foi proposto por Anselin em 1995, e é amplamente utilizado na análise espacial. O trabalho de Anselin (1995) descreve o índice e sua aplicação na avaliação da autocorrelação espacial global. Portanto, a análise e interpretação desses resultados são essenciais para determinar se o comportamento dos atributos no território analisado difere ou não do observado em sua vizinhança (BARACHO et al., 2014).

- Índice de Moran Local

O Índice de Moran Local é uma medida estatística utilizada na análise espacial para identificar a autocorrelação espacial local de uma variável em relação aos seus vizinhos. Diferente do Índice de Moran Global, que fornece uma medida agregada para todo o conjunto de dados, o Índice de Moran Local permite identificar padrões espaciais específicos em unidades espaciais individuais.

O índice de Moran local é calculado para cada unidade espacial individual e pode ser representado por Q1, Q2, Q3 e Q4, que são categorias que indicam os diferentes tipos de clusters espaciais:

**Figura 01: Diagrama de espalhamento de Moran.**

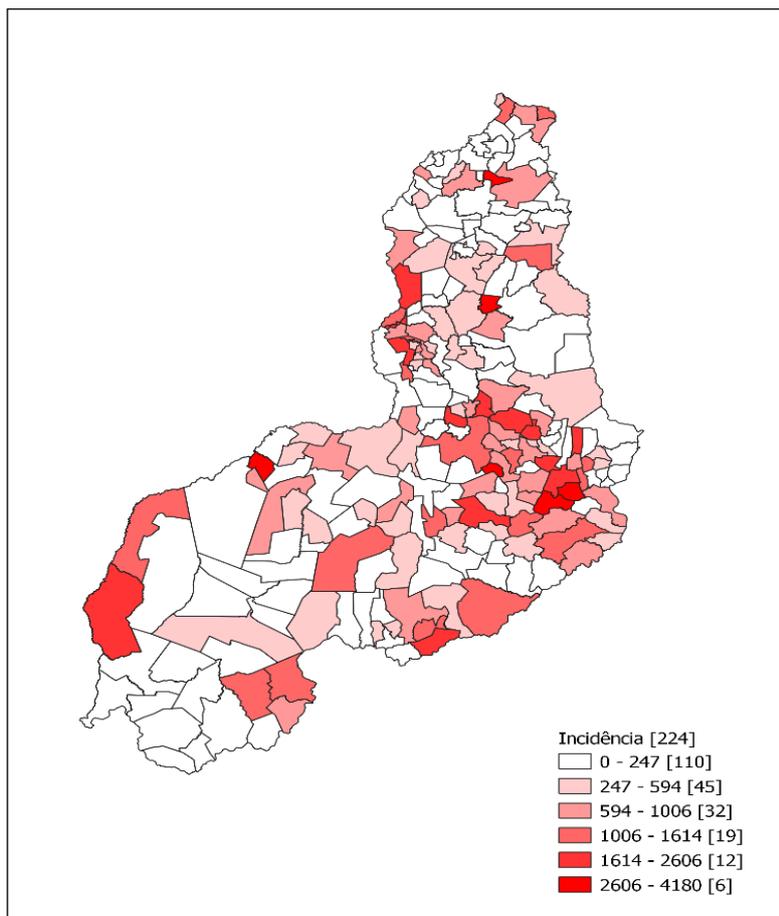


Uma das referências que abordam o Índice de Moran Local é o trabalho de Monteiro et al. (2004). Esses autores descrevem a utilização do Índice de Moran Local na identificação de padrões espaciais em áreas urbanas, destacando sua relevância na análise da distribuição espacial de variáveis socioeconômicas.

### 3 Resultados e Discussão

A distribuição espacial da taxa de incidência anual de casos de dengue ilustrada na Figura 02, indicaram que os municípios das regiões leste e sudeste do Piauí apresentaram maior incidência de casos em 2022 (Classes 5 e 6 do mapa).

**Figura 02: Espacialização da taxa bruta de incidência da dengue (por 100mil hab.) no estado de Piauí em 2022**



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

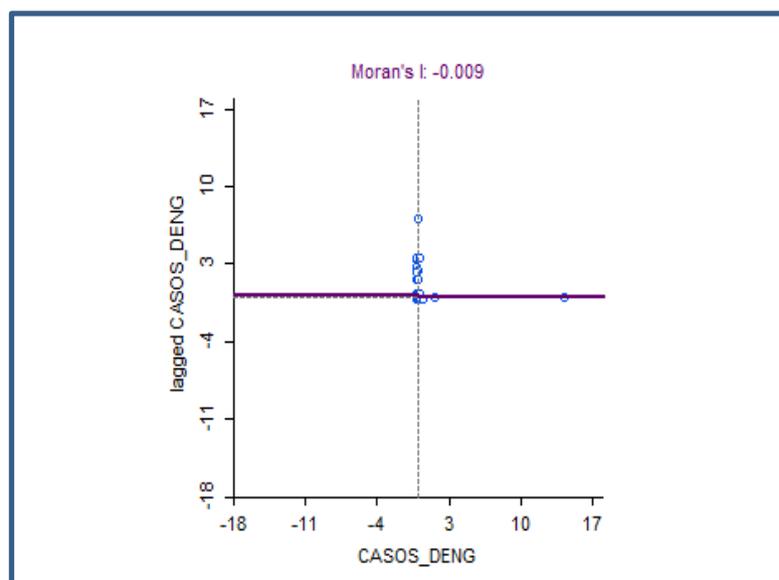
## ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO PIAUÍ: UM ESTUDO UTILIZANDO ESTATÍSTICA ESPACIAL

Fatores ambientais desempenham um papel significativo na ocorrência de casos de dengue. No semiárido do Piauí, condições climáticas favoráveis, com as temperaturas elevadas, porém a umidade do ar é geralmente muito baixa, proporcionam um ambiente propício para a reprodução do mosquito vetor (Silva et al., 2018). Além disso, a presença de água estagnada em recipientes improvisados, como pneus, garrafas e vasos, contribui para o aumento da população de mosquitos. A falta de infraestrutura adequada para o saneamento básico, incluindo a coleta e tratamento de resíduos sólidos e o acesso limitado à água potável, também favorece a reprodução do mosquito transmissor (Gomes et al., 2018).

Fatores socioeconômicos também desempenham um papel importante na incidência de dengue no semiárido do Piauí. A falta de acesso a serviços de saúde de qualidade e recursos financeiros limitados dificultam a prevenção, o diagnóstico e o tratamento adequados da doença. Além disso, a falta de conscientização da população sobre medidas preventivas e a resistência às práticas de controle de vetores podem agravar a situação.

Após a análise da taxa de incidência de dengue, constatou-se um Índice de Moran Global igual a -0.009 (Figura 04), indicando a inexistência de padrão espacial. Isso sugere que a distribuição dos casos de dengue ocorre de maneira aleatória.

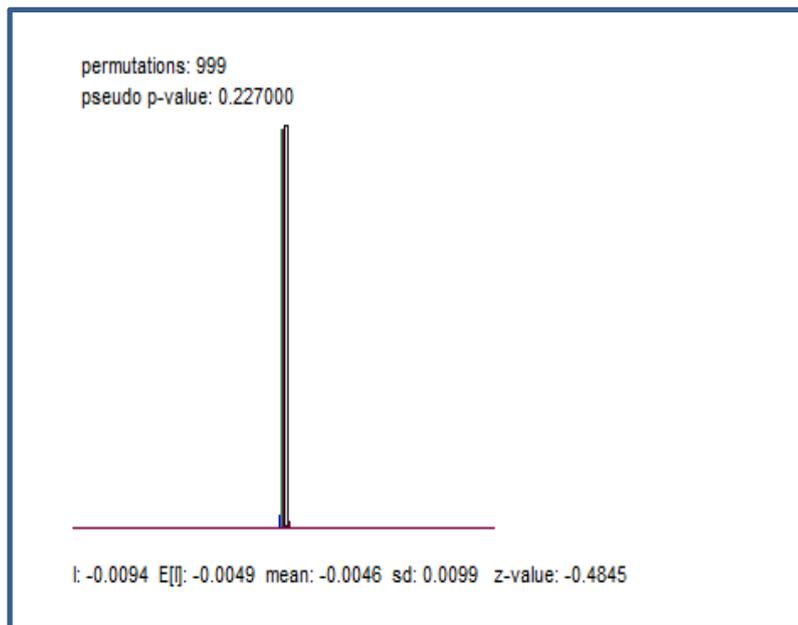
**Figura 3: Gráfico do Índice de Moran para os casos de dengue em 2022**



**Fonte:** Elaborado pelos Autores (2023).

No entanto, é importante notar que o p-valor associado ao Índice de Moran foi de 0.227 (Figura 05), portanto, não há evidências estatisticamente significativas para rejeitar a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial global.

**Figura 4: Teste de Significância do Índice de Moran para os casos de dengue em 2022.**



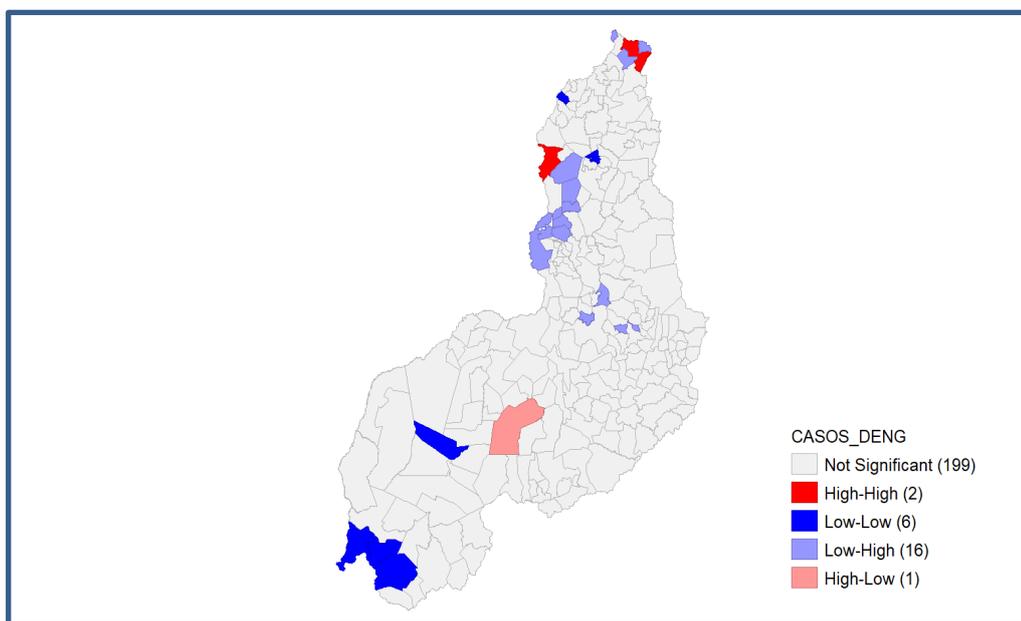
**Fonte:** Elaborado pelos Autores (2023).

Em relação à distribuição espacial dos clusters, a análise dos municípios de acordo com os resultados obtidos no MoranMap (Figura 05) revela que 1,78% ( $n = 2$ ) dos municípios (União e Luiz Correia) estão localizados em áreas com alta incidência de dengue e apresentam vizinhança também com incidência elevada, sendo representados em vermelho escuro no mapa. No terceiro quadrante, temos 2,67% ( $n = 6$ ) dos municípios destacados em azul escuro, caracterizando clusters de baixa incidência de casos, com vizinhança de comportamento semelhante. O terceiro e o quarto quadrante abrangem 9,82% ( $n = 22$ ) dos municípios, que se caracterizam por áreas com vizinhança que exibe um comportamento oposto em relação à incidência da dengue. Por fim, 88,83% ( $n = 199$ ) dos municípios não apresentaram significância estatística na distribuição espacial dos casos de dengue.

## ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO PIAUÍ: UM ESTUDO UTILIZANDO ESTATÍSTICA ESPACIAL

Um estudo abrangente conduzido por Cavalcante et al. (2020) comprovou que o uso da autocorrelação espacial fornece informações detalhadas para as autoridades de saúde pública, auxiliando na identificação de áreas de maior risco, conhecidas como pontos quentes, que devem ser considerados prioritários para a implementação de medidas preventivas e vigilância entomológica.

**Figura 5: Distribuição espacial dos clusters significativos (MoranMap) da incidência anual de Dengue no estado de Piauí em 2022.**



**Fonte:** Elaborado pelos Autores (2023).

#### 4. Considerações finais

Considerando a análise da distribuição espacial dos casos confirmados de dengue no Estado do Piauí em 2022, utilizando técnicas de geoprocessamento e análise exploratória de dados espaciais, podemos destacar que a dengue é incidente em todo o estado do Piauí, porém com maior predominância na região sudeste, especialmente nos municípios localizados no semiárido. A análise da autocorrelação espacial utilizando o Índice de Moran Global indicou ausência de autocorrelação espacial.

Os dados revelaram que alguns municípios estão localizados em áreas com alta incidência e apresentam vizinhança também com alta incidência, enquanto outros estão em áreas com baixa incidência e vizinhança de comportamento semelhante. Essas informações

são importantes para identificar áreas de maior risco e direcionar medidas preventivas e vigilância entomológica de forma mais eficiente.

Em suma, este estudo contribui para uma compreensão mais aprofundada da distribuição espacial dos casos de dengue no Estado do Piauí em 2022. As informações obtidas podem auxiliar as autoridades de saúde pública na identificação de áreas de maior risco, no direcionamento de recursos e no desenvolvimento de estratégias mais eficazes de prevenção e controle da dengue.

## Referências

ANSELIN, L. (2005). **Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook**. <https://www.geoda.uiuc.edu/pdf/geodaworkbook.pdf>

ANSELIN, L. (1995). **Local indicators of spatial association—LISA**. *Geographical analysis*, 27(2), 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>

Baracho, R. C. M., Ismael Filho, A., Gonçalves, A., Nunes, S. D. T. S., & BORGES, P. D. F. (2014). **A influência climática na proliferação da dengue na cidade de Areia, Paraíba**. *Revista Gaia Scientia*, 8(1), 65-73.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde**. Guia de Vigilância Epidemiológica. 8ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

CAVALCANTE, A. C. P., de Olinda, R. A., Gomes, A., Traxler, J., Smith, M., & Santos, S. (2020). **Spatial modelling of the infestation indices of *Aedes aegypti*: an innovative strategy for vector control actions in developing countries**. *Parasites & vectors*, 13, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04070-w>.

GOMES, A. F. M., FERREIRA, R. B., Lima, R. B., & Santos, M. C. (2018). **Aspectos epidemiológicos da dengue no Brasil**. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 667-674.

SIQUEIRA-JUNIOR, J. B. et al. **Spatial point analysis based on dengue surveys at household level in central Brazil**. *Biomed Central Public Health*, v. 8, n. 361, p. 1-9, 2008.

MUKAI, A. O.; ALVES, K. S C.; NASCIMENTO, L. F. C. **Análise espacial das internações por pneumonia na região do Vale do Paraíba (SP)**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 35, n. 8, p. 753-758, 2009.

MARQUES, A. J. **Aplicações de técnicas de autocorrelação espacial para avaliação da organização das habitações nas mesorregiões do estado do Paraná**. *Observatrium: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 1, n. 3, p. 89-105, 2009.

# ANÁLISE DA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO PIAUÍ: UM ESTUDO UTILIZANDO ESTATÍSTICA ESPACIAL

MONTEIRO, A. M. V., Câmara, G., Carvalho, M. S., & Druck, S. (2004). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: Embrapa

CUNHA, R. V.; ATANAKA-SANTOS, M. **Prioridades da pesquisa em epidemiologia na região do Pantanal brasileiro**. Cadernos de Saúde Pública, v. 27, n. 6, p. 1050- 1051, 2011.

ROUQUAYROL, M. Z., GURGEL, M. (2017). **Rouquayrol – Epidemiologia E Saúde**. Ed. 8.

SANTOS, Luciano dos; RAIÁ JUNIOR, Archimedes Azevedo. **Análise Espacial de Dados Geográficos: A Utilização da Exploratory Spatial Data Analysis – ESDA para Identificação de Áreas Críticas de Acidentes de Trânsito no Município de São Carlos (SP)**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v.18 (35), p. 97-107, dez. 2006.

SILVA, W. G. S., Rodrigues, M. S., & Silva, H. M. T. (2018). **Aspectos da qualidade da água relacionados com a proliferação do Aedes aegypti e a ocorrência da dengue**. Revista Ambiente & Água.

BRASIL, **Ministério da Saúde . Departamento de Informática do SUS** . Disponível em: < <https://datasus.saude.gov.br/>> Acesso em 30 de mai de 2023.

IBGE. **Estimativas da População - EstimaPop. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Piauí, 2022**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/tabelas> >. Acesso em: 30 mai. 2023.