



## ***Evolução temporal e distribuição espacial das infecções por zika vírus no nordeste entre 2016 e 2024: um estudo ecológico***

Tarcisio Gomes Leite<sup>1</sup>, João Pedro Alves Nascimento<sup>1</sup>, Gabriel Brenno Costa Barreto Cardoso<sup>1</sup>, Isabela Malheiros Teixeira de Oliveira<sup>1</sup>, Vinicius Cardoso Castro<sup>1</sup>, Ana Carla Castro Duca<sup>1</sup>, Laura Benevides Nascimento<sup>1</sup>, Alessandra Isabella Coelho Santos Monteiro<sup>2</sup>, Augusto César Fernandes Ribeiro<sup>1</sup>



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n7p573-586>

Artigo recebido em 30 de Maio e publicado em 10 de Julho de 2025

### ARTIGO ORIGINAL

#### RESUMO

**INTRODUÇÃO:** A infecção por Zika vírus (ZIKV) emergiu como importante problema de saúde pública no Nordeste do Brasil a partir de 2015, exigindo análise de sua distribuição temporal e espacial. **OBJETIVO:** Descrever a evolução das taxas de incidência de ZIKV nas Unidades Federativas da região entre 2016 e 2024. **METODOLOGIA:** Estudo ecológico descritivo com dados secundários de notificações do SINAN/DATASUS e estimativas populacionais do IBGE. Calcularam-se taxas anuais de casos por 100 000 habitantes e geraram-se gráficos de tendência temporal e mapas coropléticos para caracterizar padrões espaciais. **RESULTADOS:** Observou-se pico de incidência em 2016, com maior magnitude na Bahia (395,99 casos/100 000 hab.), seguido de declínio acentuado em 2017 e estabilização baixa até 2020. Entre 2021 e 2022, houve reemergência localizada em Paraíba, Rio Grande do Norte (234,78 casos/100 000 hab.) e Pernambuco. De 2023 a 2024, a distribuição espacial tornou-se heterogênea, alternando surtos pontuais em diferentes estados. **DISCUSSÃO:** A dinâmica oscilante indica influência de fatores ambientais, socioeconômicos e eficácia das ações de controle vetorial, sugerindo vulnerabilidades regionais diferenciadas. **CONCLUSÃO:** A vigilância contínua e focalizada, aliada ao fortalecimento de estratégias de prevenção e ao uso de modelos preditivos integrando variáveis climáticas e sociais, é essencial para reduzir a transmissão de ZIKV no Nordeste.

**Palavras-chave:** Zika vírus; Incidência; Nordeste; Vigilância epidemiológica; Estudo ecológico.



# Temporal evolution and spatial distribution of zika virus infections in the northeast between 2016 and 2024: an ecological study

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Zika virus (ZIKV) infection has emerged as a major public health problem in Northeastern Brazil since 2015, requiring analysis of its temporal and spatial distribution. **OBJECTIVE:** To describe the evolution of ZIKV incidence rates in the Federative Units of the region between 2016 and 2024. **METHODOLOGY:** Descriptive ecological study with secondary data from SINAN/DATASUS notifications and population estimates from IBGE. Annual case rates per 100,000 inhabitants were calculated and temporal trend graphs and choropleth maps were generated to characterize spatial patterns. **RESULTS:** A peak incidence was observed in 2016, with the highest magnitude in Bahia (395.99 cases/100,000 inhab.), followed by a sharp decline in 2017 and low stabilization until 2020. Between 2021 and 2022, there was a localized reemergence in Paraíba, Rio Grande do Norte (234.78 cases/100,000 inhab.) and Pernambuco. From 2023 to 2024, the spatial distribution became heterogeneous, with alternating specific outbreaks in different states. **DISCUSSION:** The oscillating dynamics indicate the influence of environmental and socioeconomic factors and the effectiveness of vector control actions, suggesting differentiated regional vulnerabilities. **CONCLUSION:** Continuous and targeted surveillance, combined with the strengthening of prevention strategies and the use of predictive models integrating climatic and social variables, is essential to reduce ZIKV transmission in the Northeast.

**Keywords:** Zika virus; Incidence; Northeast; Epidemiological surveillance; Ecological study.

Instituição afiliada – <sup>1</sup>CENTRO UNIVERSITÁRIO FG, CAMPUS SÃO SEBASTIÃO, GUANAMBI – BAHIA, <sup>2</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Autor correspondente: Tarcisio Gomes Leite [tarcisioleite16@gmail.com](mailto:tarcisioleite16@gmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





## **INTRODUÇÃO**

O vírus Zika (ZIKV), um flavivírus neurotrópico (Bhardwaj et al., 2021), emergiu como uma preocupação global de saúde pública devido ao seu potencial de gerar epidemias explosivas e à sua capacidade de causar doenças congênitas (Pierson; Diamond, 2018). Descoberto inicialmente em 1947 em um macaco rhesus na Floresta Zika, em Uganda, África, e com os primeiros casos humanos relatados em 1952 (Bhardwaj et al., 2021), o ZIKV foi por muito tempo considerado uma infecção autolimitada com sintomas geralmente leves, como febre e erupção cutânea (Musso; Gubler, 2016).

No entanto, essa percepção mudou drasticamente com os grandes surtos observados nas Ilhas do Pacífico (2013-2014) e nas Américas (2015-2016), particularmente no Brasil (Lowe et al., 2018). Durante esses eventos, demonstrou-se uma forte ligação causal entre o ZIKV e condições graves, como a Síndrome de Guillain-Barré (SGB) em adultos e, de forma mais notável, a microcefalia e outras malformações congênitas do sistema nervoso central em recém-nascidos, que culminaram na Síndrome Congênita do Zika (SCZ). Diante da gravidade da situação, o Brasil declarou uma emergência nacional de saúde pública em novembro de 2015, e a Organização Mundial da Saúde (OMS) seguiu com uma declaração de emergência de saúde pública de preocupação internacional em fevereiro de 2016 (Lowe et al., 2018; Masmajan et al., 2020).

A transmissão do ZIKV ocorre predominantemente pela picada de mosquitos do gênero *Aedes*, com *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* sendo os principais vetores. No entanto, outras vias de transmissão foram confirmadas, incluindo contato sexual, transfusões de sangue e transmissão congênita de mãe para filho (Musso; Gubler, 2016).

A alta proporção de infecções assintomáticas (aproximadamente 80%) (Agudelo; Ventresca, 2022), juntamente com a co-circulação de outros arbovírus como Dengue (DENV) e Chikungunya (CHIKV), cujas manifestações clínicas são inespecíficas e se sobrepõem, torna o diagnóstico preciso e a vigilância epidemiológica desafiadores (Musso; Gubler, 2016). Além disso, fatores socioeconômicos e ambientais, como a urbanização acelerada e não planejada e a carência de saneamento básico, contribuem significativamente para a proliferação dos vetores e a disseminação do vírus em áreas

urbanas (Cunha et al., 2020).

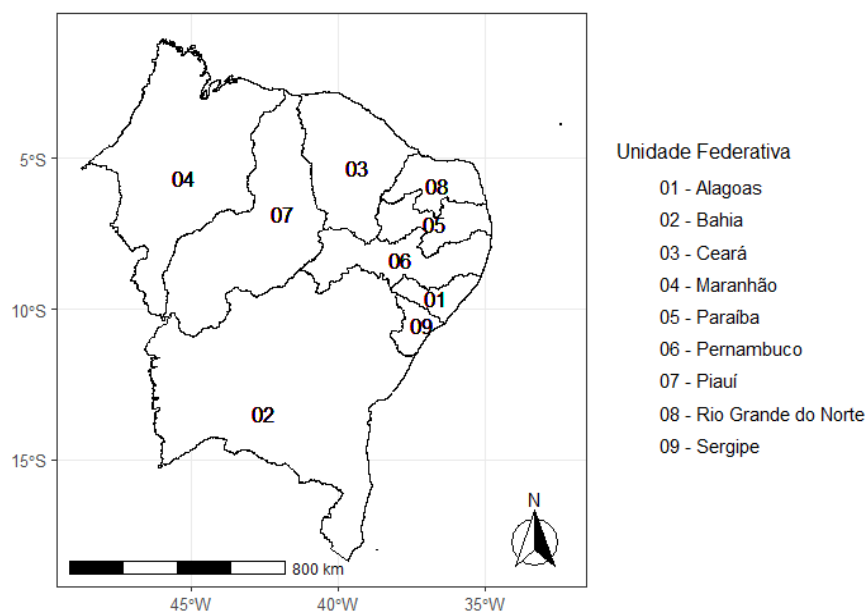
O Nordeste brasileiro foi um dos epicentros da epidemia de ZIKV e dos casos de microcefalia, sendo uma das primeiras regiões a confirmar a transmissão autóctone do vírus em 2015 (Lowe et al., 2018). Apesar de a incidência global do ZIKV ter diminuído após 2017, o vírus mantém um potencial latente para surtos e reemergências localizadas (Masmejan et al., 2020).

Diante desse cenário dinâmico e dos desafios persistentes na compreensão plena da circulação viral e de seus determinantes, faz-se necessária uma vigilância contínua e análises aprofundadas em nível regional. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar a evolução temporal e a distribuição espacial das infecções por Zika Vírus na região Nordeste do Brasil entre os anos de 2016 e 2024.

## **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo ecológico de caráter descritivo e corte transversal. A presente pesquisa visa definir a evolução temporal e distribuição espacial das infecções por Zika Vírus no Nordeste entre 2016 e 2024. As unidades espaciais de análise adotadas foram os 9 estados/Unidades Federativas (UFs) que compõe a macrorregião brasileira mencionada, representadas na figura 01.

**Figura 01** – Mapa das Unidades Federativas do Nordeste, Brasil





**Fonte:** Base Cartográfica: Brasil (c2025a). Elaboração Cartográfica dos Autores (2025)

O estudo tem como alicerce a utilização de dados secundários de bases públicas – coletados em Março de 2025 - para composição das taxas de incidência anuais (casos/100 mil habitantes). Portanto, o número de casos anuais por UF foram coletados a partir do Sistema de Informação de Agravos de Notificação do Departamento de Informática do SUS (SINAN/DATASUS) (BRASIL, c2025b), e a população de base para cada estado em cada ano do período de investigação foram extraídas das projeções populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (BRASIL, 2024).

Após a obtenção das taxas de incidência, sua evolução temporal, nas UFs e em toda a macrorregião, foi representada por meio de gráficos de linhas, de modo a permitir melhor exploração do comportamento epidemiológico da infecção por Zika ao longo do tempo.

Posteriormente, foram criados mapas coropléticos para análise da distribuição espacial dos dados relativos a cada estado nos anos de 2016 a 2024. Desse modo, para melhor identificação de valores centrais e aberrantes, optou-se pela criação de faixas de incidência obedecendo distribuição de média e desvios-padrões para dados com distribuição normal (CHOI; WONG, 2016), ou Boxplot (baseada em mediana, quartis e limites superiores e inferiores) para dados com outras distribuições (HUBERT; VANDERVIEREN, 2008).

Diante do exposto, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para a incidência de Zika por estado ao longo dos anos (Tabela 01), tendo em vista que o número de dados para cada estado foi menor que 50 (D'AGOSTINO, 1971). O teste apresentou ausência de normalidade na distribuição dos dados para a maioria das unidades espaciais. Portanto, foi utilizada uma distribuição Boxplot para melhor representação das faixas de incidência nos mapas coropléticos.

**Tabela 01** – Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk para as Taxas de Incidência de Zika nas Unidades Federativas do Nordeste, Brasil (2016-2024)

UF	Teste de Shapiro-Wilk
----	-----------------------



	<b>W</b>	<b>p</b>
Alagoas	0,523	< 0,001
Bahia	0,450	< 0,001
Ceará	0,735	0,004
Maranhão	0,759	0,007
Paraíba	0,849	0,073
Pernambuco	0,935	0,535
Piauí	0,783	0,013
Rio Grande do Norte	0,778	0,011
Sergipe	0,955	0,747

**Fonte:** Elaboração dos autores.

A tabulação dos dados, cálculo das taxas de incidência e criação dos gráficos de linha foram realizados por meio do Microsoft Office Excel 2019. Ademais, o mapa das Unidades Federativas e o mapa das taxas anuais da doença foram criados por meio da linguagem R versão 4.4.3 no Ambiente de Desenvolvimento Integrado RStudio versão 2024.12.1+563.

Em razão do uso de dados públicos sem identificação de pessoa física, não houve a necessidade de submissão da pesquisa em questão ao Comitê de Ética, de acordo com a Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2012).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A evolução temporal das taxas de incidência de Zika vírus no Nordeste, entre 2016 e 2024, (figura 02) evidencia inicialmente um pico epidemiológico expressivo em 2016, quando foram registrados valores bastante elevados, sobretudo na Bahia (395,99 casos/100 mil habitantes), em Alagoas e no Rio Grande do Norte.

Logo após o período supramencionado, observa-se uma queda abrupta em 2017, com destaque para a redução de 163,82 para 16,6 casos/100 mil habitantes na média



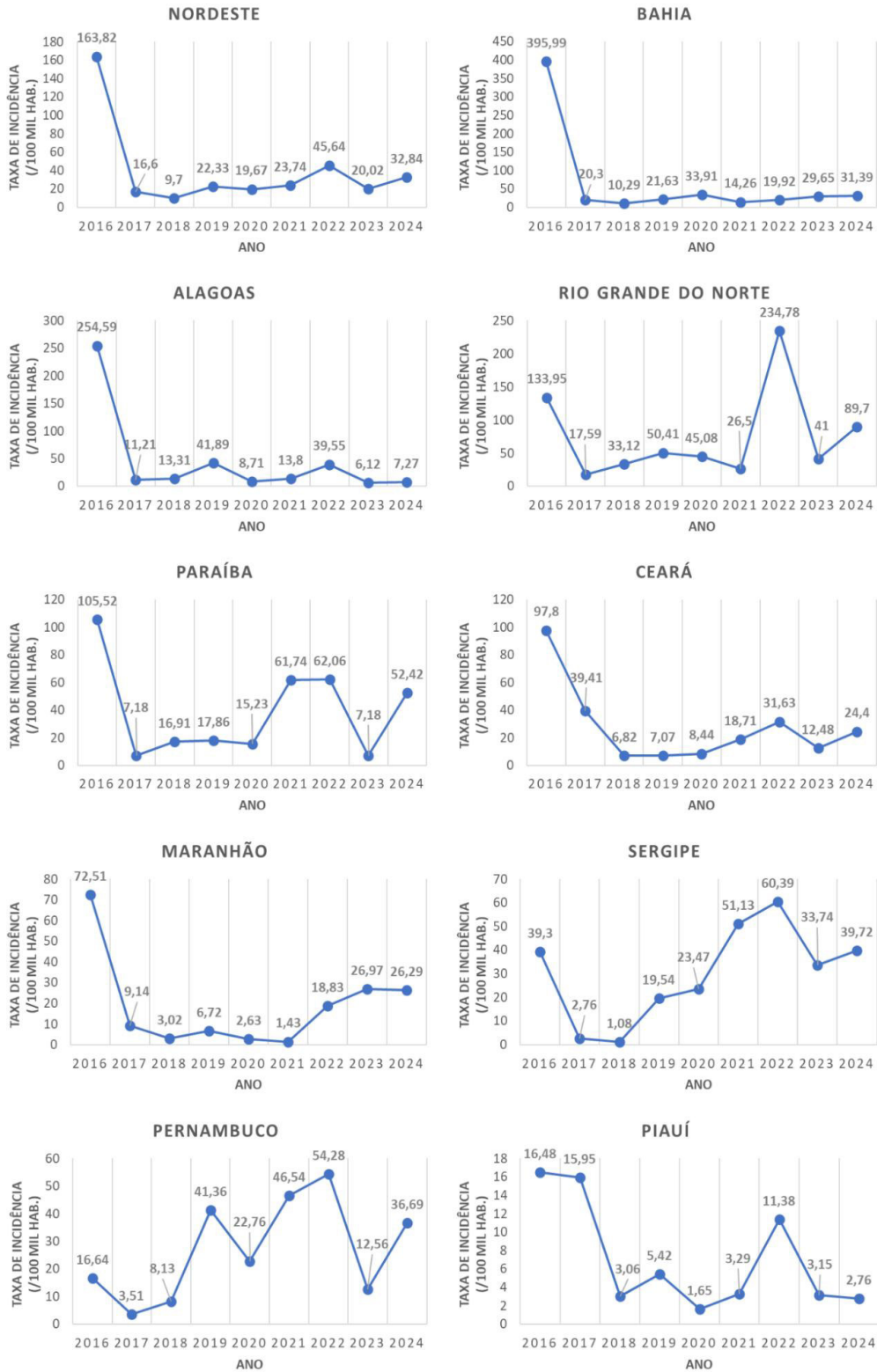
do Nordeste. A Bahia, por exemplo, passou de 395,99 para 20,3 casos/100 mil, sugerindo um declínio acentuado na suscetibilidade populacional, possivelmente decorrente de imunidade coletiva adquirida e intensificação das medidas de controle vetorial.

Entre 2018 e 2020, as taxas de incidência mantiveram-se em patamares relativamente baixos, inferiores a 50 casos/100 mil habitantes na maior parte das Unidades Federativas (UFs), evidenciando uma fase de estabilização.

Em contrapartida, a partir de 2021, emergem surtos pontuais em alguns estados, a exemplo da Paraíba, do Rio Grande do Norte e de Pernambuco, onde as taxas voltaram a subir (por exemplo, 234,78 casos/100 mil habitantes no Rio Grande do Norte em 2022).

Paralelamente ao padrão prévio, Sergipe, Maranhão e Ceará apresentaram oscilações mais recorrentes, sugerindo um comportamento epidemiológico menos previsível e pontuando a necessidade de vigilância contínua.

**Figura 02 - Evolução Temporal das Taxas de Incidência de infecções por Zika Vírus no Nordeste, entre 2016 e 2024**



**Fonte:** Elaboração dos Autores (2025)



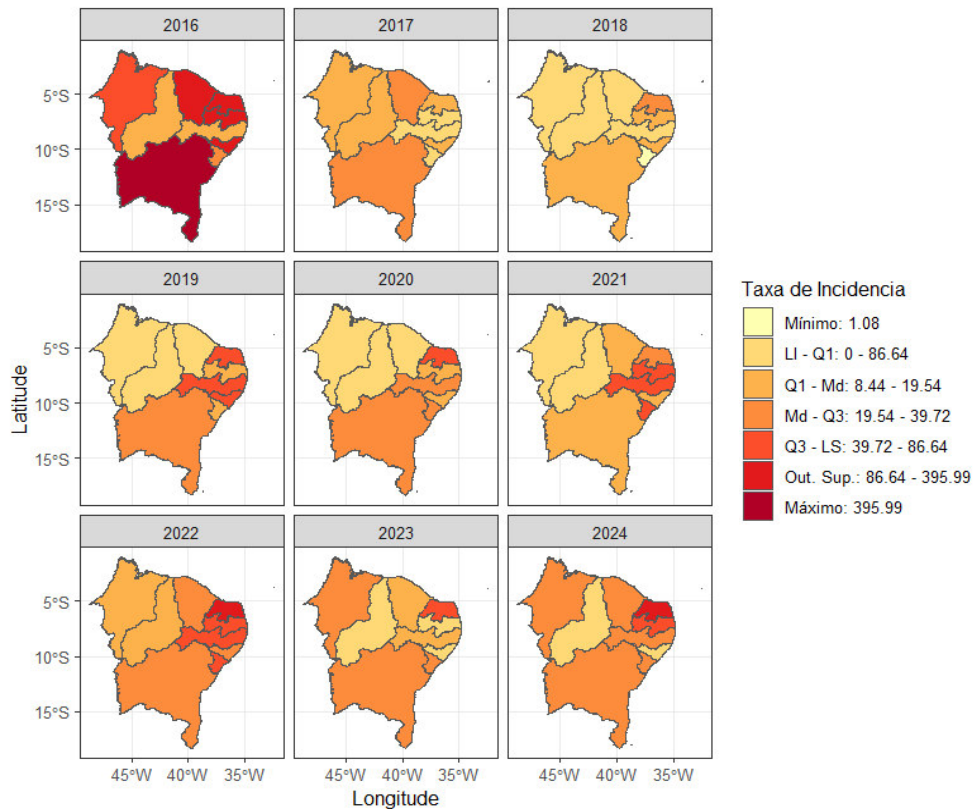
A distribuição espacial anual (figura 03), por sua vez, reforça esses achados temporais ao demonstrar que, em 2016, praticamente todo o Nordeste exibiu altas taxas de incidência, com a Bahia, Alagoas e Rio Grande do Norte despontando nas maiores faixas de incidência do período.

Em 2017, verifica-se a redução generalizada dos indicadores, com Maranhão, Piauí e Sergipe situando-se em categorias de menor incidência.

No período de 2018 a 2020, a maior parte das UFs manteve-se em faixas baixas ou intermediárias, refletindo circulação viral reduzida. Entretanto, entre 2021 e 2022, novos focos de aumento ocorreram, sobretudo no Rio Grande do Norte, que retomou níveis comparáveis aos observados em 2016, bem como na Paraíba e em Pernambuco, evidenciando a existência de surtos localizados.

Em 2023 e 2024, o padrão torna-se heterogêneo, com alguns estados mantendo incidências baixas, enquanto outros, como a Bahia e Alagoas, apresentam elevações pontuais, apontando para uma dinâmica de transmissão diferenciada dentro do próprio Nordeste.

**Figura 03** - Distribuição Espacial Anual das Taxas de Incidência de infecções por Zika Vírus no Nordeste, entre 2016 e 2024



**Fonte:** Elaboração dos Autores (2025)

O pico expressivo observado em 2016, com Bahia, Alagoas e Rio Grande do Norte apresentando as maiores taxas de incidência, alinha-se com a rápida e explosiva disseminação do ZIKV no Brasil após sua confirmação autóctone em maio de 2015. Fatores como uma população massivamente suscetível, condições climáticas favoráveis para o vetor *Aedes aegypti* (a exemplo de um forte evento El Niño no início de 2015) e a alta mobilidade populacional provavelmente impulsionaram essa rápida propagação (Lowe et al., 2018). O declínio geral da incidência de ZIKV observado a partir de 2017, com uma redução generalizada dos indicadores em 2017 e manutenção de faixas baixas ou intermediárias entre 2018 e 2020 na maioria das UFs, é consistente com o padrão global, onde a imunidade de rebanho é considerada uma hipótese majoritária para a diminuição da circulação viral (Masmejan et al., 2020).

Apesar dessa redução generalizada, a ocorrência de novos focos de aumento entre 2021 e 2022, especialmente no Rio Grande do Norte (que retomou níveis



comparáveis aos de 2016), Paraíba e Pernambuco, bem como elevações pontuais na Bahia e Alagoas em 2023 e 2024, ressalta que o ZIKV continua a circular e é capaz de gerar surtos localizados. Isso pode ser explicado pela persistência do vírus em locais imunes-privilegiados e pela existência de rotas de transmissão alternativas à vetorial, como a sexual e a vertical (Agudelo; Ventresca, 2022; Pierson; Diamond, 2018). A presença disseminada de *Aedes aegypti* em áreas urbanas (Lowe et al., 2018) e as fragilidades socioespaciais, como o saneamento inadequado e o descarte irregular de lixo, criam um ambiente propício para a manutenção e proliferação do vetor, facilitando a reemergência do vírus (Pereira et al., 2024).

Achados de estudos específicos corroboram a complexa interação de fatores. Em São Luís, Maranhão, por exemplo, a análise do coeficiente de detecção de arboviroses mostrou uma associação positiva com os pontos de descarte irregular de lixo. Isso é consistente com a literatura que aponta resíduos acumulados como potenciais criadouros para *Aedes aegypti* (Pereira et al., 2024). Em contraste, embora outros estudos sugiram uma correlação entre indicadores de desigualdade social (como etnia, escolaridade e renda) e a incidência de ZIKV e suas consequências, a exemplo da microcefalia (Cunha et al., 2020), o Índice de Desenvolvimento Social (IDS) não se mostrou significativamente associado ao coeficiente de detecção de arboviroses em São Luís. Essa divergência pode ser atribuída às limitações do modelo de regressão global utilizado, que pode não ter capturado a complexidade dos padrões espaciais locais, ou à conhecida "falácia ecológica" (Cunha et al., 2020; Pereira et al., 2024).

É importante considerar que áreas com melhor infraestrutura de saúde e maior renda, como a capital Natal e sua região metropolitana no Rio Grande do Norte, apresentaram maiores Taxas Médias de Incidência (TMI) de ZIKV no biênio 2015-2016, com a presença de aglomerados de alta TMI de violência e renda média domiciliar. Essa aparente contradição pode ser explicada por uma melhor capacidade de detecção, notificação e investigação de casos em municípios com melhores condições técnico-operacionais nos sistemas de vigilância epidemiológica (Cunha et al., 2020). A subnotificação de casos, um desafio persistente no Brasil, afeta a real representação da força de circulação e da magnitude epidemiológica das arboviroses, comprometendo o direcionamento das ações de controle (Pereira et al., 2024).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, é possível observar um padrão epidemiológico dinâmico para a infecção por Zika vírus no Nordeste do Brasil entre 2016 e 2024, marcado por um surto inicial intenso em 2016, seguido por uma redução abrupta e posterior estabilização em níveis baixos. No entanto, surtos pontuais emergiram após 2020 em algumas Unidades Federativas, como Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, ressaltando a necessidade de vigilância contínua. A distribuição espacial reforçou esses achados, demonstrando heterogeneidade na circulação viral ao longo dos anos, com estados exibindo oscilações distintas, sugerindo fatores ambientais e sociais modulando a transmissão.

Entretanto, algumas limitações inerentes à metodologia devem ser consideradas. O estudo, de caráter ecológico e baseado em dados secundários, está sujeito à qualidade das notificações oficiais, que podem sofrer subnotificação e variações na sensibilidade da vigilância epidemiológica ao longo dos anos. Além disso, a ausência de dados individualizados impede inferências diretas sobre fatores de risco específicos. Diante disso, recomenda-se que estudos futuros integrem abordagens analíticas mais robustas, incluindo modelos preditivos e análises espaciais mais refinadas, incorporando como variáveis preditoras, fatores climáticos e socioeconômicos, a fim de ampliar a compreensão da dinâmica de transmissão da Zika e subsidiar estratégias mais eficazes de controle e prevenção.

## REFERÊNCIAS

AGUDELO, Saitel; VENTRESCA, Mario. Modeling the spread of the Zika virus by sexual and mosquito transmission. **PLOS ONE**, v. 17, n. 12, p. e0270127, 30 dez. 2022.

BHARDWAJ, Utkarsh *et al.* Gist of Zika Virus pathogenesis. **Virology**, v. 560, p. 86–95, ago. 2021.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malha Municipal. **IBGE**. Brasília, c2025a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=30138&t=downloads>. Acesso em: 23 mar. 2025.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Projeções da População.



- IBGE. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>. Acesso em: 23 mar. 2025.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. Resolução 466, de 12 de dezembro de 2012. **Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos.** Brasília, 2012. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2025.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS (DATASUS). SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO (SINAN). TabNet Win32 3.3: Zika Vírus – Notificações do Sistema de Informação de Agravos de Notificação. **DATASUS.** Brasília, c2025b. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sinannet/cnv/zikabr.def>. Acesso em: 23 mar. 2025.
- CHOI, S. W.; WONG, G. T. C. It's just a standard deviation! **Anaesthesia**, v. 71, n. 8, p. 969–971, 2016.
- CUNHA, Lizailma Silva *et al.* Relação dos indicadores de desigualdade social na distribuição espacial dos casos de Zika Vírus. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 1839–1850, 8 maio 2020.
- D'AGOSTINO, R. B. An omnibus test of normality for moderate and large size samples. **Biometrika**, v. 58, n. 2, p. 341–348, 1 ago. 1971.
- HUBERT, M.; VANDERVIJEREN, E. An adjusted boxplot for skewed distributions. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 52, n. 12, p. 5186–5201, 15 ago. 2008.
- LOWE, Rachel *et al.* The Zika Virus Epidemic in Brazil: From Discovery to Future Implications. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 1, p. 96, jan. 2018.
- MASMEJAN, Sophie *et al.* Zika Virus. **Pathogens**, v. 9, n. 11, p. 898, nov. 2020.
- MUSSO, Didier; GUBLER, Duane J. Zika Virus. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 29, n. 3, p. 487–524, jul. 2016.
- PEREIRA, Emile Danielly Amorim *et al.* 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. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 27, p. e240017, 3 maio 2024.
- PIERSON, Theodore C.; DIAMOND, Michael S. The emergence of Zika virus and its new clinical syndromes. **Nature**, v. 560, n. 7720, p. 573–581, ago. 2018.