

---

## METODOLOGIAS PARA ANÁLISE ESPACIAL DA ASSOCIAÇÃO ENTRE FATORES GEOGRÁFICOS E INCIDÊNCIA DA ARBOVIROSE ZIKA VÍRUS: UMA REVISÃO

**Diogo Felipe Santos de Moura**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências.  
[d203561@dac.unicamp.br](mailto:d203561@dac.unicamp.br)

**Marcos Cesar Ferreira**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências.  
[macferre@unicamp.br](mailto:macferre@unicamp.br)

### RESUMO

A zika é uma doença transmitida pelo flavivírus através da picada do mosquito *Aedes Aegypti*. A difusão dessa arbovirose no mundo ocorre desde 1947, quando foi identificado no continente africano. No Brasil, a zika chegou entre os anos de 2014 e 2015, deixando o país como o maior epicentro dessa doença infecciosa, que pode ser associada com os fatores ambientais, econômicos e sociais. O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão de metodologias recentes utilizadas em pesquisas científicas sobre análise espacial da associação entre fatores geográficos e incidência de casos de zika vírus. As pesquisas têm mostrado que os principais determinantes geográficos da zika são precipitação, temperatura, vegetação, renda, sexo, cor, faixa-etária, níveis educacionais, urbanização desordenada, condições precárias de infraestrutura, moradia e saneamento básico. Esses fatores foram utilizados na maioria dos artigos científicos multidisciplinares, para analisar sua associação com a incidência de zika vírus.

**Palavras-chave:** Arbovirose. Zika. Fatores. Determinantes. Escala.

### METHODOLOGIES FOR SPATIAL ANALYSIS OF THE ASSOCIATION BETWEEN GEOGRAPHIC FACTORS AND INCIDENCE OF ARBOVIROSIS ZIKA VIRUS: A REVIEW

#### ABSTRACT

Zika is a disease transmitted by the flavivirus through the bite of the *Aedes Aegypti* mosquito. The diffusion of this arbovirus in the world occurs since 1947, when it was identified in the African continent. In Brazil, zika arrived between 2014 and 2015, leaving the country as the biggest epicenter of this infectious disease, which can be associated with environmental, economic and social factors. The objective of this research was to present a review of recent methodologies that are used in the results of scientific research on the spatial analysis of the association between geographic factors and the incidence of zika virus cases. The research has showed that the main geographic determinants of zika are precipitation, temperature, vegetation, income, gender, color, age group, educational levels, urbanization, precarious conditions of infrastructure, housing and basic sanitation. These factors were used in most multidisciplinary scientific articles to analyzing its association with zika virus incidence.

**Keywords:** Arbovirus. Zika. Factor. Determinant. Scale.

---

## INTRODUÇÃO

O contato humano com poluentes presentes na água, ar, esgotos, alimentos no domicílio, contribui direta ou indiretamente para os agravos de doenças. Em áreas densamente povoadas, os problemas de saúde podem ser causados pela ausência de serviços sanitários, precariedade na limpeza de resíduos sólidos urbanos e consumo de água de má qualidade pela população por, e pela mistura de poluentes atmosféricos produzidos por veículos automotores.

O ser humano tem que viver em lugares onde não existam problemas nos serviços de saneamento básico que possam influenciar tanto na saúde humana quanto nas condições de salubridade do ambiente (MOURA, 2020). Diante disso, a forma do cidadão cidadão conseguir ter uma vida saudável é adquirir, através do poder público, as infraestruturas de saneamento para que possa conquistar uma situação de bem-estar que seja favorável para a sua participação econômica e social nas cidades (JUNIOR, 2009, p. 549).

A Geografia da Saúde, uma especialidade da ciência geográfica, epidemiológica e multidisciplinar, utiliza seus arcabouços teóricos, conceituais e metodológicos nas análises espaciais, tanto em processos saúde e doença, quanto nas articulações que existem na administração pública, tais como: distribuição dos equipamentos hospitalares, recursos existentes no serviço público e as relações sociais com a saúde humana e o ambiente (GUIMARÃES, 2015; BACELLOS, DUZAI e HANDSCHUMACHER, 2018).

Essas influências na vida tanto do homem e da natureza, quanto nas interferências do homem na natureza (MENDONÇA, 2002, p. 134), sempre tiveram uma preocupação na matriz do pensamento médico do mundo ocidental, que vê a saúde como o resultado do equilíbrio entre fluidos (sangue, água, bÍlis e fleuma), em razão das condições ambientais de um lugar (GRMEK, 1999). Para Sorre (1955), o desenvolvimento da doença em um determinado grupo humano seria resultado da interação entre o agente patógeno (vírus, bactéria, fungo, protozoário, dentre outros), o hospedeiro humano e o ambiente.

O próprio conceito de saúde destaca essa relação entre homem-doença (patógenos) e ambiente, o qual é definido como o estado de bem-estar físico, mental

e social de uma população que depende da qualidade dos serviços do saneamento que são ofertados pelo poder público para diminuir as poluições sobre o ambiente ocupado e o contato de vetores, protozoários e bactérias com o ser humano (GUIMARÃES, 2015; COSTA et al., 2002).

Essa relação entre agentes patógenos e seres humanos é muito evidente no cenário mundial das ocorrências dos casos de zika vírus. De acordo com Elmec, Bataiero e Cruz (2016), tanto a zika, quanto a dengue e chikungunya, são doenças consideradas como arboviroses (*Arthropodborne vírus*), ou seja, um ou arbovírus que são transmitidos através da picada de artrópodes (insetos) hematófagos. Ainda segundo estes autores, são mais de 545 espécies de arbovírus, mas somente 150 delas têm potencial patogênico para o homem.

Essas arboviroses são definidas como doenças infecciosas que apresenta sua maior incidência nas áreas intertropicais, resultado das mudanças ambientais, climáticas, sociais, urbanização desordenada e condições precárias do saneamento ambiental (CHIARAVALLOTI, BARBOSA et al., 2006).

O vírus da zika é um flavivírus transmitido por picada de mosquitos *Aedes Aegypti* (MOCELIN et al., 2020). Foi identificado pela primeira vez em macacos no continente africano em 1947, por meio de uma rede que monitorava a febre amarela (MLAKAR et al., 2016; SLAVO et al., 2016). Entre os anos de 2014 e 2015, iniciam-se no Brasil os casos da doença zika, tornando-se o país um epicentro, com casos dessa enfermidade registrados em todas as regiões brasileiras (BRASIL, 2017; ELMEC, BATAIERO e CRUZ, 2016).

Essa arbovirose é uma doença infecciosa que apresenta sua maior incidência nas áreas intertropicais, resultado das mudanças ambientais, climáticas, sociais, urbanização desordenada e condições precárias do saneamento ambiental (CHIARAVALLOTI, BARBOSA et al., 2006).

A transmissão da zika pode ocorrer em uma população através da picada do mosquito *Aedes*, contato sexual e pela transfusão sanguínea. Os casos de síndrome congênita são graves, assim como a presença de manifestações neurológicas. Em sua manifestação clínica, na maioria das vezes, a doença é autolimitada, durando

aproximadamente de 4 a 7 dias, e podendo estar acompanhada das seguintes manifestações mais comuns: exantema maculopapular, febre, artralgia, conjuntivite não purulenta, cefaleia, mialgia e prurido. Gestantes infectadas, mesmo as assintomáticas, podem transmitir o vírus ao feto. Esta forma de transmissão da infecção pode resultar em aborto espontâneo, óbito fetal ou anomalias congênitas (BRASIL, 2017, p. 408; MOCELIN et al., 2020).

Com isso, os países mais afetados com as arboviroses entre os anos de 2014 e 2015 (CAMARA, 2016; WIKAN, 2016) foram aqueles que nunca tiveram circulação do vírus zika, eram endêmicos para dengue e continham áreas com condições e fatores determinantes à transmissão de arbovírus por exemplo, alta densidade populacional, condições climatológicas ideais, falta de infraestrutura, saneamento (MOCELIN et al., 2020). Também foi especulado que condições climáticas extremas podem ter contribuído para a propagação do vírus zika (MLAKAR et al., 2016; SLAVO et al., 2016).

Os procedimentos metodológicos de elaboração cartográfica e trabalho de campo são alguns dos instrumentos desenvolvidos no âmbito da geografia que podem ser empregados para a compreensão dos contextos dos problemas do processo saúde/doença da zika vírus. Esses procedimentos estão presentes nos diversos estudos contemporâneos de epidemiologia social, ecologia de doenças, distribuição de serviços de saúde, desigualdades sociais, difusão de doenças, entre outros. Também o uso de dados secundários, produzidos por censos e inquéritos populacionais, e dados oriundos dos sistemas de saúde permitem a construção e análise de indicadores, que vêm sendo amplamente utilizados na geografia da saúde (BACELLOS, DUZAI e HANDSCHUMACHER, 2018).

Esses dados são vistos através de detalhamento de feições no espaço, ou seja, por meio da escala (cartográfica e geográfica). Esse conceito é fundamental para qualquer pesquisa científica que tenha aplicações e análises do fenômeno estudado de cunho geográfico, cartográfico, epidemiológico e ambiental. O conceito de escala cartográfica está associado a todas as representações que estão em forma de mapas representando uma área da superfície terrestre que existe uma razão matemática, topográfica e métrica associada ao nível de detalhamento. Já o conceito de escala

geográfica é perceptível através do espaço-tempo, e dependente da amplitude da área em estudo, ou seja, a visão dos fenômenos ou informações se modificam conforme o nível escalar que pode ser global, territorial (nacional), regional (estadual) e local (município ou bairro) (MENEZES e NETO, 1999; OLIVEIRA e ROMÃO, 2020).

O médico inglês John Snow, em 1854, foi o primeiro cientista a fazer uma análise geoespacial e conseguir comprovar, em escala local, que um organismo vivo era a fonte de disseminação de doenças em ambiente urbano. Através dos elementos técnicos cartográficos, como a distribuição espacial, mostrou que a concentração de mortes por cólera ocorria no entorno da bomba de água da Broad Street, em Londres (BACELLOS, DUZAI e HANDSCHUMACHER, 2018). Com essa técnica, o pesquisador conseguiu demonstrar a correspondência entre o número de mortes por uma doença e o grau de poluição das fontes de água de cada bairro da cidade de Londres (GUIMARÃES, 2015).

No cenário atual, novos profissionais que utilizam um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para solucionar problemas de natureza espacial e de saúde, desconhecem o significado de análise geoespacial, um conceito que remete à análise quantitativa e também a uma instrumentalização que tem grande potencial de fornecer metodologias aos estudos do espaço geográfico (FERREIRA, 2014, p. 49). Gatrell (1983 apud FERREIRA, 2014) contextualizou a análise geoespacial em relação a três temas fundamentais: arranjo espacial, processos espaço-tempo e predição ou modelagem espacial. No arranjo espacial o autor considera o padrão locacional dos objetos configurados no espaço, sejam eles pontos, linhas ou áreas; os processos espaço-tempo referem-se à modelagem das modificações sofridas pelos arranjos espaciais em razão do movimento e da interação espacial; e por fim, a predição espacial que tem como objetivo identificar e modelar arranjos espaciais futuros, com base em processos e situações observadas no passado.

O estudo dos padrões de distribuição geográfica das doenças e suas relações com fatores socioambientais constitui-se no objeto do que hoje se chama de Epidemiologia Geográfica, que tem se constituído um campo de aplicação e desenvolvimento de novos métodos de análise através da utilização das ferramentas de geoprocessamento e uso do Sistema de Informação Geográfica-SIG (MINISTÉRIO

DA SAÚDE, 2006) que contribuem nas aplicações que podem ser produzidas para analisar variáveis espaciais em diversas escalas geográficas, cartográficas e temporal. Então, o objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão de metodologias recentes utilizadas em pesquisas científicas sobre a análise espacial da associação entre fatores geográficos e incidência de casos de zika vírus.

## **METODOLOGIA**

Para essa produção acadêmica foi realizado um levantamento bibliográfico de 26 artigos científicos internacionais. Para alcançar esse quantitativo de pesquisas, foi preciso ter critérios de escolha e realizar três rodadas de seleção.

O primeiro critério foi selecionar os artigos científicos publicados nos últimos dez anos que tragam discussões geográficas e epidemiológicas em suas análises geoespaciais. Para isso, foram utilizadas as seguintes combinações de palavras-chave em inglês no campo de busca dos indexadores *Google Scholar* e *Scopus*: "Arbovírus", "Hotspot", "Spatial Distribution", "scale", "Spatial Analysis", "Spatial Epidemiology", "Spatial Autocorrelation", "Determinant", "Factor", "Scale", "Zika".

O segundo critério foi realizar no indexador *Google Scholar* a busca de artigos que apresentavam o termo "zika" e demais palavras chaves, até a página dez do website. Já na plataforma *Scopus* foi aplicado os seguintes filtros para diminuir mais o quantitativo de trabalhos: artigos com livre acesso e Área do Conhecimento (Ciências sociais, ciências ambientais, ciência da decisão, multidisciplinaridade), tudo isso inicialmente para o período temporal de 2012 a 2022.

Após a primeira rodada de levantamento bibliográfico, na plataforma *Scopus* foram obtidos um quantitativo total de 27 artigos científicos. Já no indexador *Google Scholar* foi feita uma busca de 26 artigos acadêmicos. Depois foi realizada uma segunda rodada de busca com esses 53 artigos, onde foram selecionadas as pesquisas acadêmicas que só tinham trabalhado com análise geoespacial, aplicação de escala e identificação de determinantes ambiental, social e econômico do zika vírus. Vale salientar que nesse levantamento bibliográfico, estão selecionados artigos

científicos que contém na sua discussão as outras duas arboviroses dengue e chikungunya combinadas com os casos de zika vírus.

Diante disso, foi adquirido um total de 24 artigos científicos (14 da plataforma Google Scholar e 10 do indexador Scopus), que apresentam uma escala temporal de 2017 a 2022, e seus respectivos níveis de interesse (Muito alto, Alto e Médio) que estão de acordo com a tese de doutorado intitulada “Os efeitos multiescalares dos determinantes geográficos na distribuição espacial dos casos de dengue, chikungunya e zika a nível Brasil, Nordeste e estado do Rio Grande do Norte”, que está em produção no programa de Pós Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Essa seleção dos níveis de interesse para cada artigo seguiu os seguintes critérios de relevância: presença de uma análise geográfica no título, resumo, resultados e nas limitações; os artigos deveriam trazer informações que agregam com a proposta da tese de doutorado; e o fator de impacto dos periódicos, ou seja, o quantitativo de vezes que o artigo científico obtidos nos periódicos foram citados em outras pesquisas. Dos 24 artigos científicos que foram selecionados, 13 foram classificados com nível de interesse Muito Alto. Os outros trabalhos que apresentavam em sua discussão, aspectos clínicos, biológicos, genéticos e históricos do vetor transmissor da doença zika, foram descartados.

## **REVISÃO METODOLÓGICA E DOS RESULTADOS DAS PESQUISAS SOBRE ANÁLISE GEOESPACIAL E FATORES GEOGRÁFICOS**

O levantamento bibliográficos dos 24 artigos selecionados para esse estudo, destacou que ao longo dos seis últimos anos (2017 a 2022), foi produzido pela comunidade acadêmica através de artigos científicos sobre análise espacial e temporal que utilizaram os casos das três arboviroses (dengue, chikungunya e zika) para relacionar com os fatores ambientais, sociais e econômicos que são determinantes para obtenção de doenças que são transmitidas pelo vetor *Aedes Aegypti* em diversas escalas geográficas e temporais. Esses trabalhos acadêmicos apresentavam seus respectivos títulos, autores, níveis de interesse, quantitativo de vezes que foram citados, conforme mostra o quadro 1.

Quadro 01 - Identificação, nível de interesse e quantitativo de citação dos artigos  
(continua)

ID	TÍTULO	AUTOR	ANO	NÍVEL	CITADO POR
A	Análise da distribuição espacial dos casos de zika vírus infecção e síndrome congênita do vírus zika em um estado da região sudeste do Brasil: fatores sociodemográficos e implicações para a saúde pública	MOCELIN et al.	2020	Muito alto	9
B	Arboviroses emergentes (dengue, chikungunya e zika) no sudeste do México: influência de determinantes socioambientais no conhecimento e nas práticas	CAUSA et al.	2020	Muito alto	13
C	Clima impulsiona a variação espacial nas epidemias de zika na América Latina	HARRIS et al.	2019	Médio	1
D	dengue, chikungunya e zika: Distribuição Espacial e Temporal no Estado do Rio de Janeiro, 2015–2019	ALMEIDA, et al.	2022	Muito alto	0
E	Contexto da comunidade e a escala de detalhe sub-bairro para explicar os padrões de dengue, chikungunya e zika em Cali, Colômbia	KRYSTOSIK et al.	2017	Muito alto	64
F	Determinantes da densidade de vetores de arbovírus como medida de risco de transmissão em regiões de introdução recente do vírus zika nas Américas	BENOIT et al.	2021	Alto	0
G	Determinantes sociais e de saúde associados ao uso de repelentes tópicos em gravidez: um estudo transversal durante um surto de zika no Brasil	CARTAXO et al.	2018	Médio	2
H	Uma revisão de modelos aplicados à disseminação geográfica do vírus zika	SABRINA et al.	2021	Alto	3
I	Distribuição espaço-temporal e disparidades socioeconômicas da dengue, chikungunya e zika em duas cidades Latino-Americanas entre os anos de 2007 a 2017	CARABALI et al.	2021	Alto	9
J	Sobreposição entre focos de dengue, zika e chikungunya na cidade do Rio de Janeiro	QUEIROZ e MEDRONHO	2022	Muito alto	0
K	Distribuição espacial do risco relativo da doença do vírus zika na Colômbia durante a epidemia de 2015-2016 a partir de uma abordagem bayesiana	FLÓREZ, et al.	2020	Muito alto	3
L	Fatores climáticos e socioeconômicos que apoiam a co-circulação de dengue, zika e chikungunya em três diferentes ecossistemas na Colômbia	MORGAN, STRODE e SALCEDO	2021	Muito alto	16
M	Infecção pelo zika vírus e microcefalia: análise espacial dos determinantes socioambientais em uma região de alta infestação do <i>Aedes Aegypti</i> na Região Centro-Oeste do Brasil	NUNES et al.	2021	Muito alto	1
N	Quantificar o risco de transmissão local do vírus zika nos EUA contíguos durante a epidemia de zika de 2015–2016	SUN et al.	2018	Alto	8



Fonte: SCOPUS e GOOGLE SCHOLAR, 2022. Elaboração ou organização: MOURA, D. F. S. de, 2022

Quadro 01 - Identificação, nível de interesse e quantitativo de citação dos artigos (conclusão)

ID	TÍTULO	AUTOR	ANO	NÍVEL	CITADO POR
O	Associação entre fatores socioambientais, cobertura por equipes de saúde da família e pluviosidade na distribuição espacial da infecção pelo zika vírus no município do Rio de Janeiro, Brasil, em 2015 e 2016	RAYMUNDO e ANDRADE	2021	Muito alto	2
P	Distribuição espacial do <i>Aedes Aegypti</i> (Diptera: Culicidae) em áreas vulneráveis para a transmissão de arboviroses	SOARES, et. al.	2019	Médio	2
Q	Distribuição Espacial e carga de arbovírus emergentes na Guiana Francesa	BAILLY et al.	2021	Médio	2
R	Determinantes ambientais e sociais da vulnerabilidade populacional ao surgimento do vírus zika em escala local	REES et al.	2018	Muito alto	10
S	Examinando a associação da posição socioeconômica com microcefalia e atraso no neurodesenvolvimento infantil entre crianças com Exposição pré-natal ao vírus zika	POWER et al.	2020	Alto	7
T	Explorando modelos de regressão local e global para estimar a variabilidade espacial dos casos de zika e chikungunya em Recife, Brasil	ANJOS et al.	2020	Muito alto	2
U	Fatores de risco para infecções por arbovírus em uma comunidade de baixa renda do Rio de Janeiro, Brasil, 2015-2016	RODRIGUES et al.	2018	Muito alto	16
V	Modelagem espacial autorregressiva de possíveis casos de dengue, chikungunya e zika na capital do Nordeste do Brasil	COSTA et al.	2021	Muito alto	0
W	Ampliação de uma intervenção inovadora para reduzir o risco de transmissão de dengue, chikungunya e zika no Uruguai no marco de uma abordagem intersectorial com e sem Participação da comunidade	BASSO et al.	2017	Médio	3
Y	Um novo método de amostragem para medir os fatores socioeconômicos de <i>Aedes albopictus</i> Distribuição no condado de Mecklenburg, Carolina do Norte	WHITEMAN et al.	2018	Alto	10

Fonte: SCOPUS e GOOGLE SCHOLAR, 2022. Elaboração ou organização: MOURA, D. F. S. de, 2022

Os autores dessas 24 bibliografias selecionadas produzem suas pesquisas através de uma visão multidisciplinar tanto da Geografia quanto da: Epidemiologia, Matemática, Ciências da Saúde, Medicina, Engenharia, Biologia, Ecologia, Zoologia,

dentre outras áreas do conhecimento. No geral, esses estudos discutem a arbovirose zika vírus e também a dengue e chikungunya, em diversos países da América do Sul (Brasil, Uruguai, Colômbia e Guiana Francesa), América Central (México), América do Norte (Estados Unidos e Canadá), e do continente Europeu (Reino Unido). O foco da área de estudo dessas pesquisas está em países localizados nas zonas tropicais e subtropicais da América do Sul, Central e Sudeste dos Estados Unidos.

Isso ocorre, por causa da abundância das atividades dos vetores que transmitem tanto a zika quanto a dengue e chikungunya, dependem de fatores climáticos, ambientais, sociodemográficas (CAUSAS et al., 2020, p.2; ALANIZ, BACIGALUPO e CATTANA, 2017), como também, por conta da influência da precipitação que intensifica na disponibilidade de habitat de reprodução do *Aedes Aegypti* no espaço geográfico (REES, PETUKHOVA, MASCARENHAS et al., 2018).

Uma outra variável elencada no Quadro 1, foi o número de vezes que os 24 artigos científicos foram utilizados em outras pesquisas. Com isso, o artigo intitulado “Contexto da comunidade e a escala de detalhe sub-bairro para explicar os padrões de dengue, chikungunya e zika em Cali, Colômbia” foi 64 vezes citado em outros artigos acadêmicos. No geral, essas seleções bibliográficas foram citadas 183 vezes e isso mostra a relevância dessas pesquisas nos estudos do tema zika vírus, Análise Geoespacial e Determinantes Geográficos, uma temática que é estudada por cientistas de diversas áreas do conhecimento.

Nessas pesquisas também foram levantados os seguintes tipos de escala geográficas: Multiescalar, Nacional, Regional e Local. Do universo amostral de 24 artigos, o número de trabalhos sobre Zika que aplicou multiescala, ou seja, as três escalas espaciais juntas foram de aproximadamente 4 %. Existe na comunidade científica que estuda a distribuição espacial do zika vírus, muitos artigos que utilizam a escala local (setores censitários e bairros) e regional (estados ou regiões de um país) para compreender as relações e os fatores que determinam os casos de doenças transmitidas pelo vetor *Aedes Aegypti*. Entretanto, nesses trabalhos acadêmicos, existem mapas que aplicam diversas escalas de mensuração, principalmente a intervalar e ordinal. Esses dois tipos de agrupamentos quantitativos, estavam presentes em 15 e 6 artigos científicos, respectivamente.

No quesito escala temporal, dos 24 artigos científicos teve um predomínio de estudos multitemporais, principalmente, através do uso do período entre 2015, 2016 e 2017. Essa escolha pelos autores ocorre por causa que foi neste período que iniciou no mundo, o surgimento e aumento dos casos de zika vírus, chikungunya e microcefalia. Isso deixa evidente que a escolha da escala geográfica, cartográfica, temporal e de mensuração, são meramente do pesquisador que deve conhecer o fenômeno a ser estudado para conseguir definir de forma coerente seus procedimentos metodológicos de pesquisa.

A análise da metodologia e resultados alcançados dos 13 artigos científicos que tiveram o nível de interesse Muito Alto, inicia na ordem cronológica com o estudo realizado por Krystosik et al. (2017), sobre os padrões de dengue, chikungunya e zika. Nessa pesquisa acadêmica, foi realizado um mapeamento preliminar para determinar os lugares onde foram coletados os dados através de entrevistas. No banco de dados das notificações dos casos das arboviroses foi utilizado o período temporal de outubro de 2014 até abril de 2016. Esses dados espaciais foram adquiridos no banco de dados nacional da cidade de Cali, na Colômbia. Na parte estatística da metodologia, foi aplicada a autocorrelação espacial e a ferramenta de densidade do Kernel.

Os autores afirmam que ainda faltam, na Colômbia, investigações em escala de subvizinhança (local) que é o necessário para projetar intervenções de controle eficazes. Nesse sentido, o estudo aplicou a técnica de Geonarrativa Espacial de Vídeo (SVG) em locais de *hotspot* da dengue, chikungunya e zika. No resultado foi mostrado que os fatores de risco a essas arboviroses percebidos em campo foram a proximidade com água parada, canais, pobreza, invasões, violência e migração militar. Depois realizou-se uma sobreposição entre os fatores de riscos e as áreas com concentração de doença, identificando-se os lugares adequados para transmissão das arboviroses (KRYSTOSIK et al., 2017).

A pesquisa de Rees et al. (2018) utilizou dados secundários dos casos de zika vírus de todos os pacientes que relataram os sintomas aos serviços de vigilância do Instituto Nacional de Saúde (INS) para o governo colombiano. Os dados de precipitação e temperatura (total e semanal) foram derivadas com imagens de multissatélite da NASA. Os autores utilizaram o percentual da população municipal com

necessidades básicas insatisfeitas (NBU), uma métrica de pobreza comum para a América Latina e a densidade rodoviária municipal; empregaram o modelo de regressão logística para estimar a probabilidade de notificação por município ao longo do tempo; e aplicaram a taxa de crescimento da infecção na população.

Nos resultados alcançados, os autores relataram que a probabilidade de contaminação por zika foi maior em temperaturas altas e o tempo para sua detecção foi mais rápido em altitudes mais baixas na Colômbia. A maior precipitação total durante o período de estudo foi associada a uma diminuição na probabilidade de notificação de zika. Portanto, detecta-se o efeito da chuva no comportamento humano, na medida em que as pessoas doentes são menos propensas a ir para os centros de saúde durante períodos chuvosos. Os autores não sugerem que as áreas mais pobres sejam menos vulneráveis à transmissão autóctone do que as áreas mais ricas, embora sejam necessários mais estudos para determinar o(s) mecanismo(s) por trás da associação negativa que detectamos (REES et al., 2018).

Rodriguez et al. (2018) utilizaram dados das fichas de notificação de casos suspeitos de dengue, zika e chikungunya. Os autores realizaram a análise bivariada para avaliar a associação entre características individuais, risco de adquirir uma infecção por arbovírus nos anos de 2015 e 2016; e os determinantes sociais, utilizando o nível de agregação familiar por domicílio; e foi aplicado a distribuição espacial (Kernel) dos casos doenças arbovirais através de pontos na comunidade de Manguinhos, na cidade do Rio de Janeiro.

Entre os anos de 2015 e 2016, foram notificados um total de 370 casos de humanos infectados por arboviroses na comunidade de Manguinhos, cidade do Rio de Janeiro. Neste estudo de escala local, houve diferença significativa no risco de arboviroses entre as microáreas, mas isso não foi explicado pela água e indicadores de saneamento. A incidência foi maior naqueles indivíduos com vulnerabilidade familiar. Isso mostra que as infecções por arbovírus causam alta carga de doenças nos bairros pobres dos centros urbanos brasileiros (RODRIGUEZ et al., 2018).

Os resultados sugerem que mesmo em bairros pobres, existe uma alta variabilidade espacial no risco de adquirir uma infecção por arbovírus (dengue, chikungunya e zika). As condições que favorecem a proliferação do vetor e a infecção

por arbovírus são complexas e envolvem características individuais e ambientais que variam de lugar para lugar. Para reduzir a carga de doenças arbovirais, políticas de saúde pública continuadas e serviços básicos devem ser fornecidos às comunidades em risco que considerem as necessidades locais específicas (RODRIGUEZ et al., 2018).

Anjos et al. (2020) estudaram a zika e a chikungunya, utilizando dados secundários dos casos dessas duas arboviroses, geocodificados por endereço da moradia no município de Recife. Nessa pesquisa de escala local, três tipos principais de unidades espaciais foram utilizados: áreas censitárias, áreas censitárias sem espaços verdes e áreas situadas em uma grade estatística com células de 100 metros. Os modelos de regressão global e regressão local foram aplicados para explorar as condições de risco e sua relação com a distribuição espacial dos casos da doença.

Ao analisar os resultados, os autores observaram que a utilização da matriz celular de 100 metros apresentou a melhor eficiência para estimar as doenças em ambos os métodos estatísticos aplicados. A adoção de unidades espaciais menores que as áreas censitárias pode melhorar as estimativas das doenças estudadas. Algumas condições geográficas, derivadas dos mapas raster, apresentam alta variabilidade espacial dentro das áreas censitárias. A relação entre renda e distribuição espacial dos casos de Zika e chikungunya foi observada em ambos os métodos; no entanto, a renda não é um fator predominante em algumas áreas censitárias na zona norte da cidade. Esse fato pode estar relacionado à diminuição de casos de arboviroses em áreas onde a população de baixa renda está localizada (ANJOS et al., 2020).

Os autores Mocelin et al. (2020) em seu estudo sobre distribuição espacial dos casos notificados de Zika vírus e síndrome congênita do Zika (SCZ). Nessa pesquisa, foi utilizado fonte de dados secundários do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Secretaria Estadual de Saúde do Estado de Espírito Santo (SESA-ES), nos seus respectivos níveis de escala nacional (Unidades da Federação), regional (estado) e local (setores censitários por bairro). Os autores mapearam as notificações de Zika Vírus na população geral e em gestantes. Na metodologia de análise geoespacial, foi aplicado

a técnica de agregação por unidades espaciais, camada de informações espaciais que tinham variáveis sociodemográficas em formato raster e a taxa de incidência global.

Nos resultados, Mocelin et al. (2020) mostraram que a epidemia do vírus zika afeta principalmente mulheres em idade fértil. As gestantes acometidas pelo vírus Zika eram predominantemente não brancas e com ensino médio completo. Os resultados do presente estudo também demonstraram a predominância da raça/cor não branca nas notificações de infecção pelo vírus zika no Brasil, onde está fortemente ligada à pobreza. Segundo os autores, também as pessoas que vivem em locais com baixo nível socioeconômico e com infraestrutura precária podem estar susceptíveis a reprodução do vetor do vírus Zika. As relações feitas pelos autores, fortaleceram a associação entre pobreza e maior incidência da doença.

Na pesquisa realizada por Causa et al. (2020), sobre influência dos determinantes socioambientais no conhecimento e nas práticas da transmissão de arboviroses em três comunidades da fronteira sul do México, foram aplicados um conjunto de 149 domicílios onde moravam 643 moradores, escolhidos por meio de um processo de amostragem aleatória simples. O tamanho da amostra foi calculado com intervalo de confiança de 95% (IC 95%), com margem de erro de 5% e taxa de não resposta de 10%. Para o questionário qualitativo, o autor utilizou a amostragem intencional para recrutar informações de dois membros de organizações locais que desempenham um papel relevante na gestão dos problemas de saúde. Foi utilizada a análise estatística categórica univariada e bivariada e o modelo de regressão logística binária, para explorar associações entre variáveis independentes e dependentes.

Os resultados obtidos por Causas et al. (2020) mostraram uma alta associação espacial entre as deficiências dos serviços de abastecimento de água, saneamento e domicílios precários, com a proliferação de arboviroses. Os autores chegaram à conclusão de que a difusão da infecção arboviral no sul do México é resultado de interações complexas entre vetores, determinantes socioambientais e comportamentos humanos, sendo necessário uma abordagem mais integrada e contextualizada.

No artigo de Flórez et al. (2020), sobre a distribuição espacial do risco relativo da doença zika, foi elaborado um estudo ecológico nas unidades de análise dos 32 departamentos e em quatro distritos das cidades de Bogotá (DC), Barranquilla, Santa Marta e Cartagena, entre 2015 e 2016. Na metodologia de análise geoespacial, foi aplicada uma abordagem autorregressiva de mapeamento espacial da doença, baseada no modelo de Besag ou modelo de convolução BYM, que tem sua ideia principal de assumir que existem fatores de risco que abrangem mais de uma área de estudo e, conseqüentemente, os riscos relativos são espacialmente dependentes.

O presente estudo utilizou métodos de suavização que incorporam informações de áreas vizinhas e covariáveis que permitem obter estimativas de risco mais estáveis e que mostram uma tendência no mapa. Os resultados mostraram um agrupamento espacial de alto risco para a doença do vírus zika nos departamentos localizados entre a linha do equador e o 3º paralelo norte (3 graus ao norte do equador), onde há um alto nível de chuvas durante todo o ano, o que pode explicar a relação espaço – temporal da doença. (FLÓREZ et al., 2020).

Na pesquisa sobre fatores climáticos e socioeconômicos da dengue, zika e chikungunya em três diferentes ecossistemas na Colômbia, foi escolhido três municípios de estudo: Bello, Cúcuta e Moniquirá, utilizando o critério de separação geográfica e características climáticas, demografia e quantitativo de doenças transmitidas por *Aedes Aegypti* distintos. Na parte estatística, o estudo usou os padrões de incidência de doenças por localização e os Modelos Lineares Generalizados de Poisson (GLMS) (MORGAN, STRODE e SALCEDO, 2021).

Os resultados alcançados por Morgan, Strode e Salcedo (2021) mostraram que a chikungunya foi a única doença cuja incidência não se diferenciou significativamente entre os três municípios. A cidade de Cúcuta teve a maior incidência das doenças, tendo os fatores climáticos (precipitação, umidade média, temperatura e velocidade do vento) mais favoráveis e o maior índice de pobreza. Porém, por fazer fronteira com a Venezuela, a migração em massa de pessoas também é sugerida como um fator contribuinte. Ainda de acordo com estes autores, a cotransmissão de dengue e zika durante a epidemia, levou à redução significativa dos casos de dengue em Cúcuta, onde a dengue era alta anteriormente. Os fatores socioeconômicos, como

precariedade dos serviços de saúde, saneamento inadequado, moradia precária e abastecimento de água precário, foram implicados também como fatores determinantes de transmissão de doenças.

Na pesquisa de Costa et al. (2021) foi feito um estudo socioecológico dos casos prováveis de dengue, chikungunya e zika em São Luís (MA), de janeiro de 2015 a dezembro de 2016. O autor utilizou como unidade espacial os setores censitários, onde foram especializados os endereços dos casos prováveis com base nos aplicativos Google Maps, Bing Maps e Wikimapia. Na análise geoespacial foi utilizada a estimativa empírica local de Bayes, para reduzir as variações aleatórias nas taxas de incidência. Os autores também utilizaram a análise de autocorrelação espacial pelo método de Moran Global e Local, que também foram utilizadas para mapear as áreas de risco.

A distribuição dos casos de dengue, chikungunya e zika na cidade de São Luís, estado do Maranhão, apresentou autocorrelação espacial significativa, com predomínio de aglomerados de alta incidência nas regiões oeste e nordeste do município. Com um olhar epidemiológico, os autores relatam que esse padrão pode ser devido à existência de focos de proliferação e movimentação de mosquitos junto com a autocorrelação espacial de fatores ambientais e sociais que são determinantes para obtenção de doenças por arboviroses, tais como: padrão espacial da educação, renda e saneamento básico (proporção de domicílios expostos a esgoto a céu aberto no entorno e aqueles sem abastecimento público de água) (COSTA et al., 2021).

Na pesquisa científica de Nunes et al. (2021), foi usado os casos confirmados de infecção pelo zika vírus e de microcefalia, ocorridos entre 2016 e 2018 e notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Os dados sobre a população residente por município foram obtidos a partir de estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e o número de nascidos vivos por ano foi obtido no Sistema de Informação de Nascidos Vivos do Ministério da Saúde do Brasil. Na metodologia da análise espacial foi aplicado uma taxa de suavização através do método *Empirical Bayes*; o índice I de Moran foi utilizado para a análise de autocorrelação espacial; e o modelo linear generalizado sequencial Poisson para analisar a associação entre as variáveis o e independentes (NUNES et al., 2021).



Os resultados elaborados por Nunes et al. (2021), mostraram que o primeiro surto de infecção por zika, seguido por um aumento nos casos de microcefalia e/ou associadas à infecção congênita, ocorreu em 2016, no estado de Goiás, na região Centro-Oeste do Brasil. Neste ano de introdução do zika vírus no interior do país, foi nítida a presença de aglomerados de ambas as doenças na capital e nos municípios vizinhos, que apresentaram a maior densidade populacional. A análise de regressão múltipla mostrou que a infecção pelo zika estava associada à maior densidade populacional no município, incidência de dengue, Índice de Infestação Predial e precipitação média. O fator determinante para a redução da taxa de incidência de infecção pelo zika foi o aumento da cobertura populacional de agentes de controle de doenças endêmicas.

Raymundo e Medronho (2021), realizaram uma pesquisa em escala geográfica e cartográfica local (por setor censitário), utilizando dados secundários coletados em três fontes de informação (IBGE, SINAN e Instituto Pereira Passos da Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro), para os anos de 2015 e 2016. Foi utilizado o método Bayesiano Empírico Local, com o intuito de controlar o efeito de instabilidade das taxas de incidência. Também foi usado o índice de Moran e os Indicadores Locais de Associação Espacial na análise de autocorrelação espacial.

Nesse modelo aplicado pelos autores, os resultados demonstram a importância das variáveis socioambientais na dinâmica da transmissão da doença zika e a relevância para o desenvolvimento de estratégias de controle da saúde na cidade do Rio de Janeiro. Um dos resultados mostraram que a variável renda média entre 1 e 2 salários mínimos foi um possível fator de risco para a ocorrência de zika nas localidades. As condições domiciliares relacionadas ao abastecimento adequado de água e a existência de esgotamento sanitário público estiveram associadas à menor incidência acumulada de zika, sugerindo possíveis fatores de proteção. Os autores mostraram ainda que, as áreas com cobertura pela Estratégia Saúde da Família apresentaram maior incidência de zika, indicando que pode haver melhor acesso aos serviços de saúde e maior notificação de casos nesses setores. Os autores também deixaram claro que a temperatura e umidade relativa são fatores importantes que

influenciam na densidade vetorial, mas não foram utilizados no modelo aplicado (RAYMUNDO e MEDRONHO, 2021).

Almeida et.al (2022) estudaram os casos notificados de dengue, chikungunya e zika no estado do Rio de Janeiro no período de 2015 a 2019. Os 92 municípios do estado foram distribuídos em nove regiões de saúde, que constituíram as unidades de análise espacial. Os dados das três arboviroses foram obtidos no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), da Secretaria de Estado da Saúde do Rio de Janeiro (SES/RJ), para o período temporal de 4 anos, e foi considerada a data de início dos sintomas. Os casos notificados de dengue, chikungunya e zika foram agregados em três e duas unidades espaciais e temporais diferentes, respectivamente. Cálculos de incidência acumulativa anual foram aplicados para cada arbovirose nas escalas espaciais estadual e municipal (ALMEIDA et al., 2022).

Segundo Almeida et al. (2022), a dengue esteve presente com alta incidência (acima de 300 casos/100.000 habitantes) ao longo de todos os anos em 116 municípios, enquanto a chikungunya registrou altas incidências em 2017 (um município), 2018 (12 municípios; 13,0%), 2019 (38 municípios; 41,3 %), e o zika teve alta incidência em 2016 (25 municípios; 27,2%). Depois os autores realizaram uma discussão regional do acúmulo de incidência de cada doença no estado do Rio de Janeiro, mostrando que a zika apresentou um padrão heterogêneo em sua dispersão em cada região de saúde do estado. Além disso, alguns municípios com maiores densidades populacionais apresentaram maiores incidências e pareceram contribuir para a disseminação e manutenção dessas arboviroses urbanas.

Na pesquisa intitulada “sobreposição das arboviroses” dos autores Queiroz e Medronho (2022), todos os casos de dengue (entre os anos de 2000 e 2019), zika e chikungunya (que ocorreram entre 2015 e 2019), foram obtidos através do Sistema de Informação de Agravos e Notificação (SINAN). Os dados dos fatores determinantes agregados por bairros, foram adquiridos no site do IBGE, Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro e plataforma DATARIO. Na etapa metodológica da análise geoespacial, utilizada para identificar os *hotspots*, foram calculadas as taxas de incidência anual de casos das arboviroses por bairro, ou seja, escala local.

Segundo estes pesquisadores, não houve correspondência entre os *hotspots* da série histórica da dengue (2000–2014) e os da febre zika emergente e da febre chikungunya (2015–2019). No entanto, foram observadas correspondências entre os *hotspots* das três arboviroses entre 2015 e 2019. Os resultados deste estudo também mostraram a existência de focos persistentes que precisam ser priorizados nas políticas públicas de prevenção e controle dessas doenças, por causa que a dengue, zika e chikungunya circulam de forma endêmica na cidade do Rio de Janeiro. As técnicas utilizadas são acessíveis e podem ser utilizadas pelos serviços de vigilância epidemiológica local para subsidiar o planejamento de ações efetivas de controle do vetor e da doença (QUEIROZ e MEDRONHO, 2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido às condições climáticas, sociodemográficas e ambientais nas zonas tropicais do mundo, que favorecem a proliferação do vetor *Aedes Aegypti* e o aumento dos casos de zika vírus, diversos estudos multidisciplinares têm sido produzidos e publicados em periódicos internacionais desde 2014, principalmente no Brasil, onde existem pesquisas com áreas de estudo nas cidades do Rio de Janeiro, Recife e São Luiz.

A análise da literatura permitiu identificar dezoito fatores associados à distribuição espacial do mosquito *Aedes Aegypti* e dos casos da zika vírus, assim agrupados: saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos); uso do solo, índice de vegetação; relevo (altitude); clima (precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e vento); fatores sociodemográficos (população, fluxo populacional, condições de moradia, sexo e raça); educacionais (taxa de analfabetismo) e econômicos (renda per capita).

Entretanto, uma crítica que pode ser realizada é sobre a ausência da variável drenagem urbana em muitos trabalhos que identificaram o saneamento, como também, a baixa relação da variável transporte e rodovias com as arboviroses. Apenas

dois artigos científicos analisados, relacionaram a drenagem urbana para fazer a relação com a zika vírus.

Um outro ponto que vale ser destacado é a ausência de discussão teórica-conceitual nos artigos sobre o que é escala e fatores determinantes. Isso reflete na hora de elencar quais são os determinantes ambientais e sociais que serão usados, pois existem trabalhos que usam, por exemplo, as variáveis de saneamento como determinantes sociais e vice e versa.

Foi observado também a ausência de produções acadêmicas que realizam uma análise espacial e temporal das três arboviroses em conjunto (dengue, chikungunya e zika) em múltiplas escalas espaciais. Identificamos a necessidade de novos estudos que associem espacialmente determinantes ambientais, sociais e econômicos destas arboviroses, em diferentes escalas geográficas, ao risco de contágio por estas doenças. Esse tipo de abordagem poderia subsidiar ações de vigilância e controle da saúde pública em cada escala espacial analisada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Geociências (IG) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) pela infraestrutura de Ensino fornecida para produção científica nacional e ao Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pesquisa que tem auxiliado a pesquisa que originou este artigo.

## REFERÊNCIAS

ALANIZ, A. J; BACIGALUPO, A; CATTAN, P. E. Quantificação espacial da população mundial potencialmente exposta ao vírus Zika. *Jornal Internacional de Epidemiologia*, v. 46, jun. 2017. DOI: 10.1093/ije/dyw366

ALMEIDA, Paula Maria Pereira de et al. "Dengue, Chikungunya, and Zika: Spatial and Temporal Distribution in Rio de Janeiro State, 2015-2019." **Tropical medicine and Infectious Disease**, v.7(7): 141. Jul, 2022. DOI: 10.3390/tropicalmed7070

ANJOS, R. S. D; NÓBREGA, R. S; FERREIRA, H. D. S; et al. Exploring local and global regression models to estimate the spatial variability of Zika and Chikungunya cases in Recife, Brazil. **Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 25, sep. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0027-2020>

- BAILLY, S; ROUSSET, D; FRITZELL, C; et. al. Distribuição Espacial e Carga de Arbovírus Emergentes na Guiana Francesa. **Vírus**, v. 13, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/v13071299>.
- BARCELLOS, Christovam; BUZAI, Gustavo D; HANDSCHUMACHER, Pascal. **Geografia e saúde: o que está em jogo? História, temas e desafios**. Revista Confins, 2018. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/14954>. Acesso: 17 de novembro de 2022. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.14954>
- BASSO, C; et al. Scaling Up of an Innovative Intervention to Reduce Risk of Dengue, Chikungunya, and Zika Transmission in Uruguay in the Framework of an Intersectoral Approach with and without Community Participation. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 97, nov. 2017. DOI: 10.4269/ajtmh.17-0061
- BENOIT, Talbot; BEATE, Sander; VARSOVIA, Cevallos; et al. Determinants of arbovirus vector density as a measure of transmission risk in regions of recent Zika virus introduction in the Americas. **PREPRINT** (Version 1) available at Research Square. may. 2021. Disponível em: [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-419833/v1>].
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Boletim Epidemiológico. Acompanhamento dos casos de dengue, febre chikungunya e febre Zika vírus até a Semana Epidemiológica 52, 2016. 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/abril/06/2017-002-Monitoramento-dos-casos-de-dengue-febre-dechikungunya-efebre-pelo-virus-Zika-ate-a-Semana>.
- CAMARA, T. N. L. Arboviroses emergentes e desafios de saúde pública no Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 50, mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050006791>
- CARABALI, Mabel; et al. "Spatiotemporal distribution and socioeconomic disparities of dengue, chikungunya and Zika in two Latin American cities from 2007 to 2017." **Tropical medicine & international health: TM & IH**, vol. 26,3, p. 301-315, mar. 2021.
- CARTAXO, Marina F. S. et al. "Social determinants of health associated with topical repellent use in pregnancy: a cross-sectional study during a Zika outbreak in Brazil." **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, vol. 113,2, p. 65-73, 2019. DOI: 10.1093/trstmh/try114.
- CAUSA, Roberta et al. Emerging arboviruses (dengue, chikungunya, and Zika) in Southeastern Mexico: influence of socio-environmental determinants on knowledge and practices. **Cadernos de Saúde Pública [online]**. v. 36, n. 6, jun. 2020.
- CHIARAVALLOTI, N. F.; BARBOSA, A.A.C.; CESARINO, M. B; FAVARO, E. A; MONDINI, A; FERRAZ, A. A, et al. **Controle do dengue em uma área urbana do Brasil: avaliação do impacto do Programa Saúde da Família com relação ao programa tradicional de controle**. Caderno Saúde Pública. Rio de Janeiro, v. 22, n.5. p. 987-997, maio. 2006.
- COSTA, A. M.; PONTES, C. A. A.; MELO, C. H.; LUCENA, R. C. B. de; GONÇALVES, F. R.; GALINDO, E. F. **Classificação de Doenças Relacionadas a um Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) e os sistemas de informações em Saúde no Brasil: possibilidades e limitações de análise epidemiológica em saúde ambiental**. XXVII Congresso Internacional de Engenharia Sanitária y Ambiental, Cancun, México, 2002.
- COSTA, S. D. S. B; et al. Autoregressive spatial modeling of possible cases of dengue, chikungunya, and Zika in the capital of Northeastern Brazil. *Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 24, Sep. 2021.

ELMEC, A. M; BATAIERO, M. O; CRUZ, G. B. DA. **Saneamento do meio, arbovirozes e as estratégias de vigilância sanitária para combate aos vetores no Estado de São Paulo**. São Paulo, Bepa, 2016.

FUNASA. **Dengue**. Manual de Normas Técnicas. Instruções para Pessoal de Combate ao Vetor. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

FERREIRA, M. C. **Bases conceituais e paradigmas da análise geoespacial**. In: \_\_\_\_\_. Iniciação à análise geoespacial. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2014. cap. 1, p.41-61.

GUIMARÃES, Raul Borges. **Saúde: fundamentos de Geografia humana**. São Paulo: Editora UNESP Digital, 2015.

HARRIS, Mallory; CALDWELL, Jamie M; MORDECAI, Erin A. Supplementary material from "Climate drives spatial variation in Zika epidemics in Latin America". **The Royal Society**. Collection, v.2, ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.4614119.v2>.

JUNIOR, Alceu Castro Galvão. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Revista Panam Salude Publica**, n. 25, v. 6, p. 548-556, 2009.

KRYSTOSIK, A. R; CURTIS, A; BURITICA, P; AJAYAKUMAR, J; SQUIRES, R, DÁVALOS, D; et al. Contexto comunitário e detalhes da escala de sub-bairro para explicar os padrões de dengue, chikungunya e Zika em Cali, Colômbia. **Plos One**, v.12(8): e0181208. ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181208>.

LI, Sabrina L. et al. "A review of models applied to the geographic spread of Zika virus." **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, vol. 115,9, p. 956-964, febr. 2021.

MENEZES, P. M. L; NETO, A. L. C. Escala: estudo de conceitos e aplicações. Geocart, Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: [http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/Escala\\_Conceitos\\_Aplic.pdf](http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/Escala_Conceitos_Aplic.pdf).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. **Abordagem espaciais na saúde pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

MLAKAR, J; et al. Zika vírus associado à microcefalia. **The New England journal of medicine** vol. 374,10, mar. 2016.

MOCELIN, H. J. S; CATÃO, R. C; FREITAS, P. S.S; PRADO, T. N; BERTOLDE, A. I; CASTROS, M. C; MACIEL, E. L.N. Análise da distribuição espacial dos casos de infecção pelo vírus Zika e síndrome congênita do vírus Zika em um estado da região sudeste do Brasil: fatores sociodemográficos e implicações para a saúde pública. **International Journal Gynecol Obster**, edição suplementar 2, v. 148, p. 61-69, jan. 2020.

MONKEN, Maurício; BACELLOS, Christovam. **O território na promoção e vigilância em saúde**. In: FONSECA, Angélica Ferreira (Org.); CORBO, Ana Maria D'Andrea. O território e o processo saúde-doença. Rio de Janeiro: EPSJV/Fiocruz, 2007.

MORGAN, J; STRODE, C; SALCEDO, SORA J. E. Climatic and socio-economic factors supporting the co-circulation of dengue, Zika and chikungunya in three different ecosystems in Colombia. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15(3), mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009259>.

MOURA, Diogo Felipe Santos de. **Salubridade e saneamento ambiental das áreas com concentração de doença no Distrito Sanitário Oeste de Natal-RN**. Dissertação (mestrado) -Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

- NUNES, P. S; et al. Zika virus infection and microcephaly: spatial analysis and socio-environmental determinants in a region of high *Aedes Aegypti* infestation in the Central-West Region of Brazil. **BMC Infect Dis**, v. 21, 1107, oct. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06805-1>.
- POWER, G. M; FRANCIS, S. C; SANCHEZ, C. N; et. al. Examining the Association of Socioeconomic Position with Microcephaly and Delayed Childhood Neurodevelopment among Children with Prenatal Zika Virus Exposure. **Viruses**, v. 23, nov. 2020.
- QUEIROZ, E. R. D. S; MEDRONHO, R. D. A. Sobreposição entre os *hotspots* de dengue, Zika e chikungunya na cidade do Rio de Janeiro. **Plos One**, v. 17(9), sep. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273980>.
- RAYMUNDO, C. E; MEDRONHO; R. A. de. Associação entre fatores socioambientais, cobertura por equipes de saúde da família e chuvas na distribuição espacial da infecção pelo vírus Zika na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, em 2015 e 2016. **BMC Saúde Pública**, v. 21, 1199, jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11249-y>.
- REES, E. E; PETUKHOVA, T; MASCARENHAS, M; et al. Determinantes ambientais e sociais da vulnerabilidade populacional ao surgimento do vírus Zika em escala local. **Parasitas Vetores**, v. 11. 290, may. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2867-8>.
- RODRIGUES, N. C. P; et al. Fatores de risco para infecções por arbovírus em uma comunidade de baixa renda do Rio de Janeiro, Brasil, 2015-2016. **Plos One**, v. 13(6), jun. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198357>.
- SANTOS, Milton. **Da totalidade ao lugar**. São Paulo: EDUSP, 2005.
- SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.
- SLAVOV, S. N; OTAGUIRI, K. K; KASHIMA, S; COVAS, D. T. Panorama da infecção pelo vírus Zika (ZIKV) em relação à epidemia brasileira. **Revista brasileira de pesquisas médicas e biológicas**, vol. 49,5, apr. 2016.
- SOARES, E. N. L; et al. Spatial distribution of *Aedes Aegypti* (Diptera: Culicidae) in vulnerable areas for the transmission of arboviruses. **Revista Sociedade Brasileira Medicina Tropical**. V.52, jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0341-2018>.
- SUN, K; ZHANG, Q; PASTORE, P. A; et al. Quantificar o risco de transmissão local do vírus Zika nos EUA contíguos durante a epidemia de ZIKV de 2015–2016. **BMC Med**, v. 16, 195, oct. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12916-018-1185-5>.
- WIKAN, Nitwara; SMITH, Duncan R. “Zika virus: history of a newly emerging arbovirus.” **The Lancet. Infectious diseases**, v. 16, jun. 2016.
- WHITEMAN, A; et al. Um novo método de amostragem para medir motoristas socioeconômicos da distribuição de *Aedes albopictus* no condado de Mecklenburg, Carolina do Norte. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.15, oct. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph15102179>.