

## **Correlação entre índices de controle vetorial, variáveis climáticas e coeficientes de incidência de arboviroses em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil**

**Correlation between climate variables and incidence coefficients of arboviroses in Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil**

**Correlación entre índices de control vectorial, variables climáticas y coeficientes de incidencia de arborvirosis em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil**

Recebido: 23/09/2022 | Revisado: 04/10/2022 | Aceitado: 07/10/2022 | Publicado: 13/10/2022

**Bruna dos Reis Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8159-117X>  
Universidade Federal de São Carlos, Brasil  
E-mail: [bruna.reis.28@hotmail.com](mailto:bruna.reis.28@hotmail.com)

**Ana Paula de Vechi**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9098-3594>  
Universidade Federal de São Carlos, Brasil  
E-mail: [paulavechi@yahoo.com.br](mailto:paulavechi@yahoo.com.br)

**Silvia Carla da Silva André Uehara**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0236-5025>  
Universidade Federal de São Carlos, Brasil  
E-mail: [silviacarla@ufscar.br](mailto:silviacarla@ufscar.br)

### **Resumo**

**Objetivo:** Analisar a correlação entre índices de controle vetorial, variáveis climáticas e coeficientes de incidência de dengue, zika e chikungunya no município de Ribeirão Preto, SP. **Método:** Estudo ecológico, com dados obtidos no Sistema de Informação sobre Agravos de Notificação, Vigilância Ambiental e página do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Os dados foram analisados por meio da correlação de Spearman ( $\rho$ ) e modelo linear generalizado com distribuição Binomial negativa e função de ligação identidade. **Resultados:** A temperatura teve relação positiva com o coeficiente de incidência de dengue,  $p < 0,01$ , sendo que a cada um grau de aumento de temperatura ocorreu aumento de 19,2 casos por 100.000 habitantes. **Conclusão:** O estudo não encontrou correlação entre os índices de Breauteau, infestação predial e tipo de recipiente e a incidência dessas arboviroses; entretanto, verificou-se uma relação positiva entre temperatura e a incidência de dengue.

**Palavras-chave:** Dengue; Zika Virus; Chikungunya; Serviços de vigilância epidemiológica; Vigilância Sanitária Ambiental.

### **Abstract**

**Objective:** To analyze the correlation between vector control indices, climatic variables and incidence coefficients of dengue, zika and chikungunya in the city of Ribeirão Preto, SP. **Method:** Ecological study, with data obtained from the Information System on Notifiable Diseases, Environmental Surveillance and the page of the Integrated Center for Agrometeorological Information. Data were analyzed using Spearman's correlation ( $\rho$ ) and generalized linear model with negative Binomial distribution and identity link function. **Results:** Temperature had a positive relationship with the coefficient of dengue incidence,  $p < 0.01$ , with each degree of temperature increase increasing by 19.2 cases per 100,000 inhabitants. **Conclusion:** The study found no correlation between the Breauteau indices, building infestation and type of container and the incidence of these arboviruses; however, there was a positive relationship between temperature and the incidence of dengue.

**Keywords:** Dengue; Zika Virus Infection; Chikungunya; Epidemiologic surveillance services; Environmental Health Surveillance.

### **Resumen**

**Objetivo:** Analizar la correlación entre índices de control de vectores, variables climáticas y coeficientes de incidencia de dengue, zika y chikungunya en la ciudad de Ribeirão Preto, SP. **Método:** Estudio ecológico, con datos obtenidos del Sistema de Información de Enfermedades de Declaración Obligatoria, Vigilancia Ambiental y la página del Centro Integrado de Información Agrometeorológica. Los datos se analizaron utilizando la correlación de Spearman ( $\rho$ ) y el modelo lineal generalizado con distribución binomial negativa y función de vínculo de identidad. **Resultados:** La temperatura tuvo una relación positiva con el coeficiente de incidencia de dengue,  $p < 0,01$ , y por cada grado de aumento de temperatura hubo un aumento de 19,2 casos por cada 100.000 habitantes. **Conclusión:** El estudio no

encontró correlación entre los índices de Breteau, infestación de edificios y tipo de contenedor y la incidencia de estos arbovirus; sin embargo, hubo una relación positiva entre la temperatura y la incidencia de dengue.

**Palabras clave:** Dengue; Infección por el Virus Zika; Chikungunya; Servicios de vigilancia epidemiológica; Vigilancia Sanitaria Ambiental.

## 1. Introdução

As arboviroses tornaram-se um importante problema de saúde pública no mundo, sendo consideradas emergentes ou reemergentes com base em sua dispersão geográfica e impacto crescente em populações susceptíveis. Considera-se que essa expansão seja atribuída a uma combinação de aumento da urbanização, viagens globais e mudanças ambientais associadas ao aumento da temperatura e mudanças nos padrões de precipitação (Robert, et al., 2020).

Atualmente, no Brasil, há a cocirculação de três arboviroses de grande importância para a saúde pública, dengue, chikungunya e zika, que são responsáveis por significativa morbidade e mortalidade. O mosquito *Aedes aegypti* (*Ae. Aegypti*), principal vetor das arboviroses, são ectotérmicos e dependem de fontes de água para completar seus ciclos de vida; portanto, temperatura, precipitação e umidade desempenham papéis importantes no ciclo de transmissão das arboviroses (Patterson, et al., 2016).

Estudos realizados no interior de São Paulo e em território asiático, apontaram que fatores como precipitação, temperatura e umidade tiveram forte associação com a incidência de dengue, evidenciando que os fatores climáticos e ambientais podem ser utilizados para prever surtos de dengue (Ferreira, et al., 2018; Austuti, et al., 2019; Ahmad, et al., 2018). Por outro lado, estudo realizado no Rio de Janeiro, não encontrou relação significativa entre dengue e precipitação, destacando-se que a relação entre a doença e precipitação depende de outros aspectos locais como o tipo de criadouros predominantes (Gomes, 2011).

A análise dos índices entomológicos também desempenha importante papel nas ações de controle do *Ae. Aegypti*, pois indicam a situação da infestação de formas imaturas de larvas e pupas e os tipos de recipiente predominante, destacando-se os índices: Índice de Infestação Predial (IP) que consiste na relação expressa em porcentagem entre o número de imóveis positivos e o número de imóveis pesquisados, assim, esse índice apresenta o percentual de edifícios positivos; Índice de Tipo de Recipientes (ITR) refere-se a relação em porcentagem entre o número do tipo de recipiente positivo por tipo de criadouro, ressaltando a importância de determinado criadouro, dentre os positivos; e, Índice de Breteau (IB), caracterizado pela relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados, corrigido de forma que o resultado seja expresso para 100 imóveis (Vargas, 2012).

A utilização de indicadores epidemiológicos e entomológicos é essencial para a compreensão da ecologia de vetores em uma determinada área de controle, esses índices fornecem informações sobre o risco de surtos dessas arboviroses e esse conhecimento pode então ser usado para informar decisões sobre o controle de vetores e programas de vigilância (Campos, et al., 2018).

Estudos realizados em Natal-RN e Gana mostraram que a partir da interpretação de dados epidemiológicos, virológicos e entomológicos é possível identificar áreas de maior vulnerabilidade para a ocorrência de surtos e epidemias (Barbosa, et al., 2017; Kudom, 2020). Por outro lado, estudo realizado em Fortaleza-CE evidenciou que, mesmo em períodos em que os indicadores de infestação por *Ae. Aegypti* foram baixos, não impediu a ocorrência de importantes epidemias (Oliveira, et al., 2018); já em Foz do Iguaçu-PR, um estudo não encontrou associação entre IP e incidência de dengue (Meira, 2019).

Diante desse cenário, torna-se necessário analisar e relacionar a situação epidemiológica e entomológica associada às variáveis climáticas (temperatura e precipitação), em um município com elevada incidência de arboviroses. Sendo assim, esse

estudo teve como objetivo analisar a correlação entre índices de controle vetorial, variáveis climáticas e coeficientes de incidência (CI) de dengue, zika e chikungunya no município de Ribeirão Preto, SP.

## 2. Metodologia

Trata-se de um estudo ecológico de série temporal (Fronteira, 2013), realizado com dados da Vigilância Epidemiológica (VE) e Vigilância Ambiental em Saúde (VAS) do município de Ribeirão Preto-SP, que possui clima tropical com verão chuvoso e inverno seco.

Os dados epidemiológicos da dengue, zika e chikungunya foram obtidos no Sistema de Informação sobre Agravos de Notificação (SINAN) da VE de Ribeirão Preto-SP. Os dados da dengue foram referentes ao período de 2013 a 2019; da zika de 2015 a 2018, uma vez que o Zika Vírus (ZIKV) foi notificado pela primeira vez no município em 2015, e, em 2019 não foi registrado nenhum caso da doença no município; para a chikungunya, foram obtidos os dados de 2015 a 2019, sendo a partir de 2015, pois também foi notificada pela primeira vez no município.

As variáveis de interesse foram obtidas na ficha de investigação para dengue, zika e chikungunya utilizada no Brasil, que fornecem informações gerais de interesse legal, sociodemográfico e epidemiológico. Para este estudo foram consideradas as notificações de pessoas que residem na zona urbana do município.

Segundo a VE de Ribeirão Preto, no município o ano-dengue é considerado a partir da semana epidemiológica 27 até a semana epidemiológica 26 do ano seguinte. Porém, na realização deste estudo optou-se por trabalhar com ano cronológico, uma vez que não seria possível relacionar com os indicadores da vigilância entomológica, que não foram avaliados mensalmente. No ano de 2013, a Avaliação de Densidade Larvária (ADL) foi realizada duas vezes no ano, nos meses de junho e outubro; em 2014, julho e outubro; em 2015, janeiro, junho e outubro; em 2016, junho e outubro; em 2017, junho e outubro; em 2018, fevereiro, maio, junho, outubro; e em 2019, janeiro, julho e outubro.

Os dados referentes à vigilância entomológica foram obtidos nos relatórios de controle vetorial da VAS da Secretária Municipal de Saúde de Ribeirão Preto. As variáveis obtidas referem-se ao IP, ITR e IB que indicam que o índice menor que 1 apresenta situação satisfatória; entre 1 e 3,9, caracteriza-se como uma situação de alerta; e, acima de 3,9 refere-se a municípios em situação de risco (Brasil, 2013). Já os dados referentes à temperatura e precipitação foram obtidos na página on-line do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIAGRO). Em relação à precipitação, foi realizada a análise da chuva acumulada mensal em milímetros, a cada 3 ou 4 dias.

Inicialmente, os dados foram analisados por meio da estatística descritiva. A relação dos IB, IP e ITR com a incidência das doenças foi analisada por meio do coeficiente de correlação de Spearman ( $\rho$ ), que quantifica essa relação. Esse coeficiente varia entre os valores -1 e 1, sendo que o valor 0 (zero) significa que não há relação, o valor 1 indica uma relação perfeita e o valor -1 também indica uma relação perfeita mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é essa relação entre as duas variáveis. Porém, não foi ajustado nenhum modelo de regressão por falta de convergência do modelo.

Para analisar a relação da temperatura média mensal e precipitação mensal com a incidência das doenças, foi proposto um modelo linear generalizado com distribuição Binomial negativa e função de ligação identidade. A classe de modelos lineares generalizados é uma extensão do modelo linear tradicional o qual permite que a média populacional seja dependente de um preditor linear por meio de uma função de ligação não linear e permite que a distribuição de probabilidade da variável resposta seja qualquer membro da família exponencial (Distribuição Normal, Binomial, Poisson e Gama) (McCullag, 1989). As análises foram realizadas no software SAS 9.4 e para todas as comparações adotou-se um nível de significância de 5%.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de São Carlos, de acordo com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CAAE nº 24665019.1.0000.5504; parecer nº 3.750.354).

### 3. Resultados

O CI da dengue, em 2013, no município de Ribeirão Preto foi de 0,15 casos/100.000 habitantes; e, em 2016, foi de 5257,08 casos/100.000 habitantes; e, em 2019, 2053,77 casos/100.000 habitantes (Tabela 1).

Os resultados mostram um CI de zika de 153,62 casos/100.000 habitantes, em 2016; e, um decréscimo nos anos seguintes, destacando-se o ano de 2018, que registrou um CI de 0,14 casos/100.000 habitantes (Tabela 1).

Em relação ao CI de chikungunya, destaca-se o ano de 2017 com 6,45 casos/100.000 habitantes; seguido por declínios nos anos seguintes, sendo que em 2019, o CI foi de 0,71 casos/100.000 habitantes (Tabela 1).

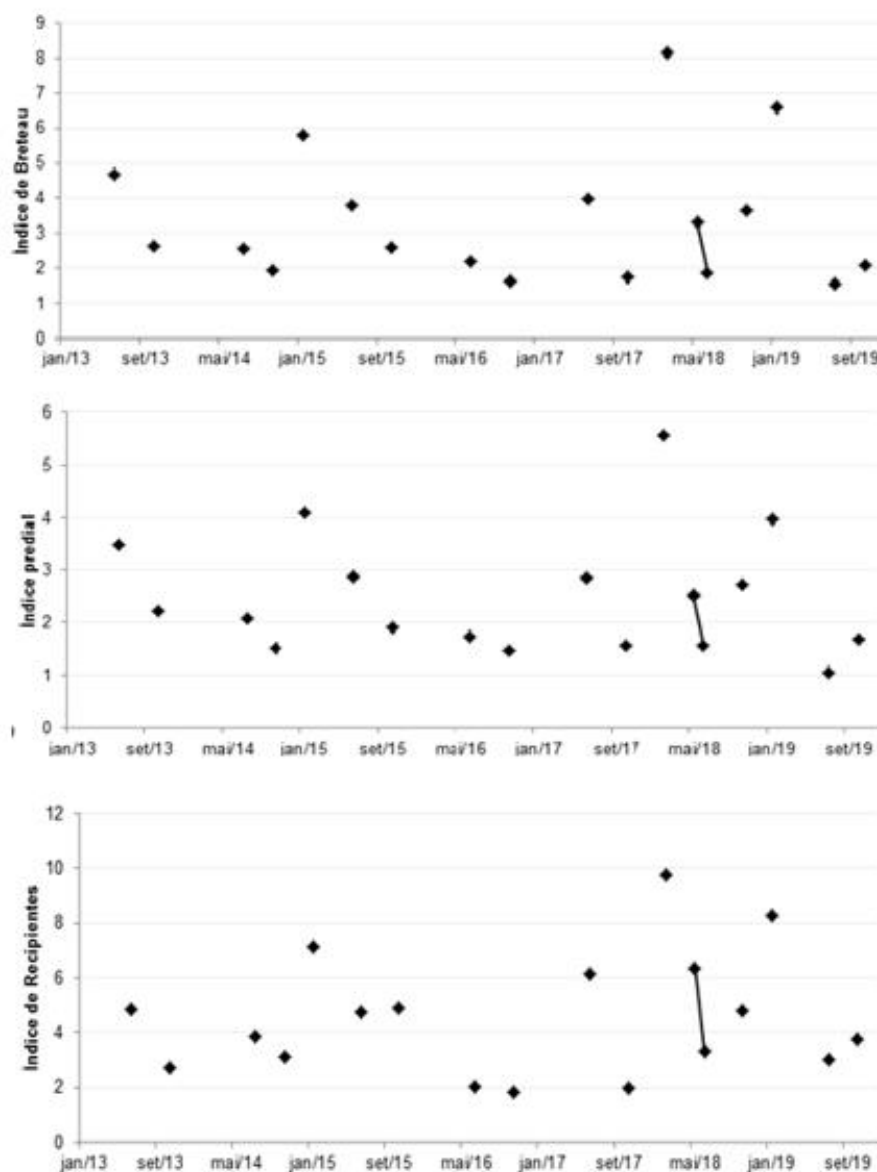
**Tabela 1:** Coeficiente de incidência de dengue, zika e chikungunya no período de 2013 a 2019 no município de Ribeirão Preto-SP. Ribeirão Preto, SP, Brasil, 2021.

Arboviroses	Ano	Número de casos	População	Incidência por 100.000 hab
Dengue	2013	1	649.556	0,15
	2014	429	658.059	65,19
	2015	5160	666.323	774,40
	2016	35454	674.405	5257,08
	2017	249	682.302	36,49
	2018	259	694.534	37,29
	2019	14444	703.293	2053,77
Zika	2015	14	666.323	2,10
	2016	1036	674.405	153,62
	2017	7	682.302	1,03
	2018	1	694.534	0,14
Chikungunya	2015	2	666.323	0,30
	2016	12	674.405	1,78
	2017	44	682.302	6,45
	2018	8	694.534	1,15
	2019	5	703.293	0,71

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com relação ao IB destacam-se os anos de 2015, 2018 e 2019, que registraram em janeiro, respectivamente, 5,8; 8,2 e 6,6; e, em fevereiro de 2018, ressalta-se o IP de 5,6. No que se refere ao ITR, destaca-se fevereiro de 2018 e janeiro de 2019, respectivamente, 9,8 e 8,3 (Figura 1). Não foi possível prever os valores mensais do IB, IP e ITR, pois não apresentaram uma sequência linear, uma vez que no município de Ribeirão Preto esses índices não foram mensurados mensalmente.

**Figura 1:** Índice de Breteau, Índice de infestação predial, Índice de Tipo de Recipientes no período de 2013 a 2019 no município de Ribeirão Preto-SP. Ribeirão Preto, SP, Brasil, 2021.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados deste estudo não encontraram relação entre IB, IP e ITR e o CI da dengue, zika e chikungunya. A correlação entre IB, IP e ITR e o CI da dengue, zika e chikungunya apresentou  $p > 0,05$  (Tabela 2).

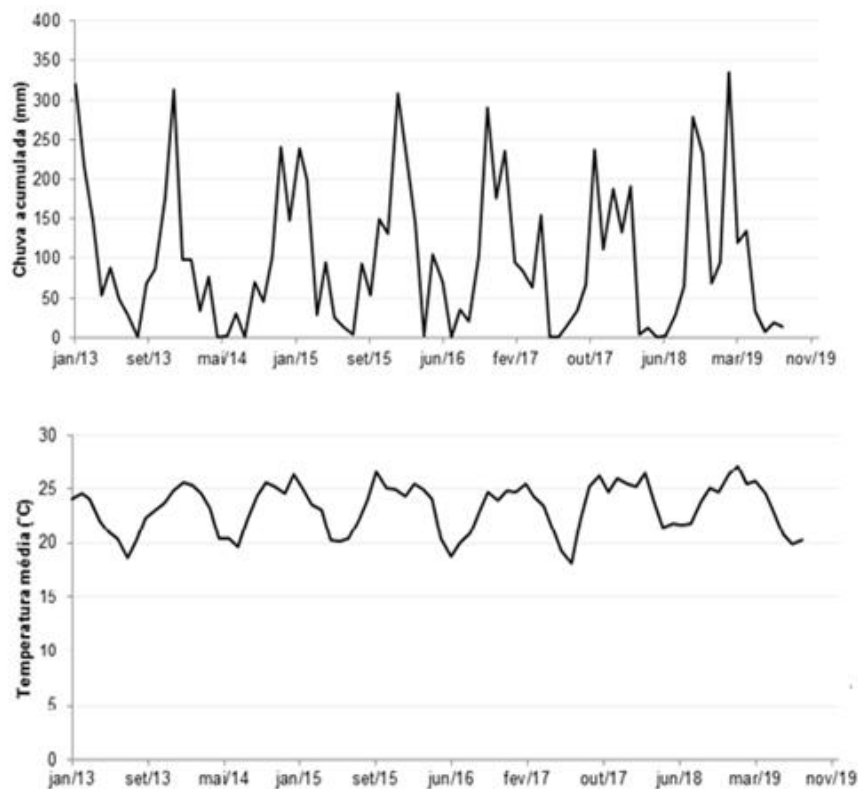
**Tabela 2:** Relação entre os índices de Breteau, índice de infestação predial e índice dos tipos de recipientes e o coeficiente de incidência de dengue, zika e chikungunya no período de 2013 a 2019 no município de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, SP, Brasil, 2021

Arboviroses	Índice	Correlação de Spearman	Intervalo de confiança (95%)		Valor p
Dengue 2013 – 2019	IB	-0,15	-0,57	0,35	0,57
	IP	-0,11	-0,55	0,38	0,66
	ITR	0,03	-0,45	0,49	0,91
Zika 2015 – 2018	IB	-0,04	-0,56	0,50	0,89
	IP	0,02	-0,51	0,55	0,93
	ITR	-0,30	-0,71	0,28	0,30
Chikungunya 2015 – 2019	IB	0,41	-0,17	0,77	0,15
	IP	0,37	0,21	0,75	0,20
	ITR	0,23	0,35	0,67	0,44

Fonte: Elaborada pelos autores.

Quanto à precipitação analisada no período, destacam-se os meses de janeiro de 2013 e janeiro de 2016, respectivamente, apresentaram 319 e 300 mm de chuva acumulada, e fevereiro de 2019 com 335,2 mm de chuva. Em relação à temperatura média mensal, destacam-se os meses de outubro de 2015 com 26,6 °C, e janeiro de 2019 com 27,2 °C (Figura 2).

**Figura 2:** Chuva acumulada (mm) e temperatura média mensal no município de Ribeirão Preto-SP no período de 2013 a 2019. Ribeirão Preto, SP, Brasil, 2021.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados mostraram que não há relação entre precipitação e o CI de dengue,  $p=0,05$ ; já em relação à temperatura média mensal os resultados mostraram  $p<0,01$ , ou seja, foi confirmada a relação entre a temperatura e o CI de dengue, sendo possível afirmar que a cada aumento de temperatura (cada um grau) ocorre um aumento de 19,2 casos por 100.000 habitantes. Em relação à zika, os resultados não encontraram correlação entre chuva e o CI de zika  $p=0,50$ , bem como também não apresentaram relação entre a temperatura e CI de zika  $p=0,30$ . Ainda, não foram encontradas correlações entre o CI de chikungunya e chuva e temperatura, respectivamente,  $p=0,59$  e  $p=0,74$  (Tabela 3).

**Tabela 3:** Relação da chuva e temperatura com o coeficiente de incidência de dengue, zika e chikungunya no período de 2013 a 2019 no município de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, SP, 2021.

Arboviroses	Índice*	Estimativa*	Intervalo de confiança (95%)		Valor -p
Dengue	Chuva (mm)	0,52	0,011	1,05	0,05
2013 - 2019	Temperatura média	19,20	9,95	28,44	<0,01
Zika	Chuva (mm)	0,01	-0,01	0,03	0,50
2015 - 2018	Temperatura média	0,40	-0,35	1,15	0,30
Chikungunya	Chuva (mm)	-0,0003	-0,001	0,001	0,59
2015 - 2019	Temperatura média	-0,01	-0,06	0,04	0,74

\*Mensal. Fonte: Elaborada pelos autores.

#### 4. Discussão

Em relação à correlação entre o CI de dengue, zika e chikungunya e o IB, IP e ITR, não foi encontrada relação estatística. O controle desses índices se mostra ainda mais importante quando relacionado à presença de outras arboviroses, visto que além da alta incidência de dengue, ocorreu a introdução de zika e chikungunya.

Os valores dos índices supracitados contribuem para o processo de tomada de decisão dos gestores, especialmente no que se refere à adoção de medidas de controle vetorial, a fim de prevenir grandes epidemias. A detecção precoce e a investigação de surtos de doença febril, em área infestada pelo *Ae. aegypti*, seguida de medidas de controle localizadas, consistem em uma das formas mais eficazes de prevenir epidemias (Oliveira, et al., 2016).

No presente estudo, infere-se que uma das possíveis causas de não ocorrer relação entre a incidência das arboviroses e os IB, IP e ITR, deve-se ao fato de que essas medidas se tornaram insuficientes, influenciadas pelo crescimento urbano acelerado e desordenado, além da necessidade de uma maior frequência das atividades de controle. Nesse contexto, ressalta-se a necessidade de um número adequado de profissionais para atender a demanda do território; o subfinanciamento na área da saúde, favorece a priorização de determinados problemas, e muitas vezes o controle das arboviroses torna-se negligenciado, chamando a atenção somente em momentos de surtos e epidemia.

Em São José do Rio Preto-SP, uma pesquisa encontrou uma fraca correlação entre o IB e a ocorrência de dengue. Essa situação pode estar relacionada à circulação das pessoas, visto que, considera-se o endereço de uma pessoa infectada por dengue como o local de infecção e não outros locais frequentados. Também, destacam-se os níveis variados de imunidade para os sorotipos circulantes na população, o município apresentava histórico de circulação do Dengue Vírus (DENV) 1 e 2 e a introdução do sorotipo DENV 3, que resultou em uma epidemia. Por fim, a baixa cobertura de atividades de controle, visto que as ações de controle são um fator importante na diminuição da incidência desses arbovírus (Neto, et al., 2020).

Em um outro contexto, no Vietnã, um estudo mostrou que esses índices não são um indicador confiável do risco de dengue, pois o IB estava baixo, não concordando com o CI de dengue. Por isso é necessário utilizar esses índices

entomológicos com cautela, atentando para a interpretação, pois podem não refletir o risco de transmissão do vírus (Pham Thi, et al., 2017).

Por outro lado, em Campina Grande - PB e Santa Cruz - RN, os índices larvais apresentaram relação com a incidência de epidemias de dengue e demais arbovírus. Os resultados do Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* - LIRAA e IB realizados nos municípios apontaram resultados muito alto, indicando risco de surtos e epidemias (Oliveira, et al., 2016; Cavalcante, et al., 2020).

Uma revisão sistemática avaliou a relação entre os índices de vetores e a ocorrência de dengue e mostrou que entre 13 estudos, quatro mostraram uma associação positiva, quatro não mostraram associação prevista e cinco estudos foram inconclusivos. Os autores concluíram que há pouca evidência de associações quantificáveis entre os índices do vetor e a transmissão da dengue que pudessem ser usadas de forma confiável, para a previsão de surtos é necessário um conhecimento mais robusto da ecologia dos vetores (Bowman, et al., 2014).

Nas últimas décadas, a temperatura tem sido afirmada como um importante fator de transmissão das arboviroses. A temperatura tem influenciado significativamente nas características de vida dos vetores, tanto nos estágios imaturos quanto nos adultos, e para comportamentos importantes como alimentação de sangue e acasalamento (Ciota, et al., 2019). A temperatura favorável ao ciclo de vida do *Ae. aegypti* encontra-se entre 22°C e 32°C, e para a longevidade e fecundidade dos adultos entre 22°C e 28°C (Beserra, et al., 2009).

Estudos encontraram diferentes taxas de sucesso de incubação sob várias temperaturas, variando entre 20°C e 28°C (Fanesi et al., 2009; Delatte et al., 2009). Assim, pode-se inferir que o município de Ribeirão Preto apresenta temperatura favorável para o desenvolvimento e ciclo de vida do vetor.

A temperatura teve os maiores impactos em grandes surtos de dengue, aumentando também a sua magnitude. Assim sendo, com o atual contexto do aquecimento global, seria favorável refletir sobre a influência da temperatura no contexto das arboviroses para os formuladores de políticas públicas, com vistas ao desenvolvimento de estratégias de controle por meio de um sistema eficaz de previsão de surtos com base em dados de temperatura, a fim de aprofundar nossa compreensão dos impactos das mudanças climáticas (Cheng, et al., 2020).

Em Santa Catarina e Piauí, estudos apresentaram maior incidência de dengue no primeiro semestre de cada ano, refletindo as condições climáticas ideais como temperatura elevada e maior precipitação pluviométrica. As condições climáticas devem ser consideradas no planejamento das ações de controle vetorial e prevenção à dengue (Andrioli, et al., 2020; Valladares, et al., 2019).

Todavia, no Ceará, os anos com menores índices pluviométricos obtiveram os maiores números de casos de dengue, zika e chikungunya, tendo como justificativa, a situação sanitária da cidade. Ressalta-se que somente o clima não é capaz de interferir significativamente na incidência dessas doenças, uma vez que estão interrelacionadas com questões sociais, educativas e de gestão pública como coleta regular e descarte adequado do lixo (Silva, et al., 2020).

A falta de saneamento básico pode causar doenças veiculadas pela água e favorecer a reprodução de vetores, como o *Ae. aegypti*, sendo assim conhecer e aprofundar-se em saúde ambiental, em seus fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde proporciona embasamento para a promoção de qualidade de vida das pessoas e permite propor medidas que evitem doenças relacionadas a urbanização (Almeida, et al., 2020).

Pesquisas publicadas no Brasil, como em outros países, vêm consolidando a relação entre o acesso aos serviços de saneamento e a ocorrência de arboviroses. A deficiência na oferta de serviços de saneamento tem, em algum grau e diferentes contextos, relação com a incidência dessas doenças e estes têm sido negligenciados nas estratégias de controle das doenças. Ressalta-se que as variáveis sanitárias, sozinhas, não explicam a diversidade das doenças, pois seus determinantes são



múltiplos em aspectos e fatores variados, entretanto, são elementos fundamentais para compreender a ocorrência das arboviroses (Queiroz, et al., 2020).

Outro fator considerável na ocorrência das arboviroses são as mudanças climáticas que têm produzido impactos sobre os ecossistemas, na saúde humana e na organização socioeconômica. O aumento de temperatura já observado (desde 1850) de 1°C em média em todo o planeta, e de 1,5°C no Brasil, está acarretando efeitos ambientais, desde temporais a seca intensa. Assim, o Brasil precisa se preparar para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e para a adaptação, uma vez que os impactos serão sentidos em todos os setores, seja ambiental, de saúde e/ou econômico (Artaxo, 2014).

Estudo mostrou os efeitos da temperatura e sua interação na disseminação do ZIKV, sendo a eficiência de disseminação do vírus maximizada em temperaturas de 28°C a 34°C e minimizada em temperaturas mais frias (16°C a 20°C) e mais altas (38°C). A temperatura é um forte impulsionador da transmissão de doenças transmitidas por vetores, e caracterizar a faixa térmica ótima para transmissão é essencial para prever com precisão como a emergência e transmissão de arbovírus serão afetadas pela sazonalidade, geografia e clima (Tesla, et al., 2018).

Atualmente, a vigilância em saúde é um elemento-chave no controle de arboviroses, mas sem integração com outros setores não consegue minimizar o problema. Assim, torna-se necessário que gestores públicos, universidades e iniciativa privada fortaleçam os programas de controle e aprimorem as pesquisas de controle de doenças transmitidas por vetores em ambientes urbano (Fournet, et al., 2018).

Nessa perspectiva, estratégias de controle vetorial que englobam informações entomológicas, epidemiológicas e características socioambientais particulares de cada território são importantes para o manejo integrado das arboviroses urbanas (Fournet, et al., 2018; Carvalho, et al., 2017). A maioria das medidas de controle vetorial tem demonstrado um certo grau de efetividade, como o levantamento de índices entomológicos, visitas domiciliares para cobertura de recipientes de desenvolvimento larval produtivos e o uso de larvicida. Essas estratégias possuem efetividade se sua operacionalização for padronizada, realizada de forma intensiva, com ampla cobertura territorial e sustentada no tempo

As arboviroses representam um desafio para a saúde pública no Brasil e no mundo e sua magnitude demonstra a importância da vigilância epidemiológica contínua dos vetores, como também o planejamento e execução de políticas de saneamento básico, descarte adequado de resíduos e melhor infraestrutura urbana, além de desenvolvimento de novos indicadores de infestação vetorial que representem melhor o monitoramento e o controle dos vetores. A agregação de políticas públicas de prevenção; o controle de vetores com a participação da comunidade na mudança de comportamento e no controle de criadouros; a capacitação de recursos humanos para melhorar a detecção rápida; e a resposta aos eventos de saúde podem ser a chave para o controle e a diminuição de casos de arboviroses no Brasil e no mundo (Santos, et al., 2022).

As limitações do estudo incluem a baixa frequência de análise do IB, IP e ITR realizados anualmente pela VSA, não sendo possível, analisar esses indicadores mensalmente; entretanto, essa limitação pode ser minimizada pelo modelo estatístico desenvolvido. Ademais, há possibilidade de subnotificação dos casos das arboviroses estudadas.

Nesse contexto, torna-se essencial o fortalecimento do sistema de vigilância para avaliar a propagação dessas arboviroses, por meio de uma vigilância ativa com base no desenvolvimento de atividades realizadas com e para a comunidade, além da alocação de recursos suficientes para resposta a surtos e epidemias.

## 5. Conclusão

O estudo não encontrou correlação entre os IB, IP e ITR e a incidência de dengue, zika e chikungunya. Quanto à relação entre temperatura e precipitação, o estudo encontrou uma relação positiva entre temperatura e a incidência de dengue, visto que o município apresenta temperaturas ideais para desenvolvimento do vetor.

Diante do exposto, os resultados deste estudo evidenciam a importância do meio ambiente equilibrado para a saúde humana e a busca de ações que contribuam para a redução do impacto ambiental.

Os resultados deste estudo podem subsidiar o processo de elaboração de estratégias de controle do *Ae. aegypti* a partir do conhecimento dos fatores que influenciam na sua proliferação e estratégias educativas sobre saúde ambiental, na busca pelo conhecimento da realidade atual enfrentada pelos municípios para que possam interferir de maneira eficaz, permitindo a proteção e a promoção de saúde de forma integral a população, além de capacitar a sociedade a realizar ações sustentáveis para o meio ambiente.

## Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## Referências

- Ahmad, R., Suzilah, I., Wan Najdah, W. M. A., Topek, O., Mustafakamal, I., & Lee, H. L. (2018). Factors determining dengue outbreak in Malaysia. *PLoS One*, 13(2), e0193326. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29474401/>.
- Almeida, L. S., Cota, A. L. S., & Rodrigues, D. F. (2020). Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25, 3857-3868. <https://www.scielo.br/j/csc/a/SYkNjBXG7JMCJxCjshr7sLB/?format=pdf&lang=pt>.
- Andrioli, D. C., Busato, M. A., & Lutinski, J. A. (2020). Características da epidemia de dengue em Pinhalzinho, Santa Catarina, 2015-2016. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 29, e2020057. <http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v29n4/2237-9622-ess-29-04-e2020057.pdf>.
- Artaxo P. (2014). Dossiê clima. Mudanças climáticas e o Brasil. *Revista USP*, 103, 8-12. <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/99191/97658>.
- Astuti, E. P., Dhewantara, P. W., Prasetyowati, H., Ipa, M., Herawati, C., & Hendrayana, K. (2019). Paediatric dengue infection in Cirebon, Indonesia: a temporal and spatial analysis of notified dengue incidence to inform surveillance. *Parasites & vectors*, 12(1), 1-12. <https://europepmc.org/article/MED/31036062>.
- Barbosa, I. R., Tavares, A. D. M., Torres, Ú. P. D. S., Nascimento, C. A. D., Moura, M. C. B. D. M., Vieira, V. B., ... & Gama, R. A. (2017). Identificação de áreas prioritárias para a vigilância e controle de dengue e outras arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti* no município de Natal-RN: relato de experiência. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 26, 629-638. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/ress/2017.v26n3/629-638/pt>. Acesso em: 28 set 2020.
- Beserra, E. B., Fernandes, C. R., Silva, S. A. D. O., Silva, L. A. D., & Santos, J. W. D. (2009). Efeitos da temperatura no ciclo de vida, exigências térmicas e estimativas do número de gerações anuais de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Iheringia. Série Zoologia*, 99, 142-148. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212009000200004>. Acesso em: 07 jan 2021.
- Bowman, L. R., Runge-Ranzinger, S., & McCall, P. J. (2014). Assessing the relationship between vector indices and dengue transmission: a systematic review of the evidence. *PLoS neglected tropical diseases*, 8(5), e2848. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002848>.
- Brasil, & Ministério da Saúde. (2013). Levantamento rápido de índices para *Aedes aegypti*-LIRAA para vigilância entomológica do *Aedes aegypti* no Brasil: metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial e tipo de recipientes. [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_liraa\\_2013.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_liraa_2013.pdf).
- Campos, J. M., de Oliveira, D. M., Eliene, J. D. A., & Neto, A. C. (2018). Arboviroses de importância epidemiológica no Brasil. *Revista de Ciências da Saúde Básica e Aplicada*, 1. <https://repositorio.observatoriodocuidado.org/handle/handle/1486>.
- Carvalho, M. S., Honorio, N. A., Garcia, L. M. T., & Carvalho, L. C. D. S. (2017). *Aedes aegypti* control in urban areas: A systemic approach to a complex dynamic. *PLoS neglected tropical diseases*, 11(7), e0005632. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5531422/>.
- 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), 1-13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7164210/>.
- Cheng, J., Bambrick, H., Yakob, L., Devine, G., Frentiu, F. D., Toan, D. T. T., ... & Hu, W. (2020). Heatwaves and dengue outbreaks in Hanoi, Vietnam: New evidence on early warning. *PLoS neglected tropical diseases*, 14(1), e0007997. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6994101/>.
- Ciota, A. T., & Keyel, A. C. (2019). The role of temperature in transmission of zoonotic arboviruses. *Viruses*, 11(11), 1013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31683823/>.
- Delatte, H., Gimonneau, G., Triboire, A., & Fontenille, D. (2009). Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity, and gonotrophic cycles of *Aedes albopictus*, vector of chikungunya and dengue in the Indian Ocean. *Journal of medical entomology*, 46(1), 33-41. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19198515/>.
- Farnesi, L. C., Martins, A. J., Valle, D., & Rezende, G. L. (2009). Embryonic development of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): influence of different constant temperatures. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104, 124-126. <https://www.scielo.br/j/mioc/a/6QjKLLKZYL5Yr8KFfwGGqSPc/?format=pdf&lang=en>.

- Ferreira, A. C., Chiaravalloti Neto, F., & Mondini, A. (2018). Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por *Aedes aegypti*. *Revista de Saúde Pública*, 52. <https://www.scielo.org/article/rsp/2018.v52/18/pt/>.
- Fournet, F., Jourdain, F., Bonnet, E., Degroote, S., & Ridde, V. (2018). Effective surveillance systems for vector-borne diseases in urban settings and translation of the data into action: a scoping review. *Infectious diseases of poverty*, 7(1), 1-14. <https://rdcu.be/cIsip>.
- Fronteira I. (2013). Estudos Observacionais na Era da Medicina Baseada na Evidência: Breve Revisão Sobre a Sua Relevância, Taxonomia e Desenhos. *Acta Medica Portuguesa*, 26(2). <https://www.actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/view/3975/3223>.
- Gomes, A. F. (2011). Análise espacial e temporal da relação entre dengue e variáveis meteorológicas na cidade do Rio de Janeiro no período de 2001 a 2009 (Doctoral dissertation). <https://search.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-591655>.
- Kudom, A. A. (2020). Entomological surveillance to assess potential outbreak of Aedes-borne arboviruses and insecticide resistance status of *Aedes aegypti* from Cape Coast, Ghana. *Acta tropica*, 202, 105257. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105257>.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). *Generalized linear models*. Routledge. McCullagh P, Nelder JA. Chapman and Hall, London. (2 ed.).
- Meira, M. C. R. (2019). Distribuição espacial e evolução temporal da incidência da dengue e sua correlação com variáveis entomológicas e climáticas em um município brasileiro de tríplice fronteira (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde-23072019-104601/es.php>.
- Neto, F. C., Barbosa, G. L., Mota, T. S., Galli, B., & de Arruda Silveira, L. V. (2020). Ocorrência de dengue e sua relação com medidas de controle e níveis de infestação de *Aedes aegypti* em uma cidade do sudeste brasileiro. *BEPA. Boletim Epidemiológico Paulista*, 17(195), 3-19. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1087551>
- Oliveira, F. L. B., Millions, R. M., de Almeida Junior, J. J., & de Oliveira, F. L. B. (2016). Índices de infestação predial do *Aedes Aegypti* por ciclo em Santa Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil—2007 a 2013. *Revista Eletrônica Gestão e Saúde*, (1), 260-269. <https://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/3417/3103>.
- Oliveira, R. D. M. A. B., Araújo, F. M. D. C., & Cavalcanti, L. P. D. G. (2018). Aspectos entomológicos e epidemiológicos das epidemias de dengue em Fortaleza, Ceará, 2001-2012. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 27. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742018000100014>.
- Patterson, J., Sammon, M., & Garg, M. (2016). Dengue, Zika and chikungunya: emerging arboviruses in the New World. *Western Journal of Emergency Medicine*, 17(6), 671. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27833670/>.
- Pham Thi, K. L., Briant, L., Gavotte, L., Labbe, P., Perriat-Sanguinet, M., Cornillot, E., ... & Frutos, R. (2017). Incidence of dengue and chikungunya viruses in mosquitoes and human patients in border provinces of Vietnam. *Parasites & vectors*, 10(1), 1-10. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5680899/>.
- Queiroz, J. T. M. D., Silva, P. N., & Heller, L. (2020). Novos pressupostos para o saneamento no controle de arboviroses no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 36, e00223719. <https://www.scielo.org/pdf/csp/2020.v36n5/e00223719/pt..>
- Robert, M. A., Stewart-Ibarra, A. M., & Estallo, E. L. (2020). Climate change and viral emergence: evidence from Aedes-borne arboviruses. *Current opinion in virology*, 40, 41-47. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1879625720300225?via%3Dihub>.
- Santos, J. P. C. D., Albuquerque, H. G., Siqueira, A. S. P., Praça, H. L. F., Pereira, L. V., Tavares, A. D. M., ... & Honório, N. A. (2022). ARBOALVO: estratificação territorial para definição de áreas de pronta resposta para vigilância e controle de arboviroses urbanas em tempo oportuno. *Cadernos de Saúde Pública*, 38. <https://www.scielo.br/j/csp/a/PRHckVMX5h3JSkKQvB8Ggg/?format=pdf>.
- Silva, N. D. S., Alves, J. M. B., Silva, E. M. D., & Lima, R. R. (2020). Avaliação da Relação Entre a Climatologia, as Condições Sanitárias (Lixo) e a Ocorrência de Arboviroses (Dengue e Chikungunya) em Quixadá-CE no Período Entre 2016 e 2019. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35, 485-492. <https://old.scielo.br/pdf/rbmet/v35n3/0102-7786-rbmet-35-0014.pdf>.
- Tesla, B., Demakovsky, L. R., Mordecai, E. A., Ryan, S. J., Bonds, M. H., Ngonghala, C. N., ... & Murdock, C. C. (2018). Temperature drives Zika virus transmission: evidence from empirical and mathematical models. *Proceedings of the Royal Society B*, 285(1884), 20180795. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0795>.
- Valladares, G. S., Hassum, I. C., Albuquerque, E. L. S., & dos Santos, A. C. (2019). Influência de variáveis ambientais na ocorrência da dengue utilizando geoprocessamento em Teresina, Piauí. *Hygeia*, 15(34), 102-114. <https://doi.org/10.14393/Hygeia153447771>.
- Vargas, W. P. (2012). Vigilância entomológica de base territorial em sistema local de saúde: indicadores das condições de transmissão de dengue no município de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro no período 2007 e 2008. <https://app.uff.br/riuff/handle/1/9220>.