



III MCSM

Modelagem Computacional no
Sertão Mineiro



PPGMCS
Programa de Pós-Graduação em
Modelagem Computacional e Sistemas

ANÁLISE DO ÍNDICE DE INFESTAÇÃO PREDIAL (IIP) DE *Aedes aegypti* NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS: UMA SÉRIE HISTÓRICA DE 2015 A 2025

Rafaela Ramos Farias¹ - rrf11@aluno.ifnmg.edu.br

Hélder Seixas Lima¹ - helder.seixas@ifnmg.edu.br

¹Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, IFNMG - Januária, MG, Brasil

Resumo. O Levantamento Rápido de Índices para o *Aedes aegypti* (LIRAA) é o principal instrumento utilizado no Brasil para monitorar a infestação do vetor da dengue, zika e chikungunya. Este trabalho apresenta a construção e a análise exploratória de uma série histórica do LIRAA contendo 140.637 registros de municípios brasileiros no período de 2015 a 2025, obtidos junto ao Ministério da Saúde por meio da Lei de Acesso à Informação. A base de dados foi submetida a procedimentos de limpeza, padronização e validação para correção de inconsistências. Dos 140.637 registros consolidados, 129.567 foram classificados como válidos e utilizados nas análises. Os resultados revelaram marcante heterogeneidade espacial, com maiores níveis de infestação na Região Nordeste, além de um padrão sazonal consistente, caracterizado por maiores valores de Índice de Infestação Predial (IIP) de *Aedes aegypti* no primeiro ciclo anual e redução progressiva até o terceiro ciclo. Também foram observadas correlações positivas entre ciclos consecutivos, indicando persistência temporal da infestação nos municípios. Os resultados fornecem uma base sólida para o desenvolvimento de modelos preditivos do IIP baseados em aprendizado de máquina, integrando informações entomológicas, climáticas e epidemiológicas.

Keywords: LIRAA, *Aedes aegypti*, Índice de Infestação Predial, análise exploratória de dados

1. INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti* é o principal vetor urbano de arboviroses, como dengue, zika e chikungunya, representando um importante desafio para a saúde pública. No Brasil, a dengue apresenta um comportamento endêmico, fortemente associado às condições climáticas favoráveis à sua proliferação (Teixeira et al., 2009). O aumento da densidade populacional do mosquito aumenta significativamente a probabilidade de surtos dessa doença (World Health Organization, 2009).

O Ministério da Saúde monitora a infestação desse vetor por meio do Levantamento Rápido de Índices para o *Aedes aegypti* (LIRAA). Seu principal produto é o Índice de Infestação Predial

(IIP), calculado pela razão entre imóveis positivos para larvas ou pupas e imóveis inspecionados, multiplicado por 100. O IIP classifica os municípios em três faixas: satisfatório ($IIP < 1\%$), alerta ($1\% \leq IIP < 4\%$) e risco ($IIP \geq 4\%$) (Brasil, 2013).

Apesar de importante, o LIRAA tem periodicidade trimestral, limitando a resposta a rápidas mudanças epidemiológicas. Assim, a modelagem preditiva do IIP a partir de dados históricos, climáticos e epidemiológicos surge como abordagem promissora para antecipar riscos (Dom et al., 2025; Silva et al., 2025).

Este artigo apresenta resultados parciais de um projeto do IFNMG — Campus Januária, que visa desenvolver modelos preditivos do IIP integrando dados climáticos, epidemiológicos e entomológicos. Especificamente, descreve a construção e análise exploratória de uma série histórica do LIRAA (2015–2025), caracterizando o comportamento temporal e espacial do IIP, padrões sazonais e a persistência temporal do índice entre ciclos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Base de dados

Os dados do LIRAA foram obtidos via Lei de Acesso à Informação (LAI) junto ao Ministério da Saúde, que forneceu um arquivo Excel com 32 planilhas (1 de metadados, 31 de dados), cobrindo todos os municípios participantes entre 2015 e 2025. Cada registro corresponde a um par município-ciclo, incluindo IIP, Índice de Breteau (IB) para *A. aegypti* e *A. albopictus*, classificação dos estratos por risco e percentual de criadouros por tipo de depósito.

Entre 2015 e 2017, o LIRAA teve levantamento anual único; a partir de 2018 passou a quatro ciclos por ano, exceto em 2020, quando a pandemia de COVID-19 reduziu a execução a um único ciclo.

2.2 Pré-processamento

O pré-processamento foi conduzido em Python 3 (pandas, NumPy): consolidação das 31 planilhas em um único dataframe, padronização das colunas e tratamento de dados ausentes, ruídos e valores inválidos.

Os registros foram classificados em cinco categorias de qualidade dos dados: *OK* (129.567; 92,1%), *Vazio* (5.951; 4,2%), *Não informado* (5.105; 3,6%), *Valor impossível* (12; menos de 0,1%) e *Erro de digitação* (2; menos de 0,1%). Apenas os registros classificados como *OK* foram considerados nas análises.

2.3 Análise exploratória

A análise exploratória incluiu estatísticas descritivas do IIP (média, mediana, desvio padrão, quartis), histogramas, boxplots, cobertura municipal da série, distribuição espacial por estado/região, evolução temporal nacional/regional, sazonalidade entre ciclos e correlação de Pearson entre pares de ciclos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da base de dados

As análises apresentadas a seguir consideram os 129.567 registros classificados como válidos (Seção 2.2). A Figura 1 mostra que, até 2016, apenas uma parcela dos municípios realizava o LIRAa. A partir de 2017, a cobertura se expandiu para quase todos os municípios do país (5.570 com registro anual), com exceção de 2020, quando a pandemia de COVID-19 reduziu o levantamento a 3.407 registros, concentrados em um único ciclo.

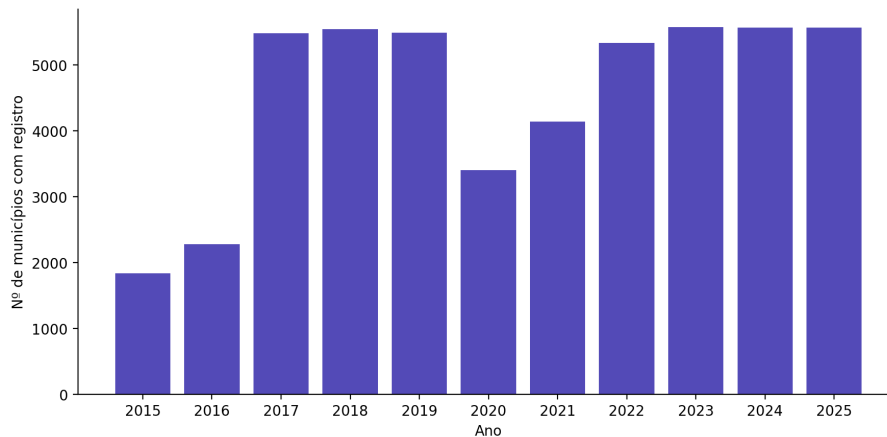


Figura 1: Número de municípios que realizaram o Levantamento Rápido de Índices para o *Aedes aegypti* (LIRAa) por ano (2015–2025).

Os registros de IIP apresentaram média de 1,69%, mediana de 0,90% e desvio padrão de 2,60% (Figura 2). A diferença entre a média e a mediana, associada ao elevado desvio padrão, indica uma distribuição assimétrica à direita, caracterizada pela predominância de valores baixos e pela ocorrência de um número reduzido de registros com índices elevados, que influenciam o aumento da média. Quanto à classificação epidemiológica oficial, 51,1% dos registros enquadraram-se na faixa satisfatória, 37,4% na faixa de alerta e 11,4% na faixa de risco.

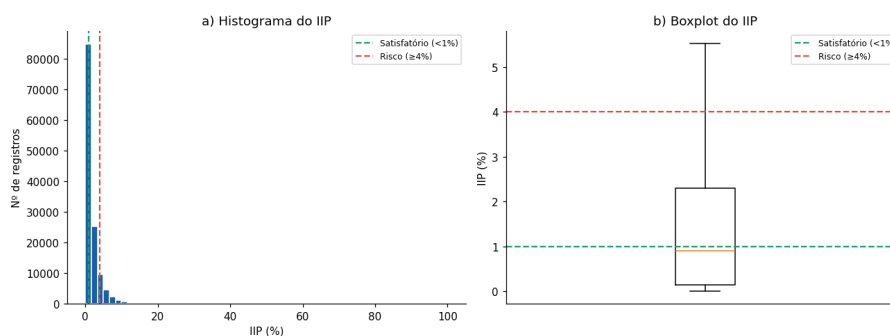


Figura 2: Distribuição do Índice de Infestação Predial (IIP) de *Aedes aegypti* nos municípios (2015-2025): (a) histograma e (b) boxplot. As linhas tracejadas representam os limiares da classificação oficial. No boxplot, os *outliers* foram omitidos.

3.2 Distribuição espacial do IIP

A Figura 3 evidencia uma expressiva heterogeneidade espacial na distribuição histórica do IIP entre os estados brasileiros. Observa-se que os estados com maiores níveis de infestação apresentam medianas próximas ao limiar da faixa de risco, enquanto a maior parte dos estados registra medianas inferiores ao limiar da faixa satisfatória.

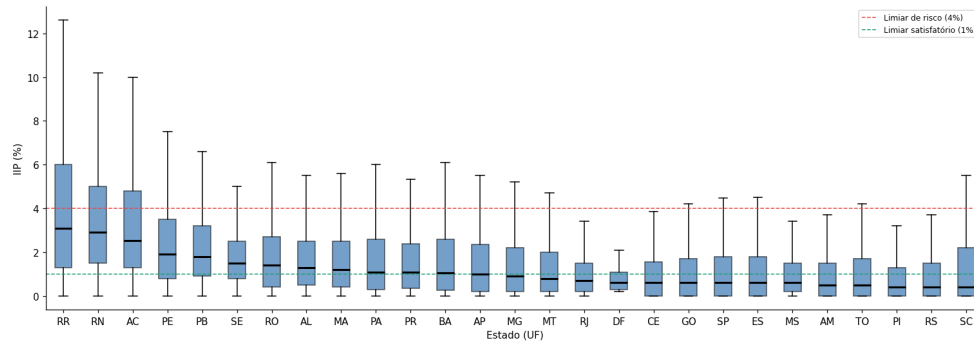


Figura 3: Boxplots da distribuição do Índice de Infestação Predial (IIP) de *Aedes aegypti* dos municípios agrupados por estado, ordenados de acordo com a mediana dos valores observados no período de 2015 a 2025. As linhas tracejadas indicam os limiares da classificação oficial do IIP. Os outliers foram omitidos.

A análise por região geográfica reforça esse padrão de heterogeneidade. O Nordeste apresentou a maior mediana de IIP (1,30%), sendo a única região acima do limiar da faixa satisfatória. As demais regiões registraram medianas inferiores a 1%: Norte (0,90%), Sudeste (0,80%), Sul (0,75%) e Centro-Oeste (0,70%). Esses resultados evidenciam diferenças espaciais persistentes na intensidade da infestação por *Aedes aegypti* entre as regiões brasileiras.

3.3 Evolução temporal e sazonalidade

A série temporal da mediana do IIP por região (Figura 4) mostra que o Nordeste apresentou, de forma consistente, os maiores níveis de infestação ao longo do período analisado. A exceção foi 2020, quando todas as regiões registraram aumento da mediana, resultado que deve ser interpretado com cautela devido à reduzida cobertura do LIRAA durante a pandemia de COVID-19, o que pode ter elevado artificialmente os indicadores. A partir de 2022, observa-se uma convergência gradual entre as medianas regionais.

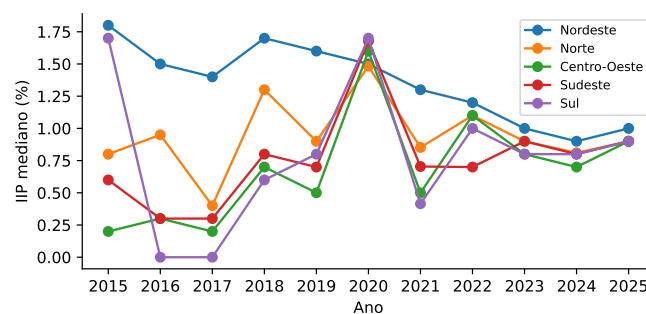


Figura 4: Evolução temporal da mediana do IIP dos municípios agrupados por região e ano (2015-2025).

A análise da sazonalidade dos ciclos anuais do LIRAA revelou um padrão consistente (Figura 5). O Ciclo 1 apresentou os maiores níveis de infestação (média de 2,48% e mediana de 1,70%), enquanto o Ciclo 3 registrou os menores valores (média de 1,12% e mediana de 0,50%). No Ciclo 4 observou-se uma discreta elevação do IIP. Esse comportamento repetiu-se em todos os anos com quatro ciclos completos disponíveis (2018–2024, exceto 2020). Para 2025, estão disponíveis apenas três ciclos no período de coleta dos dados. Esses resultados indicam a importância de incorporar componentes sazonais em modelos preditivos da infestação por *Aedes aegypti*.

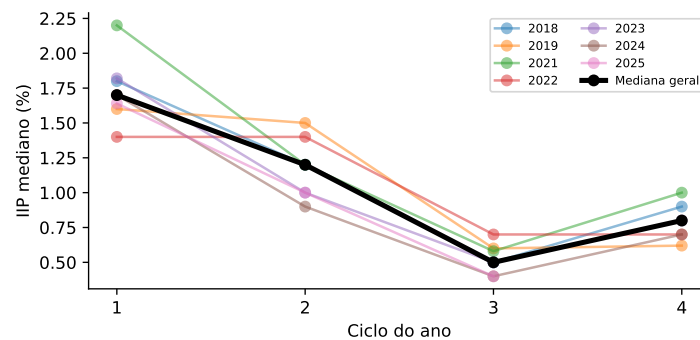


Figura 5: Mediana do IIP de *Aedes aegypti* por ciclo anual do LIRAA (2018-2025).

3.4 Persistência temporal do IIP

A Figura 6 mostra que municípios com IIP elevado em um ciclo tendem a manter valores elevados nos ciclos seguintes. As maiores correlações ocorreram entre ciclos consecutivos, como 2021-C2 e 2021-C3 ($r = 0,725$) e 2018-C1 e 2018-C2 ($r = 0,663$). Também foram observadas correlações moderadas entre o mesmo ciclo de anos consecutivos, como 2018-C1 e 2019-C1 ($r = 0,623$), indicando persistência temporal da infestação. Em contrapartida, ciclos mais distantes apresentaram correlações fracas, sugerindo mudanças no perfil de infestação ao longo do tempo.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi construída e analisada uma série histórica do LIRAA com 140.637 registros consolidados de municípios brasileiros entre 2015 e 2025, obtida junto ao Ministério da Saúde via Lei de Acesso à Informação. Dos 140.637 registros, 129.567 foram classificados como válidos e utilizados nas análises. A base passou por um processo extenso de limpeza e organização, com correção de inconsistências nos dados originais. A análise exploratória revelou padrões regionais, temporais e sazonais. Além disso, observa-se que municípios com IIP alto tendem a continuar com IIP alto nos ciclos seguintes, o que indica que o histórico do índice pode ser usado como variável preditora nos modelos a serem desenvolvidos.

Como trabalhos futuros, pretende-se integrar essa base com dados climáticos e epidemiológicos do InfoDengue e desenvolver modelos preditivos do IIP baseados em aprendizado de máquina.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG (grant n OET-00243-26) pelo apoio e pela bolsa de iniciação científica, e ao IFNMG, CNPq e ao Laboratório {ciðic} pelo suporte prestado.

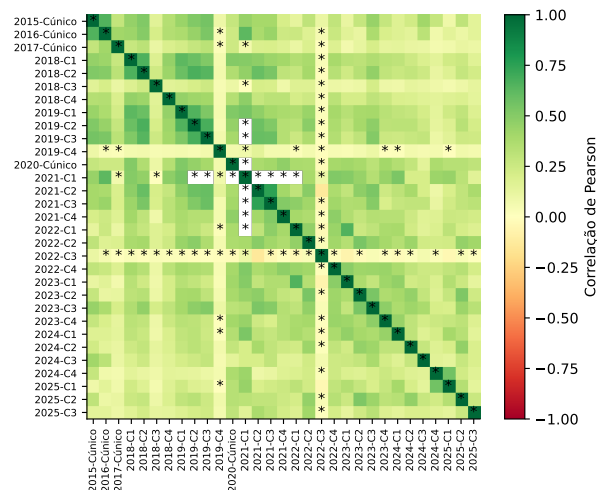


Figura 6: Heatmap dos coeficientes de correlação de Pearson do IIP entre os pares de ciclos de levantamento dos municípios (2015–2025). As células em branco indicam correlações não estimadas por insuficiência de dados, e o símbolo * indica ausência de significância estatística (p-valor > 0,05).

Referências

- Brasil (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. Technical report, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis, Brasília. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/manual_liraa_2013.pdf. Acesso em: 20 jul. 2026.
- Dom, N. C. et al. (2025). Fine-scale predictive modeling of aedes mosquito abundance and dengue risk indicators using machine learning algorithms with microclimatic variables. *Scientific Reports*, 15.
- Silva, S. T. d., Gabrick, E. C., Protachevicz, P. R., Iarosz, K. C., Caldas, I. L., Batista, A. M., and Kurths, J. (2025). When climate variables improve the dengue forecasting: a machine learning approach. *The European Physical Journal Special Topics*, 234:555–569.
- Teixeira, M. G., Costa, M. d. C. N., Barreto, F., and Barreto, M. L. (2009). Dengue: twenty-five years since reemergence in brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 25(Suppl 1):S7–S18.
- World Health Organization (2009). *Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control*. World Health Organization, Geneva.