BOCA
BOLETIM DE CONJUNTURA

# PLATAFORMAS DIGITAIS NO CONTROLE DO *AEDES AEGYPTI*: AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA DA INCIDÊNCIA DE DENGUE EM MUNICÍPIOS USUÁRIOS DA PLATAFORMA DENGUE ZERO NO SUL FLUMINENSE (2023–2026)

# DIGITAL PLATFORMS FOR *AEDES AEGYPTI* CONTROL: AN EXPLORATORY ASSESSMENT OF DENGUE INCIDENCE IN MUNICIPALITIES USING THE DENGUE ZERO PLATFORM IN SOUTHERN RIO DE JANEIRO STATE, BRAZIL (2023–2026)

# PLATAFORMAS DIGITALES EN EL CONTROL DE *AEDES AEGYPTI*: EVALUACIÓN EXPLORATORIA DE LA INCIDENCIA DEL DENGUE EN MUNICIPIOS USUARIOS DE LA PLATAFORMA DENGUE ZERO EN EL SUR DEL ESTADO DE RÍO DE JANEIRO (2023–2026)

https://doi.org/10.56238/bocav25n83-018

**Data de submissão:** 19/09/2026 **Data de publicação:** 19/10/2026

**Carlos José Ruffato Favoreto**
Doutor no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária (PPGCTIA/UFRRJ)
Instituição: Fundação de Apoio à Biodiversidade São Francisco de Assis (FSFA)
Lattes: http://lattes.cnpq.br/7783058768801334

**Georgia Felicio Marinho da Silva**
Doutoranda em Engenharia Ambiental pelo Programa de Doutorado em Engenharia Ambiental (DEAMB)
Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Lattes: http://lattes.cnpq.br/9532752831943625
Orcid: 0000-0002-3361-2068

**Janice Rezende Vieira Peixoto**
Pós-doutorado pela Universidade Federal Fluminense (UFF)
Instituição: Fundação de Apoio à Biodiversidade São Francisco de Assis (FSFA)
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1461417736437019
Orcid: 0009-0000-5900-3810

## RESUMO

A dengue permanece entre os principais problemas de saúde pública no Brasil, e a epidemia de 2024, a maior da série histórica nacional, intensificou a procura por tecnologias capazes de tornar o controle do *Aedes aegypti* mais preciso. Este artigo analisa a evolução da incidência de dengue em municípios do sul fluminense que utilizam a plataforma Dengue Zero, solução que associa imagens obtidas por drones, visão computacional e georreferenciamento para orientar o trabalho dos agentes de combate às endemias, comparando-a com a de municípios vizinhos. Trata-se de estudo ecológico, exploratório e descritivo, baseado em dados secundários do sistema InfoDengue, com casos prováveis entre 2023 e 2026, tendo Angra dos Reis e Barra Mansa como municípios de interesse e Paraty, Volta Redonda e

Resende como comparadores. Foram calculadas taxas de incidência por 100 mil habitantes, razões de taxas e razões entre razões de taxas. Como a plataforma foi implantada em fevereiro de 2025 em Angra dos Reis e em abril de 2025 em Barra Mansa, 2023 e 2024 correspondem ao período anterior à intervenção, 2025 à fase de implantação e 2026 à primeira temporada completa de funcionamento. Em 2025, a onda epidêmica de Angra dos Reis já estava em curso quando a plataforma começou a operar. Em 2026, o município registrou a maior redução entre os municípios analisados (93,8%), queda proporcionalmente superior à dos comparadores, a menor incidência de toda a série e nenhuma semana acima do nível amarelo de alerta, enquanto Barra Mansa acompanhou a redução de seus vizinhos. Esses resultados, embora devam ser interpretados à luz da imunidade adquirida nas ondas anteriores, são compatíveis com uma contribuição da plataforma após sua plena incorporação à rotina. Conclui-se que a plataforma Dengue Zero representa um modelo promissor de inovação no controle vetorial, ao associar drones, inteligência artificial e georreferenciamento para alcançar criadouros que escapam à inspeção convencional e tornar o trabalho de campo mais preciso. Sua expansão para outros bairros, municípios e estados é recomendável e, se acompanhada de séries temporais e de indicadores operacionais, poderá consolidar as evidências de sua contribuição para o controle da dengue.

**Palavras-chave:** Avaliação de Tecnologias em Saúde. Controle de Vetores. Dengue. Estudo Ecológico. Vigilância em Saúde.

**ABSTRACT**

Dengue remains one of the main public health problems in Brazil, and the 2024 epidemic, the largest in the country's recorded history, intensified the search for technologies able to make *Aedes aegypti* control more precise. This article analyzes the evolution of dengue incidence in municipalities of southern Rio de Janeiro State that use the Dengue Zero platform, a tool that combines drone imagery, computer vision and georeferencing to guide the work of vector control agents, and compares it with that of neighboring municipalities. This is an ecological, exploratory and descriptive study based on secondary data from the InfoDengue system, using probable cases from 2023 to 2026, with Angra dos Reis and Barra Mansa as municipalities of interest and Paraty, Volta Redonda and Resende as comparators. Incidence rates per 100,000 inhabitants, rate ratios and ratios of rate ratios were calculated. Because the platform was implemented in February 2025 in Angra dos Reis and in April 2025 in Barra Mansa, 2023 and 2024 correspond to the pre-intervention period, 2025 to the implementation phase and 2026 to the first full season of operation. In 2025, the epidemic wave in Angra dos Reis was already under way when the platform began operating. In 2026, the municipality showed the largest reduction among the municipalities analyzed (93.8%), a proportionally greater decline than that of the comparators, the lowest incidence of the entire series and no week above the yellow alert level, while Barra Mansa followed the reduction of its neighbors. Although these results must be interpreted in light of the immunity acquired in previous waves, they are compatible with a contribution of the platform after its full incorporation into routine practice. The Dengue Zero platform represents a promising model of innovation in vector control, combining drones, artificial intelligence and georeferencing to reach breeding sites missed by conventional inspection and to make fieldwork more precise. Its expansion to other neighborhoods, municipalities and states is advisable and, if accompanied by time series and operational indicators, may consolidate the evidence of its contribution to dengue control.

**Keywords:** Dengue. Ecological Study. Health Surveillance. Health Technology Assessment. Vector Control.

**RESUMEN**

El dengue permanece entre los principales problemas de salud pública en Brasil, y la epidemia de 2024, la mayor de la serie histórica nacional, intensificó la búsqueda de tecnologías capaces de hacer más preciso el control de Aedes aegypti. Este artículo analiza la evolución de la incidencia del dengue en municipios del sur del estado de Río de Janeiro que utilizan la plataforma Dengue Zero, una solución que combina imágenes obtenidas mediante drones, visión computacional y georreferenciación para orientar el trabajo de los agentes de control de enfermedades, comparándola con la de municipios vecinos. Se trata de un estudio ecológico, exploratorio y descriptivo, basado en datos secundarios del sistema InfoDengue, con casos probables entre 2023 y 2026, teniendo a Angra dos Reis y Barra Mansa como municipios de interés y a Paraty, Volta Redonda y Resende como comparadores. Se calcularon tasas de incidencia por 100.000 habitantes, razones de tasas y razones entre razones de tasas. Como la plataforma fue implementada en febrero de 2025 en Angra dos Reis y en abril de 2025 en Barra Mansa, 2023 y 2024 corresponden al período anterior a la intervención, 2025 a la fase de implementación y 2026 a la primera temporada completa de funcionamiento. En 2025, la ola epidémica de Angra dos Reis ya estaba en curso cuando la plataforma comenzó a operar. En 2026, el municipio registró la mayor reducción entre los municipios analizados (93,8%), una disminución proporcionalmente superior a la de los comparadores, la menor incidencia de toda la serie y ninguna semana por encima del nivel amarillo de alerta, mientras que Barra Mansa acompañó la reducción observada en sus vecinos. Estos resultados, aunque deben interpretarse a la luz de la inmunidad adquirida durante las olas anteriores, son compatibles con una contribución de la plataforma después de su plena incorporación a la rutina. Se concluye que la plataforma Dengue Zero representa un modelo prometedor de innovación en el control vectorial, al combinar drones, inteligencia artificial y georreferenciación para alcanzar criaderos que escapan a la inspección convencional y hacer más preciso el trabajo de campo. Su expansión a otros barrios, municipios y estados es recomendable y, si se acompaña de series temporales e indicadores operativos, podrá consolidar las evidencias de su contribución al control del dengue.

**Palabras clave:** Evaluación de Tecnologías Sanitarias. Control de Vectores. Dengue. Estudio Ecológico. Vigilancia en Salud.

## 1 INTRODUÇÃO

A dengue é a arbovirose de maior impacto em escala global. Estimativas baseadas em modelagem cartográfica indicam cerca de 390 milhões de infecções anuais, das quais aproximadamente 96 milhões apresentam manifestação clínica (BHATT et al., 2013), e projeções mais recentes apontam para a ampliação da área de risco em decorrência da urbanização, da mobilidade populacional e das mudanças climáticas (MESSINA et al., 2019). A inexistência de tratamento antiviral específico e a circulação de quatro sorotipos, capazes de produzir reinfecções e quadros graves, mantêm o controle do vetor como eixo das estratégias de prevenção, ainda que a vacinação tenha começado a ocupar espaço crescente (GUZMAN; HARRIS, 2015).

No Brasil, o cenário tornou-se particularmente crítico nos anos recentes. A expansão geográfica da doença para áreas antes pouco afetadas já vinha sendo documentada (CODEÇO et al., 2022), mas 2024 marcou uma ruptura na série histórica. O país encerrou o ano com 6.484.890 casos prováveis, 5.972 óbitos e coeficiente de incidência de 3.193,5 casos por 100 mil habitantes, segundo o Painel de Monitoramento das Arboviroses do Ministério da Saúde (AGÊNCIA BRASIL, 2025). Gurgel-Gonçalves, Oliveira e Croda (2024) caracterizam esse episódio como a maior epidemia de dengue já registrada no país e associam sua magnitude ao aumento das temperaturas, à circulação de diferentes sorotipos e às dificuldades persistentes de eliminação de criadouros. Em 2025, o total de casos caiu para cerca de 1,66 milhão, redução próxima de 75% em relação ao ano anterior (PODER360, 2026), e no estado do Rio de Janeiro a queda observada nas primeiras semanas do ano chegou a 91% (BRASIL, 2025a).

Esse movimento de pico seguido de retração tem implicação metodológica direta para qualquer tentativa de avaliar intervenções implantadas no período. Quando um ano epidêmico excepcional é utilizado como linha de base, o ano seguinte tende a exibir redução expressiva independentemente das ações adotadas localmente, fenômeno descrito na literatura epidemiológica como regressão à média (BARNETT; VAN DER POLS; DOBSON, 2005). A esse efeito somam-se a imunidade adquirida por parcela considerável da população durante a epidemia, a variação climática entre os anos e as ações de resposta mobilizadas pelas três esferas de governo, fatores que atuam simultaneamente sobre todos os municípios de uma mesma região.

Ao mesmo tempo, multiplicaram-se as iniciativas que incorporam tecnologias digitais ao controle vetorial, como o emprego de veículos aéreos não tripulados para localizar criadouros em áreas de difícil acesso, o uso de algoritmos de visão computacional para o reconhecimento automático de

recipientes e a adoção de plataformas georreferenciadas de apoio à gestão (CARRASCO-ESCOBAR et al., 2022; HAHM et al., 2026; KNOBLAUCH et al., 2024; VALDEZ-DELGADO et al., 2021). A plataforma Dengue Zero insere-se nesse grupo. De acordo com informações fornecidas pela equipe responsável, o sistema utiliza drones equipados com recursos de inteligência artificial para identificar potenciais criadouros, organiza as detecções em mapas de risco com interface semelhante à de aplicativos de navegação e prevê a aplicação automatizada de larvicida. O argumento central dessas soluções é que o trabalho de campo se torna mais seletivo, concentrando visitas e tratamentos onde a probabilidade de encontrar focos é maior.

A distância entre esse argumento e a demonstração de efeito sobre a transmissão, porém, é considerável. Revisões sobre o controle vetorial da dengue mostram que a base de evidências acerca do impacto das intervenções na incidência da doença ainda é limitada, em grande parte porque poucos estudos utilizam grupos de comparação e desfechos epidemiológicos adequados (ACHEE et al., 2015; BOWMAN; DONEGAN; MCCALL, 2016). No caso de plataformas adotadas por gestões municipais, a avaliação costuma apoiar-se em comparações simples entre anos consecutivos, sem controle da dinâmica regional, o que fragiliza as decisões sobre sua expansão para outros territórios.

Diante desse quadro, o objetivo deste artigo é analisar a evolução da incidência de dengue entre 2023 e 2026 em municípios do sul fluminense que utilizam a plataforma Dengue Zero, comparando-a com a de municípios vizinhos que, segundo as informações disponíveis, não a adotaram no período, e discutir as condições metodológicas necessárias para que o efeito dessa tecnologia possa ser estimado com maior segurança. Como a implantação ocorreu no início de 2025, o período analisado reúne dois anos anteriores à intervenção, o ano de implantação e a primeira temporada completa de uso da plataforma, o que permite examinar a trajetória dos municípios antes, durante e após sua incorporação à rotina. A relevância do estudo decorre do fato de que a incorporação de tecnologias em saúde pública envolve recursos escassos e precisa apoiar-se em evidências capazes de distinguir o efeito da intervenção das flutuações próprias da epidemiologia da dengue.

Além desta introdução, o texto está organizado em quatro seções. A primeira reúne o referencial teórico sobre o controle vetorial, as tecnologias digitais aplicadas à vigilância entomológica e os métodos de avaliação de intervenções com dados de vigilância. A segunda descreve os procedimentos metodológicos, incluindo o contexto dos municípios, o fluxo de trabalho associado à plataforma e as fontes de dados. A terceira apresenta e discute os resultados, e a quarta reúne as considerações finais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONTROLE DO *AEDES AEGYPTI* E OS LIMITES DO MODELO CONVENCIONAL

O controle da dengue no Brasil foi historicamente estruturado em torno do combate ao vetor. Após as campanhas de erradicação do *Aedes aegypti* conduzidas ao longo do século XX e a reinfestação do território nas décadas seguintes, o país passou a conviver com a presença endêmica do mosquito e com epidemias recorrentes a partir dos anos 1980 (BRAGA; VALLE, 2007). O modelo consolidado nas Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue tem na visita domiciliar periódica sua atividade central, organizada em ciclos bimestrais nos quais os imóveis são inspecionados, os depósitos com potencial de criadouro são eliminados ou tratados e os moradores recebem orientações (BRASIL, 2009).

A vigilância entomológica complementa essa rotina por meio do Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAa), metodologia amostral que estima os índices predial e de Breteau e identifica os tipos de recipientes predominantes em cada estrato do município (BRASIL, 2013). O LIRAa permite comparar áreas e orientar prioridades, mas é realizado poucas vezes ao ano, e seus resultados chegam às equipes com alguma defasagem em relação à dinâmica do vetor, que responde rapidamente às chuvas e à temperatura.

Na prática, esse arranjo enfrenta limitações conhecidas. A cobertura de imóveis depende do número de agentes de combate às endemias (ACE) disponíveis, da proporção de imóveis fechados ou com recusa e do tempo consumido em deslocamentos. Criadouros localizados em lajes, calhas, telhados, terrenos baldios e imóveis abandonados escapam com frequência à inspeção feita a partir do solo. Ao revisar as estratégias de controle do *Aedes aegypti*, Zara et al. (2016) observam que a efetividade das ações depende de sua integração e continuidade, e que nenhum método isolado se mostrou suficiente para interromper a transmissão.

A literatura internacional reforça essa constatação. Achee et al. (2015) argumentam que a escassez de evidências robustas sobre o efeito do controle vetorial na incidência de dengue não decorre necessariamente da ineficácia das intervenções, mas da ausência de estudos com desenho capaz de medi-lo, sobretudo ensaios com grupos de comparação e desfechos clínicos. Na mesma direção, a revisão sistemática com metanálise de Bowman, Donegan e McCall (2016) encontrou poucos estudos que relacionassem as intervenções a desfechos epidemiológicos e grande heterogeneidade entre aqueles que o fizeram. Mais recentemente, um mapa de evidências que reuniu 44 revisões sistemáticas identificou 59 intervenções de prevenção e controle do *Aedes aegypti* associadas a 18 desfechos, o que

ilustra a amplitude do repertório de estratégias disponíveis e a necessidade de avaliar cada uma delas em seu contexto de aplicação (MENDES-SOUSA et al., 2025). A Organização Mundial da Saúde, por sua vez, recomenda o manejo integrado de vetores, que combina métodos e os orienta por informações de vigilância, como caminho para reduzir a morbidade e a mortalidade da doença (WHO, 2012).

O desafio torna-se maior em cenários de mudança climática e urbanização desordenada. Lowe et al. (2021) demonstraram, para o Brasil, que eventos hidrometeorológicos extremos, como secas seguidas de chuvas intensas, interagem com o grau de urbanização e com a precariedade do abastecimento de água na modulação do risco de dengue. Parte relevante dos determinantes da transmissão situa-se, portanto, fora do alcance das ações de rotina, o que exige cautela ao atribuir variações de incidência a qualquer intervenção isolada.

## 2.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS E SENSORIAMENTO REMOTO NA VIGILÂNCIA ENTOMOLÓGICA

A incorporação de tecnologias de informação ao controle vetorial não é recente. No Brasil, uma das primeiras experiências documentadas foi o sistema MI-Dengue, que combinava armadilhas para fêmeas grávidas de *Aedes aegypti*, transmissão de dados por telefone celular e mapas georreferenciados atualizados em tempo quase real, permitindo às equipes municipais direcionar ações para os quarteirões com maior infestação (EIRAS; RESENDE, 2009). Na Colômbia, Díaz-Celis, Gutiérrez-Lesmes e Cruz-Roa (2022) desenvolveram uma plataforma baseada em sistemas de informação geográfica na web e em dispositivos móveis, com participação colaborativa da população, para gerar mapas de infestação e de sintomas, demonstrando a viabilidade de aproximar comunidade e autoridades sanitárias por meio de ferramentas digitais.

O uso de veículos aéreos não tripulados ampliou esse repertório. Chiroli, Montilha e Samed (2017) analisaram a viabilidade do emprego de drones no programa de controle da dengue de Maringá, no Paraná, e apontaram ganhos potenciais de alcance e de tempo na inspeção de áreas extensas. No México, Valdez-Delgado et al. (2021) compararam o levantamento por drone com a inspeção terrestre convencional em Tapachula e identificaram, a partir das imagens aéreas, 983 recipientes com potencial de criadouro, com concordância de 64,9% entre os dois métodos na detecção de ao menos um recipiente. Os autores concluem que os drones são particularmente úteis para recipientes situados em coberturas, justamente aqueles menos visíveis na vistoria feita a partir do solo. Estudos mais recentes reforçam esse potencial. No México, o mapeamento por drones foi empregado para caracterizar os

ambientes urbanos do *Aedes aegypti* (VALDEZ-DELGADO et al., 2023), e, em Dar es Salaam, na Tanzânia, um modelo de aprendizado profundo aplicado a imagens de drone identificou recipientes com acurácia de até 75% e revelou pneus descartados sobre telhados, tipo de criadouro provavelmente negligenciado pela vigilância terrestre (HAHM et al., 2026).

A etapa seguinte consiste em automatizar a leitura das imagens. Algoritmos de aprendizado profundo treinados para reconhecer caixas-d'água destampadas, pneus, piscinas sem manutenção e acúmulos de água em lajes reduzem o tempo de análise e permitem processar grandes volumes de dados, convertendo sobrevoos em listas georreferenciadas de pontos para inspeção. No município do Rio de Janeiro, modelos de visão computacional treinados com imagens de satélite e de vias públicas mostraram que a densidade de potenciais criadouros detectados automaticamente explicava parte relevante da variação espacial da infestação por formas imaturas do vetor, medida por ovitrampas entre 2019 e 2022 (KNOBLAUCH et al., 2024). Em revisão sobre o tema, Carrasco-Escobar et al. (2022) reconhecem o potencial dessas aplicações para a vigilância e o controle de mosquitos, mas destacam que a maior parte dos estudos avalia a capacidade de detecção de criadouros, e não o efeito sobre a transmissão, além de apontarem desafios regulatórios, de custo e de aceitação comunitária.

Essa distinção entre desempenho técnico e efeito epidemiológico é central para a avaliação de plataformas como a Dengue Zero. A cadeia causal esperada envolve várias etapas: a detecção de um criadouro na imagem precisa ser convertida em visita, a visita precisa resultar em eliminação ou tratamento do depósito, a redução de depósitos precisa diminuir a densidade vetorial e esta, por sua vez, precisa traduzir-se em menor transmissão, em um contexto no qual a imunidade da população, o sorotipo circulante e o clima também variam. Falhas em qualquer elo podem anular o efeito da tecnologia, e ganhos em um elo, como a maior precisão na localização de focos, não asseguram por si sós ganhos nos elos seguintes.

## 2.3 AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM SAÚDE PÚBLICA COM DADOS DE VIGILÂNCIA

Quando a intervenção é adotada por decisão do gestor, e não atribuída de forma aleatória, sua avaliação depende de desenhos quase experimentais. Craig et al. (2017) tratam esses cenários como experimentos naturais e enfatizam que a credibilidade das estimativas depende da existência de um grupo de comparação plausível e da compreensão dos fatores que levaram à adoção da intervenção. Estudos ecológicos, que tomam agregados populacionais como unidade de análise, são úteis nesse contexto por aproveitarem dados de vigilância de rotina, mas estão sujeitos à falácia ecológica e ao

confundimento por características dos municípios associadas tanto à adoção da intervenção quanto ao desfecho (MORGENSTERN, 1995).

Entre as estratégias disponíveis, a análise de diferenças em diferenças compara a variação do desfecho no grupo exposto com a variação no grupo não exposto, pressupondo que, na ausência da intervenção, ambos seguiriam trajetórias paralelas (WING; SIMON; BELLO-GOMEZ, 2018). A análise de séries temporais interrompidas utiliza longas séries de observações anteriores à intervenção para estimar a tendência esperada e compará-la com a observada após a implantação, podendo incorporar sazonalidade e séries de controle (BERNAL; CUMMINS; GASPARRINI, 2017). O método de controle sintético, por fim, constrói uma unidade de comparação a partir da combinação ponderada de unidades não expostas que melhor reproduz a trajetória pré-intervenção da unidade tratada (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010).

A literatura sobre controle da dengue oferece exemplos da aplicação desses princípios. Em Yogyakarta, na Indonésia, um ensaio randomizado por conglomerados estimou eficácia de 77,1% da liberação de mosquitos infectados por *Wolbachia* na redução de dengue sintomática confirmada laboratorialmente (UTARINI et al., 2021). Em Niterói, no estado do Rio de Janeiro, onde a randomização não foi possível, Pinto et al. (2021) recorreram a um desenho quase experimental com áreas de comparação e séries temporais e estimaram redução de 69% na incidência de dengue nas áreas tratadas. Esses estudos mostram que é possível avaliar intervenções de controle vetorial em condições reais de serviço, desde que a comparação seja planejada antes da observação dos resultados.

Outro aspecto relevante diz respeito à qualidade e à oportunidade dos dados. No Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), o registro ocorre a partir da suspeita clínica, e a classificação final do caso depende de investigação laboratorial ou clínico-epidemiológica, com prazos de encerramento que podem estender-se por semanas (BRASIL, 2023). Por essa razão, as contagens de um ano recente tendem a ser provisórias, e a proporção de casos confirmados varia conforme a capacidade diagnóstica e o volume de notificações. O sistema InfoDengue foi concebido para lidar com esse problema, estimando casos a partir de notificações ainda sujeitas a atraso e integrando variáveis climáticas à emissão de alertas municipais (CODEÇO et al., 2018).

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de estudo ecológico, exploratório e descritivo, de abordagem quantitativa, que utiliza o município como unidade de análise e compara a evolução anual da incidência de dengue entre 2023

e 2026 em municípios usuários e não usuários da plataforma Dengue Zero. O desenho segue a lógica de um experimento natural com grupo de comparação (CRAIG et al., 2017), mas, por dispor de apenas quatro observações anuais, não permite estimar efeitos causais, limitando-se a verificar se o padrão observado é compatível com a hipótese de efeito da plataforma.

## 3.1 ÁREA DE ESTUDO E SELEÇÃO DOS MUNICÍPIOS

O estudo foi realizado no sul do estado do Rio de Janeiro. Os municípios de interesse são Angra dos Reis, situado na Região de Saúde da Baía da Ilha Grande, e Barra Mansa, pertencente à Região de Saúde do Médio Paraíba. Angra dos Reis possui 179.120 habitantes, segundo a estimativa populacional de 2024 (IBGE, 2024), e apresenta ocupação urbana linear, comprimida entre a Serra do Mar e o litoral, com numerosas localidades insulares, entre elas a Ilha Grande, forte presença da atividade turística e bairros em encostas de acesso restrito, características que dificultam a inspeção domiciliar sistemática. Barra Mansa, com 181.688 habitantes, integra o eixo urbano-industrial do vale do rio Paraíba do Sul e forma área praticamente integrada com Volta Redonda.

A plataforma Dengue Zero foi implantada em Angra dos Reis em fevereiro de 2025. Em Barra Mansa, a utilização foi informada pela equipe responsável pela plataforma a partir de abril de 2025. Desse modo, 2023 e 2024 correspondem integralmente ao período anterior à intervenção; 2025 constitui o ano de implantação, com exposição parcial de cerca de onze meses em Angra dos Reis e nove meses em Barra Mansa, fase em que usualmente se realizam o mapeamento inicial das áreas, o treinamento das equipes e a incorporação dos novos fluxos à rotina de campo; e 2026 corresponde à primeira temporada completa de funcionamento da plataforma.

Os comparadores foram escolhidos entre municípios vizinhos pertencentes às mesmas regiões de saúde, critério que busca aproximar as condições climáticas, a circulação viral e a exposição às mesmas ações estaduais de resposta. Paraty, com 47.614 habitantes, é vizinho de Angra dos Reis e compartilha com ele a região de saúde, o perfil litorâneo e a dinâmica turística. Volta Redonda, com 279.898 habitantes, e Resende, com 137.612 habitantes, são vizinhos de Barra Mansa e integram a Região de Saúde do Médio Paraíba. Até onde foi possível verificar, nenhum dos três utilizou a plataforma no período analisado. Os comparadores foram analisados de forma agregada, pela soma de casos e populações, e também individualmente.

### 3.2 A PLATAFORMA DENGUE ZERO E O FLUXO DE TRABALHO DE CAMPO

Na rotina convencional, os agentes de combate às endemias (ACE) percorrem os quarteirões de sua área de abrangência em ciclos de visitas domiciliares, inspecionam depósitos no intradomicílio e no peridomicílio e registram as atividades em boletins de campo, com a priorização orientada pelos índices do LIRAa e pela ocorrência de casos notificados (BRASIL, 2009, 2013). Conforme a descrição fornecida pela equipe responsável e o material institucional da plataforma, a Dengue Zero acrescenta a essa rotina uma camada de triagem espacial. Inicialmente, são realizados sobrevoos com drones sobre áreas definidas pela vigilância ambiental municipal. As imagens são processadas por algoritmos de visão computacional que identificam objetos compatíveis com potenciais criadouros, como caixas-d'água destampadas, piscinas sem tratamento, pneus e acúmulos de água em lajes e calhas. Cada detecção é georreferenciada e incorporada a um mapa de risco acessível pela internet, a partir do qual a coordenação define as prioridades de vistoria. Os pontos priorizados são repassados aos ACE, que realizam a inspeção presencial, a eliminação mecânica ou o tratamento dos depósitos e o registro da visita.

A plataforma prevê ainda a aplicação de larvicida por drone em locais inacessíveis, recurso cujo uso nos municípios estudados não pôde ser verificado. Informações quantitativas sobre a reorganização do trabalho, como número de sobrevoos, área coberta, criadouros detectados e visitas decorrentes das detecções, não estavam disponíveis para este estudo, o que impediu a análise de indicadores de processo.

### 3.3 FONTES DE DADOS E DEFINIÇÃO DO DESFECHO

Foram utilizadas três fontes de dados secundários de acesso público. A fonte principal foram as séries semanais de casos prováveis de dengue dos cinco municípios entre 2023 e 2026, disponibilizadas pelo sistema InfoDengue, que as constrói a partir das notificações do SINAN (CODEÇO et al., 2018; INFODENGUE, 2026). Os microdados do SINAN disponíveis no Portal de Dados Abertos do SUS (BRASIL, 2025b) foram empregados na análise de sensibilidade, que compara casos prováveis e confirmados. As populações foram obtidas das estimativas do IBGE para 1º de julho de 2024 (IBGE, 2024).

O desfecho principal foi o número de casos prováveis de dengue, indicador de monitoramento adotado pelo Ministério da Saúde, que corresponde ao total de casos suspeitos notificados, excluídos os descartados (BRASIL, 2023). Optou-se por esse desfecho porque a proporção de casos confirmados

varia entre anos e municípios conforme a capacidade diagnóstica e o prazo de encerramento das investigações, o que compromete comparações temporais. Para assegurar a comparabilidade entre os anos, considerou-se, em todos eles, o intervalo entre as semanas epidemiológicas 1 e 37, último período disponível para 2026, que concentrou 95,9% dos casos prováveis registrados nos anos completos de 2023 a 2025. Na análise de sensibilidade, as contagens de casos prováveis de Angra dos Reis foram comparadas às de casos confirmados, definidos como notificações com classificação final dengue (código 10), dengue com sinais de alarme (código 11) ou dengue grave (código 12).

## 3.4 INDICADORES E ANÁLISE DOS DADOS

As taxas de incidência de cada ano foram obtidas pela divisão do número de casos pela população estimada, multiplicando-se o resultado por 100 mil. Utilizou-se a mesma população de 2024 como denominador em todos os anos, opção que privilegia a comparabilidade e introduz imprecisão pequena, dado o crescimento populacional modesto do período. Para cada município, calculou-se a razão de taxas entre anos, que, com denominador constante, equivale à razão entre as contagens. Para comparar a variação dos municípios de interesse com a dos comparadores, calculou-se a razão entre as razões de taxas, medida análoga à estimativa de diferenças em diferenças na escala multiplicativa (WING; SIMON; BELLO-GOMEZ, 2018), com os comparadores agregados pela soma de casos e populações. Valores inferiores a 1 indicam variação mais favorável no município de interesse. Examinaram-se, ainda, a distribuição semanal dos casos e os níveis de alerta atribuídos pelo InfoDengue, que classificam a situação de cada município em quatro níveis (verde, amarelo, laranja e vermelho).

Os intervalos de confiança de 95% (IC95%) foram estimados pelo método de Wald aplicado ao logaritmo da razão, com erro-padrão igual à raiz quadrada da soma dos inversos das quatro contagens envolvidas, sob pressuposto de distribuição de Poisson. Os cálculos foram realizados em planilha eletrônica e conferidos em rotina escrita em linguagem Python.

## 3.5 ASPECTOS ÉTICOS

O estudo utilizou exclusivamente dados agregados ou anonimizados de domínio público, sem possibilidade de identificação individual, o que o dispensa de apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa, nos termos do parágrafo único do artigo 1º da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2016).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os casos prováveis e as taxas de incidência de dengue nos cinco municípios entre as semanas epidemiológicas 1 e 37 de cada ano. Em 2023, ano anterior à grande epidemia, as situações eram heterogêneas. Paraty e Resende já exibiam incidências de 2.369,1 e 1.043,5 casos por 100 mil habitantes, respectivamente, muito acima do patamar de 300 casos por 100 mil usualmente empregado para caracterizar alta incidência, enquanto Barra Mansa registrava apenas 22,0 casos por 100 mil. Angra dos Reis apresentava 821,8 casos por 100 mil.

Tabela 1 – Casos prováveis e incidência de dengue por 100 mil habitantes nos municípios analisados, semanas epidemiológicas 1 a 37, 2023-2026

| Município | População | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | Variação 2025-2026 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Angra dos Reis* | 179.120 | 1.472 (821,8) | 14.363 (8.018,6) | 3.291 (1.837,3) | 205 (114,4) | -93,8% |
| Barra Mansa* | 181.688 | 40 (22,0) | 3.221 (1.772,8) | 132 (72,7) | 29 (16,0) | -78,0% |
| Paraty | 47.614 | 1.128 (2.369,1) | 4.549 (9.553,9) | 403 (846,4) | 30 (63,0) | -92,6% |
| Volta Redonda | 279.898 | 318 (113,6) | 25.191 (9.000,1) | 444 (158,6) | 97 (34,7) | -78,2% |
| Resende | 137.612 | 1.436 (1.043,5) | 11.255 (8.178,8) | 503 (365,5) | 114 (82,8) | -77,3% |
| Comparadores (soma) | 465.124 | 2.882 (619,6) | 40.995 (8.813,8) | 1.350 (290,2) | 241 (51,8) | -82,1% |

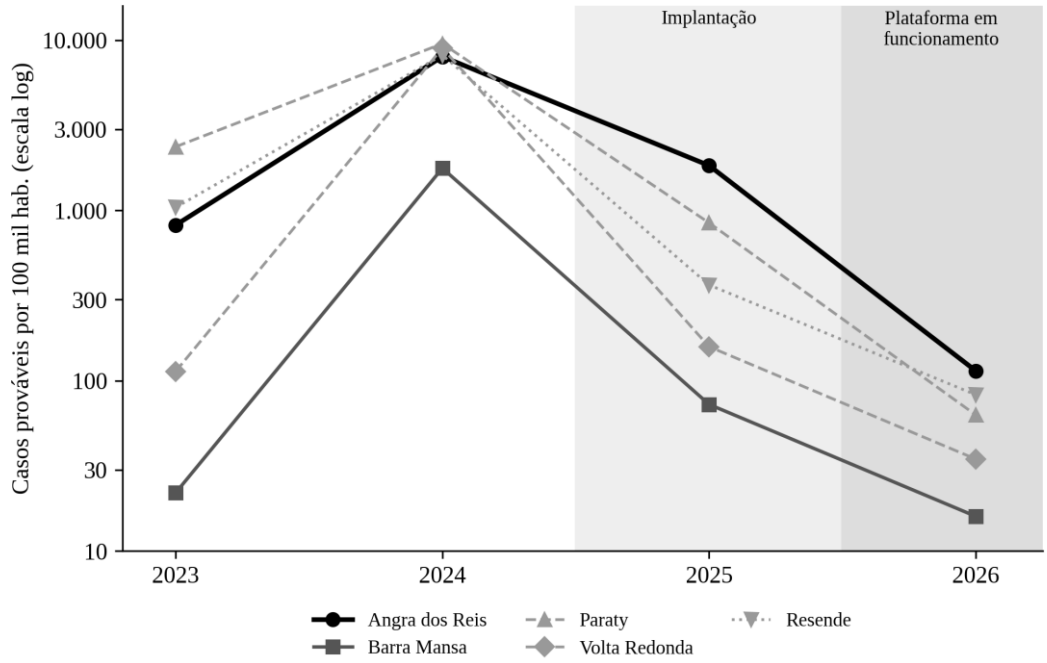
Nota: Valores expressos como casos prováveis (incidência por 100 mil habitantes), por município de residência, no intervalo entre as semanas epidemiológicas 1 e 37 de cada ano. População estimada de 2024 como denominador em todos os anos. Dados de 2026 provisórios. (*) Municípios usuários da plataforma Dengue Zero, implantada em fevereiro de 2025 (Angra dos Reis) e abril de 2025 (Barra Mansa).
Fonte: Elaboração própria. Base de dados: InfoDengue (INFODENGUE, 2026); IBGE (IBGE, 2024).

Em 2024, período ainda anterior à plataforma, todos os municípios experimentaram crescimento abrupto. Angra dos Reis alcançou 8.018,6 casos prováveis por 100 mil habitantes, valor próximo aos de Resende (8.178,8) e Volta Redonda (9.000,1) e cerca de duas vezes e meia o coeficiente nacional do ano. Barra Mansa chegou a 1.772,8 casos por 100 mil.

Em 2025, ano de implantação da plataforma, houve retração em todos os municípios, mas com intensidades distintas. Barra Mansa, Volta Redonda e Resende reduziram seus casos prováveis entre 95,5% e 98,2%, e Paraty em 91,1%. Angra dos Reis registrou redução de 77,1% e incidência de 1.837,3 casos por 100 mil habitantes, a mais elevada entre os cinco municípios, em razão de uma nova onda epidêmica concentrada no primeiro semestre, analisada adiante.

O quadro inverte-se em 2026, primeira temporada completa com a plataforma em funcionamento. Angra dos Reis apresentou a maior redução entre os municípios analisados, de 93,8% em relação a 2025, seguida por Paraty (92,6%), enquanto Volta Redonda (78,2%), Barra Mansa (78,0%) e Resende (77,3%) registraram quedas menores. Com 114,4 casos por 100 mil habitantes, Angra dos Reis alcançou a menor incidência de toda a série analisada, inferior inclusive à de 2023, anterior à grande epidemia. O Gráfico 1 sintetiza essas trajetórias.

Gráfico 1 – Incidência de casos prováveis de dengue por 100 mil habitantes, municípios selecionados, semanas epidemiológicas 1 a 37, 2023-2026




Nota: as faixas sombreadas indicam o ano de implantação da plataforma (2025) e a primeira temporada completa de funcionamento (2026).
Fonte: Elaboração própria. Base de dados: InfoDengue (INFODENGUE, 2026); IBGE (IBGE, 2024).

A Tabela 2 apresenta a razão entre as razões de taxas dos municípios usuários e dos comparadores agregados. Entre 2024 e 2025, a razão de Angra dos Reis foi de 6,96 (IC95%: 6,51-7,43), o que indica variação muito menos favorável que a dos vizinhos no ano de implantação. Entre 2025 e 2026, a situação se inverte: a razão foi de 0,35 (IC95%: 0,29-0,42), com intervalo de confiança inteiramente abaixo da unidade. Em termos concretos, a incidência de Angra dos Reis em 2026 correspondeu a 6,2% da registrada em 2025, enquanto nos comparadores essa proporção foi de 17,9%. Na comparação entre 2026 e 2023, a razão foi de 1,67 (IC95%: 1,37-2,03), indicando que, em relação

ao período pré-epidêmico, os comparadores alcançaram redução proporcionalmente maior, em parte porque Paraty e Resende partiam de patamares muito elevados em 2023.

Tabela 2 – Razão entre razões de taxas de incidência dos municípios usuários em relação aos comparadores agregados

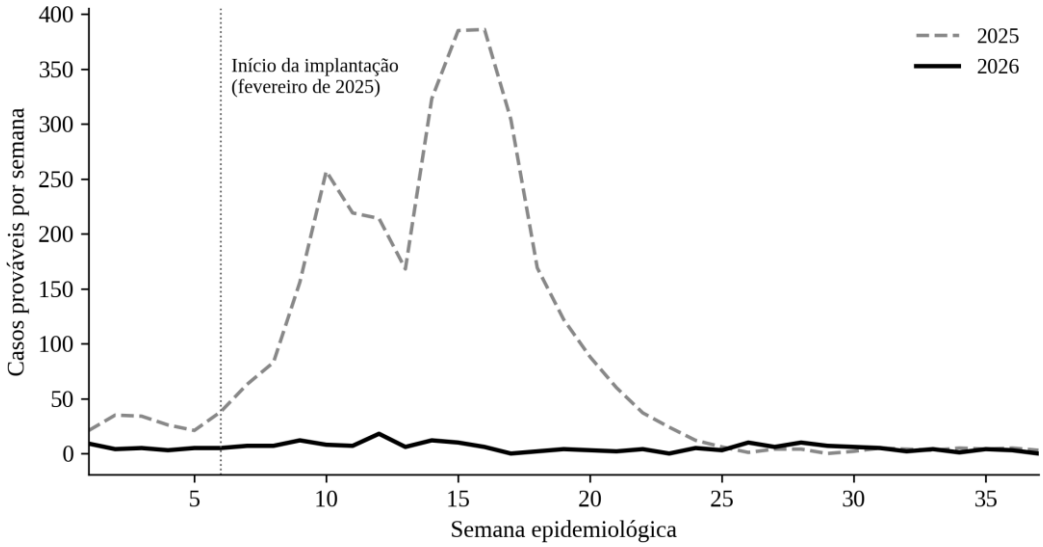
| Município | 2024 vs. 2023 | 2025 vs. 2024 | 2026 vs. 2025 | 2026 vs. 2023 |
|---|---|---|---|---|
| Angra dos Reis | 0,69 (0,64-0,73) | 6,96 (6,51-7,43) | 0,35 (0,29-0,42) | 1,67 (1,37-2,03) |
| Barra Mansa | 5,66 (4,14-7,75) | 1,24 (1,04-1,49) | 1,23 (0,80-1,88) | 8,67 (5,28-14,23) |

Nota: Casos prováveis, semanas epidemiológicas 1 a 37. Comparadores agregados: Paraty, Volta Redonda e Resende. Valores entre parênteses correspondem ao intervalo de confiança de 95%. Valores inferiores a 1 indicam variação mais favorável no município usuário do que nos comparadores; valores superiores a 1 indicam variação menos favorável.
Fonte: Elaboração própria. Base de dados: InfoDengue (INFODENGUE, 2026); IBGE (IBGE, 2024).

Para Barra Mansa, cuja adesão ocorreu em abril de 2025, a razão entre razões foi de 1,24 (IC95%: 1,04-1,49) entre 2024 e 2025 e de 1,23 (IC95%: 0,80-1,88) entre 2025 e 2026, sem diferença estatisticamente significativa em relação aos vizinhos no último período. O município manteve, contudo, as menores incidências absolutas de toda a série, com 16,0 casos por 100 mil habitantes em 2026, o que reduz a margem para quedas adicionais e torna instáveis as estimativas relativas

O Gráfico 2 compara a distribuição semanal dos casos prováveis em Angra dos Reis em 2025 e 2026 e ajuda a compreender essa trajetória. Em 2025, houve uma onda epidêmica concentrada entre as semanas 8 e 22, que responderam por 87,4% dos casos prováveis do ano, com pico na semana 15, quando foram notificados 501 casos, e o município permaneceu 15 semanas consecutivas no nível vermelho de alerta do InfoDengue. A cronologia é relevante para a interpretação: o número reprodutivo efetivo já superava 1 nas primeiras semanas de fevereiro, quando a plataforma começava a ser implantada, e o pico ocorreu cerca de dois meses depois. Como a eliminação de criadouros atua sobre as gerações seguintes do vetor, e não sobre as infecções já em curso, dificilmente uma intervenção de controle vetorial iniciada nesse momento alteraria de forma perceptível uma onda já estabelecida. Após a semana 22, com a plataforma em funcionamento regular, o município permaneceu nos dois níveis mais baixos de alerta até o fim do ano, com 189 casos prováveis em 31 semanas.

Gráfico 2 – Casos prováveis de dengue por semana epidemiológica, Angra dos Reis, 2025 e 2026




Fonte: Elaboração própria. Base de dados: InfoDengue (INFODENGUE, 2026). Nota: semanas epidemiológicas 1 a 37; a linha vertical pontilhada indica o início da implantação da plataforma.

Em 2026, o comportamento foi completamente distinto. O número de casos prováveis não ultrapassou 18 em nenhuma semana, e Angra dos Reis permaneceu durante toda a temporada nos níveis verde e amarelo de alerta, sem nenhuma semana em nível laranja ou vermelho. No mesmo período, Paraty e Volta Redonda chegaram ao nível laranja em cinco e duas semanas, respectivamente. A ausência de uma onda epidêmica em Angra dos Reis na primeira temporada completa com a plataforma, após um ano de transmissão intensa, constitui o resultado mais relevante deste estudo para a avaliação da tecnologia.

A interpretação desses resultados exige considerar mecanismos concorrentes. O primeiro é a regressão à média, pela qual unidades que atingem valores extremos em determinado período tendem a registrar valores mais próximos de sua média no período seguinte (BARNETT; VAN DER POLS; DOBSON, 2005); como Angra dos Reis foi o único município com onda epidêmica expressiva em 2025, parte de sua queda em 2026 pode refletir esse fenômeno. O segundo é a imunidade populacional adquirida nas ondas de 2024 e 2025, que reduz o contingente de suscetíveis, sobretudo considerando a elevada fração de infecções assintomáticas (BHATT et al., 2013). O terceiro é a mobilização de resposta desencadeada pela epidemia, que alcançou todos os municípios da região (BRASIL, 2025a). Esses mecanismos podem explicar parte da diferença observada, em especial a imunidade acumulada em Angra dos Reis após a onda de 2025. Ainda assim, a combinação de queda relativa superior à dos comparadores, menor incidência da série e ausência de semanas em níveis elevados de alerta na

primeira temporada completa com a plataforma é compatível com uma contribuição da tecnologia, cujo efeito esperado, a redução de criadouros e da densidade vetorial, tende a manifestar-se justamente na temporada seguinte à sua incorporação à rotina.

A análise de sensibilidade reforça a escolha do desfecho. A Tabela 3 compara, para Angra dos Reis, as contagens obtidas segundo diferentes definições de caso. Em 2023, os casos confirmados corresponderam a 29,6% das notificações não descartadas; em 2025, as 174 confirmações registradas no SINAN representaram apenas 5,1% dos 3.398 casos prováveis do ano. O uso de casos confirmados produziria, portanto, uma incidência de 97,1 casos por 100 mil habitantes em Angra dos Reis em 2025, muito inferior à de 1.897,0 obtida com casos prováveis, e levaria a conclusões equivocadas sobre o ano de implantação. A discrepância decorre provavelmente do encerramento incompleto das investigações no momento da extração e de diferenças no uso dos critérios de confirmação, o que justifica a adoção de casos prováveis como desfecho principal (BRASIL, 2023; CODEÇO et al., 2018).

Tabela 3 – Angra dos Reis: contagens e incidência de dengue segundo a definição de caso, 2023 e 2025

| Ano | Definição de caso e fonte | Casos | Incidência por 100 mil | Confirmados / base (%) |
|---|---|---|---|---|
| 2023 | Notificações não descartadas (SINAN) | 1.993 | 1.112,7 | - |
| 2023 | Casos confirmados, classes 10-12 (SINAN) | 589 | 328,8 | 29,6 |
| 2025 | Casos notificados (InfoDengue) | 4.274 | 2.386,1 | - |
| 2025 | Casos prováveis (InfoDengue) | 3.398 | 1.897,0 | - |
| 2025 | Casos confirmados, classes 10-12 (SINAN) | 174 | 97,1 | 5,1 |

Nota: Contagens referentes ao ano completo. A última coluna expressa os casos confirmados como percentual das notificações não descartadas (2023) ou dos casos prováveis (2025).
Fonte: Elaboração própria. Base de dados: SINAN (BRASIL, 2025b); InfoDengue (INFODENGUE, 2026); IBGE (IBGE, 2024).

Os resultados de 2026 reforçam a importância de avaliar tecnologias de controle vetorial em horizonte adequado. Uma análise restrita a 2025 sugeriria desempenho desfavorável da plataforma em Angra dos Reis, quando, na realidade, aquele ano correspondeu à fase de implantação, iniciada com a onda epidêmica já em curso. A contribuição mais direta de uma ferramenta baseada em imagens aéreas e visão computacional situa-se nos primeiros elos da cadeia causal, isto é, na localização de criadouros e na priorização do trabalho de campo (CARRASCO-ESCOBAR et al., 2022; VALDEZ-DELGADO et al., 2021), e seus reflexos sobre a transmissão tendem a aparecer nas temporadas subsequentes. É nesses elos que a avaliação deveria começar, com indicadores como o número de criadouros identificados por área sobrevoada, a proporção de pontos detectados efetivamente vistoriados, o tempo

entre a detecção e a visita, o número de imóveis inspecionados por agente em cada jornada e a evolução dos índices do LIRAa nas áreas cobertas em comparação com áreas não cobertas do mesmo município.

Para a etapa de expansão pretendida, o desenho de avaliação mais adequado combinaria séries temporais semanais de casos prováveis, abrangendo ao menos cinco anos anteriores à implantação, com uma série de controle composta por municípios não usuários da mesma região de saúde, definidos antes da observação dos resultados (BERNAL; CUMMINS; GASPARRINI, 2017). Alternativamente, o controle sintético permitiria construir um comparador ponderado a partir do conjunto de municípios fluminenses não expostos (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010). Onde a implantação for gradual, a introdução escalonada entre bairros ou distritos sanitários, com ordem definida por sorteio, aproximaria o desenho de um ensaio por conglomerados, estratégia que, no caso da *Wolbachia*, produziu algumas das evidências mais sólidas disponíveis sobre controle vetorial (PINTO et al., 2021; UTARINI et al., 2021).

O estudo apresenta limitações que precisam ser explicitadas. O número de observações anuais é pequeno e não permite verificar o pressuposto de tendências paralelas antes da implantação. Os comparadores não foram definidos por protocolo prévio e diferem em porte populacional e em perfil epidemiológico, particularmente Paraty, de menor porte e com transmissão elevada já em 2023. O acompanhamento posterior à implantação limita-se, até o momento, a uma temporada completa, e os dados de 2026 são provisórios e restritos às semanas 1 a 37. A exposição à plataforma não pôde ser documentada de forma independente para Barra Mansa, nem sua ausência para os comparadores. As séries do InfoDengue são atualizadas continuamente e podem sofrer pequenas revisões à medida que as investigações são encerradas. Por fim, os intervalos de confiança pressupõem distribuição de Poisson e tendem a ser excessivamente estreitos na presença de sobredispersão, comum em doenças de comportamento epidêmico.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou a evolução da incidência de dengue entre 2023 e 2026 em municípios do sul fluminense usuários da plataforma Dengue Zero e em municípios vizinhos. Como a plataforma foi implantada em fevereiro e abril de 2025, o período analisado permitiu observar a trajetória dos municípios antes da intervenção, durante sua implantação e na primeira temporada completa de funcionamento. Em Angra dos Reis, essa trajetória foi marcada por uma onda epidêmica em 2025, iniciada antes que a plataforma pudesse produzir efeitos, seguida, em 2026, pela maior redução entre

os municípios analisados, pela menor incidência de toda a série e pela ausência de semanas em níveis elevados de alerta. Barra Mansa, que já apresentava as menores incidências da região, acompanhou a redução de seus vizinhos.

Esses resultados são compatíveis com uma contribuição da plataforma para o controle da dengue após sua plena incorporação à rotina de campo, ainda que não permitam isolá-la de outros fatores, como a imunidade adquirida nas ondas anteriores e a dinâmica regional da doença. O estudo mostra também que avaliações restritas ao ano de implantação tendem a subestimar o potencial de tecnologias dessa natureza, cujos efeitos esperados se manifestam nas temporadas seguintes, e que a escolha do indicador é decisiva, uma vez que o uso de casos confirmados produziria uma leitura distorcida do período.

A plataforma responde a uma limitação reconhecida do modelo convencional de controle vetorial: a dificuldade de identificar criadouros em coberturas, lajes e áreas de difícil acesso, justamente aqueles menos visíveis na inspeção realizada a partir do solo. Sua expansão para outros bairros, municípios e estados é recomendável, desde que acompanhada de um plano de avaliação que aprofunde as evidências aqui apresentadas, com registro formal da adesão e da data de início de uso, coleta sistemática dos indicadores operacionais gerados pela própria plataforma, definição prévia de municípios ou áreas de comparação e utilização de séries temporais de casos prováveis. Nesse formato, a própria ampliação da plataforma pode tornar-se a base para demonstrar sua contribuição ao controle da dengue.

Como agenda de pesquisa, sugerem-se estudos de acurácia que comparem a detecção de criadouros pela plataforma com a inspeção terrestre, análises de custo-efetividade e avaliações de implementação que incorporem a perspectiva dos agentes de combate às endemias e das gestões municipais. O acompanhamento das próximas temporadas em Angra dos Reis e Barra Mansa, com a inclusão de novos municípios usuários, permitirá verificar se o padrão observado em 2026 se mantém. A incorporação de tecnologias digitais ao controle vetorial é uma resposta necessária ao agravamento da dengue no Brasil, e iniciativas como a Dengue Zero podem ocupar papel relevante nessa agenda à medida que seus resultados forem documentados com métodos adequados.

## REFERÊNCIAS

ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. “Synthetic control methods for comparative case studies: estimating the effect of California’s tobacco control program”. **Journal of the American Statistical Association**, vol. 105, n. 490, junho, 2010.

ACHEE, N. L. et al. “A critical assessment of vector control for dengue prevention”. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, vol. 9, n. 5, maio, 2015.

AGÊNCIA BRASIL. “Casos de dengue em 2024 passam de 6,4 milhões; mortes somam 5,9 mil”. **Agência Brasil** [03/01/2025]. Disponível em: <agenciabrasil.ebc.com.br>. Acesso em: 22/09/2026.

BARNETT, A. G.; VAN DER POLS, J. C.; DOBSON, A. J. “Regression to the mean: what it is and how to deal with it”. **International Journal of Epidemiology**, vol. 34, n. 1, fevereiro, 2005.

BERNAL, J. L.; CUMMINS, S.; GASPARRINI, A. “Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial”. **International Journal of Epidemiology**, vol. 46, n. 1, fevereiro, 2017.

BHATT, S. et al. “The global distribution and burden of dengue”. **Nature**, vol. 496, n. 7446, abril, 2013.

BOWMAN, L. R.; DONEGAN, S.; MCCALL, P. J. “Is dengue vector control deficient in effectiveness or evidence? Systematic review and meta-analysis”. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, vol. 10, n. 3, março, 2016.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. “*Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil”. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, vol. 16, n. 2, abril, 2007.

BRASIL. **Diretrizes nacionais para a prevenção e controle de epidemias de dengue**. Brasília: MS, 2009. Disponível em: <www.gov.br/saude>. Acesso em: 22/09/2026.

BRASIL. **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. Brasília: MS, 2013. Disponível em: <www.gov.br/saude>. Acesso em: 22/09/2026.

BRASIL. **Resolução n. 510, de 7 de abril de 2016**. Brasília: CNS, 2016. Disponível em: <www.gov.br/conselho-nacional-de-saude>. Acesso em: 22/09/2026.

BRASIL. **Guia de vigilância em saúde**. Brasília: MS, 2023. Disponível em: <www.gov.br/saude>. Acesso em: 22/09/2026.

BRASIL. “Brasil registra redução de aproximadamente 60% nos casos de dengue em 2025”. **Portal do Ministério da Saúde** [13/02/2025a]. Disponível em: <www.gov.br/saude>. Acesso em: 22/09/2026.

BRASIL. **Arboviroses: dengue (microdados do SINAN)**. Brasília: MS, 2025b. Disponível em: <dadosabertos.saude.gov.br/dataset/arboviroses-dengue>. Acesso em: 22/09/2026.

CARRASCO-ESCOBAR, G. et al. "The use of drones for mosquito surveillance and control". **Parasites and Vectors**, vol. 15, 2022.

CHIROLI, D. M. G.; MONTILHA, M. M.; SAMED, M. M. A. "Feasibility analysis of UAV in dengue control". **Independent Journal of Management and Production**, vol. 8, n. 2, abril, 2017.

CODEÇO, C. T. et al. "Infodengue: a nowcasting system for the surveillance of arboviruses in Brazil". **Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique**, vol. 66, supl. 5, julho, 2018.

CODEÇO, C. T. et al. "Fast expansion of dengue in Brazil". **The Lancet Regional Health: Americas**, vol. 12, 2022.

CRAIG, P. et al. "Natural experiments: an overview of methods, approaches, and contributions to public health intervention research". **Annual Review of Public Health**, vol. 38, 2017.

DÍAZ-CELIS, C. A.; GUTIÉRREZ-LESMES, O.; CRUZ-ROA, A. "Plataforma TI de vigilancia entomológica del *Aedes aegypti* con colaboración colectiva, Web GIS y mHealth". **Entramado**, vol. 18, n. 2, julho, 2022.

EIRAS, A. E.; RESENDE, M. C. "Avaliação preliminar da tecnologia MI-Dengue para o monitoramento e controle do *Aedes aegypti*". **Cadernos de Saúde Pública**, vol. 25, supl. 1, 2009.

GURGEL-GONÇALVES, R.; OLIVEIRA, W. K.; CRODA, J. "The greatest dengue epidemic in Brazil: surveillance, prevention, and control". **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, vol. 57, setembro, 2024.

GUZMAN, M. G.; HARRIS, E. "Dengue". **The Lancet**, vol. 385, n. 9966, janeiro, 2015.
HAHM, M. et al. "High-resolution automated mapping of potential *Aedes* larval container habitats using drone imagery and supervised machine learning in Dar es Salaam, Tanzania". **PLOS Neglected Tropical Diseases**, vol. 20, n. 5, maio, 2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22/09/2026.

INFODENGUE. **Sistema de alerta das arboviroses**: séries semanais de Angra dos Reis, Barra Mansa, Paraty, Resende e Volta Redonda, 2023-2026. Rio de Janeiro: Fiocruz; FGV, 2026. Disponível em: <info.dengue.mat.br>. Acesso em: 23/09/2026.

KNOBLAUCH, S. et al. "High-resolution mapping of urban *Aedes aegypti* immature abundance through breeding site detection based on satellite and street view imagery". **Scientific Reports**, vol. 14, n. 1, agosto, 2024.

LOWE, R. et al. “Combined effects of hydrometeorological hazards and urbanisation on dengue risk in Brazil: a spatiotemporal modelling study”. **The Lancet Planetary Health**, vol. 5, n. 4, abril, 2021.

MENDES-SOUSA, A. F. et al. “Evidence map of strategies for preventing and controlling *Aedes aegypti* infestation and related viral infections”. **Revista Panamericana de Salud Pública**, vol. 49, junho, 2025.

MESSINA, J. P. et al. “The current and future global distribution and population at risk of dengue”. **Nature Microbiology**, vol. 4, n. 9, setembro, 2019.

MORGENSTERN, H. “Ecologic studies in epidemiology: concepts, principles, and methods”. **Annual Review of Public Health**, vol. 16, 1995.

PINTO, S. B. et al. “Effectiveness of *Wolbachia*-infected mosquito deployments in reducing the incidence of dengue and other *Aedes*-borne diseases in Niterói, Brazil: a quasi-experimental study”. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, vol. 15, n. 7, julho, 2021.

PODER360. “Brasil fecha 2025 com 1,66 mi de casos e 1.793 mortes por dengue”. **Poder360** [25/02/2026]. Disponível em: <www.poder360.com.br>. Acesso em: 22/09/2026.

UTARINI, A. et al. “Efficacy of *Wolbachia*-infected mosquito deployments for the control of dengue”. **The New England Journal of Medicine**, vol. 384, n. 23, junho, 2021.

VALDEZ-DELGADO, K. M. et al. “Field effectiveness of drones to identify potential *Aedes aegypti* breeding sites in household environments from Tapachula, a dengue-endemic city in southern Mexico”. **Insects**, vol. 12, n. 8, julho, 2021.

VALDEZ-DELGADO, K. M. et al. “Mapping the urban environments of *Aedes aegypti* using drone technology”. **Drones**, vol. 7, n. 9, setembro, 2023.

WHO – World Health Organization. **Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020**. Geneva: WHO, 2012. Disponível em: <www.who.int>. Acesso em: 22/09/2026.

WING, C.; SIMON, K.; BELLO-GOMEZ, R. A. “Designing difference in difference studies: best practices for public health policy research”. **Annual Review of Public Health**, vol. 39, 2018.

ZARA, A. L. S. A. et al. “Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão”. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, vol. 25, n. 2, abril, 2016.