UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

JONATAS SOUSA VIEIRA

AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DO LIRAa COMO INSTRUMENTO DE MONITORAÇÃO DA DENGUE

CARUARU

2021

JONATAS SOUSA VIEIRA

AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DO LIRAa COMO INSTRUMENTO DE MONITORAÇÃO DA DENGUE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Economia

Área de concentração: Economia Regional

Orientadora: Profª Drª Roberta de Moraes Rocha

CARUARU

2021

Catalogação na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

V657a Vieira, Jonatas Sousa.
Avaliação da efetividade do LIRAa como instrumento de monitoração da dengue. / Jonatas Sousa Vieira. – 2021.
53 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Roberta de Moraes Rocha.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado em Economia, 2021.
Inclui Referências.

1. Dengue – Brasil. 2. Indicadores de saúde-efetividade. 3. Vetores de doença – Controle – Brasil. 4. Política pública. 5. Política de saúde – Brasil. I. Rocha, Roberta de Moraes (Orientadora). II. Título.

CDD 330 (23. ed.) UFPE (CAA 2021-226)

JONATAS SOUSA VIEIRA

AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DO LIRAa COMO INSTRUMENTO DE MONITORAÇÃO DA DENGUE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Economia

Área de concentração: Economia Regional

Aprovada em: 26/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

_____

Profª Drª Roberta de Moraes Rocha (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Dr. Wellington Ribeiro Justo (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Dr. Paulo Henrique Vaz (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me deu sustento, ânimo e proteção nessas idas e vindas à Caruaru. Agradeço à minha esposa Luana, pois tem sido uma esposa carinhosa e zelosa. Ela é o amor da minha vida. Agradeço ao meu filho, João, que logo cedo pela manhã me alegra com seu sorriso (e seus 4 dentes) e me contagia com seu amor radiante. Eles são o meu tesouro, meu bem maior.

Agradeço aos meus pais, Jefferson e Francilene, e aos meus irmãos, Jefther e Jamille, pois me apoiaram intelectualmente e financeiramente. O apoio desses familiares queridos me foi fundamental para chegar aonde cheguei. A minha pátria é minha família!

Agradeço ao meu amigo Lucas Oliveira, pois me ajudou quando possuía dúvidas e, mesmo morando longe, esteve lá para ouvir meus longos áudios e respondê-los pacientemente. Agradeço também ao suporte do meu amigo Anderson da Mota e sua família, que por sua vez também será pós-graduado pela UFPE/CAA.

Agradeço à professora Roberta Rocha e ao professor Wellington Justo, pois me auxiliaram nas questões acadêmicas. Agradeço à querida Universidade Federal de Pernambuco. Agradeço também como à FACEPE pelo suporte financeiro.

“Aquietai-vos e sabei que eu sou Deus; sou exaltado entre as nações, sou exaltado na terra”. (BÍBLIA, A. T., Salmos, 46:10).

RESUMO

O *Aedes aegypti* é o vetor responsável pela dengue, doença que tem se tornado uma epidemia no Brasil, sendo conhecida pelo seu potencial de disseminação e contaminação. Uma forma direta de controlar esta doença é através do combate ao vetor transmissor, o qual é realizado pela implementação de políticas públicas. O presente trabalho pretende investigar se a aplicação da ferramenta de monitoração LIRAa (Levantamento de Infestação Rápido de *Aedes aegypti*) apresentou impacto na redução da taxa de incidência da dengue nos municípios do país. O Sistema de Informação de Notificação e Agravos Nacional (SINAN), Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) constituíram as principais fontes de dados. Dois métodos foram utilizados. O primeiro foi diferenças em diferenças e o segundo foi o *Event Study*, ambos estimados por meio de dados em painel balanceado. O estudo foi realizado considerando o período de 2001-2016. Através do método diferença em diferenças, os municípios que contabilizaram o LIRAa apresentaram uma redução na taxa de incidência da dengue de aproximadamente 144 casos em um universo de 100 mil habitantes no período estudado. Para o *Event Study,* os resultados se comportaram de forma similar, com uma redução de 274 casos em média. Portanto, os municípios que contabilizaram o LIRAa apresentaram uma redução na taxa de incidência da dengue, quando comparado com os municípios que não implementaram o programa. Esses resultados permaneceram válidos mesmo após a incorporação de controles fixos e variantes no tempo, sugerindo que a política promoveu uma redução na taxa de incidência da dengue. Dessa forma, o LIRAa se constitui como importante ferramenta para monitoração da dengue, uma vez que fornece dados capazes de promover o direcionamento de políticas públicas, contribuindo, portanto, para o combate do *Aedes aegypti*.

Palavras-chave: dengue; efetividade; controle da doença; política pública.

ABSTRACT

The *Aedes aegypti* is the vector responsible for dengue, a disease that has become an epidemic in Brazil, and is known for its potential for dissemination and contamination. A direct way to control this disease is by combating the transmitting vector, which is carried out by implementing public policies. This article aims to investigate whether the application of the LIRAa monitoring tool (Rapid Infestation Survey of *Aedes aegypti*) had an impact in reducing the dengue incidence rate in the country´s municipalities. The National Notification and Diseases Information System (SINAN), The National Sanitation Information System (SNIS), the National Institute for Space Research (INPE) and the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) were the main sources of data. Two methods were used. The first was difference in difference and the second was the *Event Study*, both estimated using balanced panel data. The study was carriedout considering the period 2001-2016. Through the difference-in-difference method, the municipalities that counted LIRAa showed a reduction in the dengue incidence rate of approximately 144 cases in an universe of 100 thousand inhabitants in the period studied. For the *Event Study*, the results behaved similarly, with an average reduction of 274 cases. Therefore, the municipalities that accounted for the LIRAa showed a reduction in the dengue incidence rate, when compared to the municipalities that did not implement the program. These results remained valid even after the incorporation of fixed and time-varying controls, suggesting that the policy promoted a reduction in the rate of incidence of dengue. Thus, LIRAa is an important tool for monitoring dengue, since it provides data capable of promoting the direction of public policies, thus contributing to the fight against *Aedes aegypti*.

Keywords: dengue; effectiveness; disease control; public policy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapa 1 - Mapa dos municípios brasileiros que adotaram o LIRAa em 2003..... 30
Mapa 2 - Mapa dos municípios brasileiros que adotaram o LIRAa em 2016..... 31
Gráfico 1 - Dinâmica da taxa de incidência média de dengue por 100 mil habitantes..... 33
Gráfico 2 - Resultados da equação 2 para o método *Event Study*..... 38
Gráfico 3 - Teste de Falsificação – taxa de incidência da amebíase por 100 mil habitantes. Estimação utilizando o *Event Study*..... 42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise descritiva das variáveis..... 28
Tabela 2 - Municípios participantes do LIRAa 2001- 2016..... 29
Tabela 3 - Estatística descritiva – municípios que adotaram o LIRAa em 2003..... 31
Tabela 4 - Estatística descritiva – municípios que adotaram o LIRAa – painel de 2003 a 2016..... 32
Tabela 5 - Resultado diferença em diferenças para o LIRAa entre 2001-2016..... 37
Tabela 6 - Efeito do LIRAa na taxa de incidência de dengue – *Event Study*..... 40
Tabela 7 - Teste de Robustez – Restrição da amostra..... 41

LISTA DE SIGLAS

ACS	Agentes Comunitários de Saúde
DTN	Doenças Tropicais Negligenciadas
FD	Febre de Dengue
FHD	Febre de Dengue Hemorrágica
FUNASA	Definição da sigla ou da abreviatura por extenso
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IIP	Índice de Infestação Predial
INPE	Institutos Nacionais de Pesquisas Espaciais
LIRAa	Levantamento de Infestação Rápido do *Aedes aegypti*
OMS	Organização Mundial de Saúde
PACS	Programas de Agentes Comunitários de Saúde
PEAa	Programa de Erradicação do *Aedes aegypti*
PIACD	Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue
PIB	Produto Interno Bruto
PNCD	Definição da sigla ou da abreviatura por extenso
PSF	Programas de Saúde da Família
SINAN	Sistema de Informação e Agravo de Notificação
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**12**
2	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**	**15**
2.1	OS DESAFIOS NO CONTROLE DO *AEDES AEGYPTI*: VETOR RESPONSÁVEL PELA DENGUE	15
2.2	O LIRAa	17
2.3	A INFLUÊNCIA DE FATORES DE PROPAGAÇÃO DO MOSQUITO VETOR	19
2.3.1	Fatores climáticos	20
2.3.2	Fatores ambientais	21
2.3.3	Fatores socioeconômicos	23
2.4	EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS PARA A UTILIZAÇÃO DO LIRAa NO CONTROLE DO *AEDES AEGYPTI*	24
3	**BASE DE DADOS E METODOLOGIA**	**27**
3.1	DADOS	27
3.1.1	Características dos grupos controle e tratado	29
3.2	METODOLOGIA	33
4	**RESULTADOS**	**37**
5	**DISCUSSÃO**	**43**
6	**CONSIDERAÇÕES FINAIS**	**46**
	REFERÊNCIAS	**48**

1 INTRODUÇÃO

Em seu artigo 6º e 196 a Constituição Federal de 1988 reconhece o direito fundamental do brasileiro à saúde, o qual deve ser garantido por meio de políticas sociais econ6omicas. Entretanto, após 30 anos da aprovação do texto constitucional, ainda persistem desafios para a provisão de tal direito para os cidadãos do país (AITH, 2014).

Para Dallari (1988), há uma dificuldade em garantir o direito à saúde quando se é considerada a amplitude e a complexidade deste termo. Entretanto, garantir tal direito é mister ineludível aos constituintes do país, sendo crucial que a Constituição organize as atribuições do Estado e os deveres sociais. Desta forma, cada esfera do poder político do Brasil (Federal, Estadual e Municipal), apresenta funções, encargos e rendas próprias. Considera-se que o município é a esfera ideal para sustentar o direito à saúde, uma vez que essa esfera possui personalidade jurídica para responsabilizar-se.

Este estudo pretende analisar o efeito da monitoração da dengue na taxa de incidência por 100 mil habitantes, por parte dos municípios, através da adoção do LIRAa como instrumento e, posteriormente, realizar uma comparação com municípios que não aderiram ao programa, no período de 2001 a 2016.

No Brasil, já haviam políticas públicas criadas com o objetivo de prevenir e controlar a propagação da dengue. Em 1996, foi criado o Programa de Erradicação do *Aedes aegypti* (PEAa), o qual previa uma colaboração entre vários Ministérios para controlar a doença (entomologia, saneamento, vigilância epidemiológica, laboratório, etc.). Já no ano de 2001, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) objetivou a elaboração de planos mais efetivos de controle da dengue, e em conjunto com o Ministério da Saúde criou o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PIACD), o qual se concentrou em desenvolver atividades nos municípios com maior transmissão da doença. A abordagem química consistia em uma das ferramentas comumente utilizadas para o combate da dengue, embora não houvesse participação da comunidade e integração intersetorial. Esta estratégia não demonstrou evidência de efeito no

mosquito vetor, o qual apresenta alta capacidade de adaptação em áreas urbanas (GOULART *et al.*, 2016).

Em 2002, houve a implementação do Programa Nacional de Combate a Dengue (PNCD), ocorrendo também uma descentralização de controle e combate a doença, sendo esta atividade repassada aos municípios (GOULART *et al.*, 2016). A criação do PNCD ocorreu por meio da portaria Nº 1.347 de Julho de 2002, em um contexto de agravamento da situação epidemiológica, e que visou englobar aprendizados de experiências nacionais e internacionais para controle do mosquito-vetor enfatizando a importância de realizar ações específicas, como: ações permanentes voltadas para o combate da doença a longo prazo, a existência de uma dinâmica entre os demais setores incluindo a gestão adequada dos resíduos sólidos e o armazenamento da água em recipientes adequados, além do desenvolvimento de ferramentas mais eficientes para o monitoramento do mosquito. Desta forma, a criação do LIRAa (Levantamento de Infestação Rápido do *Aedes aegypti*) se originou da necessidade de mapear o mosquito através da utilização de uma tecnologia ainda não aplicada em programas anteriores ao PNCD (JÚNIOR, 2005; BRASIL, 2002).

O LIRAa foi planejado no ano de 2002 pelo PNCD, embora tenha sido implementado somente em 2003. Consiste em um instrumento amplamente utilizado para medir o grau de infestação pelo *Aedes aegypti*. Inicialmente apenas 45 municípios fizeram parte deste levantamento, no entanto o LIRAa tornou-se obrigatório para todos os municípios a partir da publicação da RDC Nº 12 de 26 de janeiro de 2017 (BRASIL, 2017b).

O monitoramento do *Aedes aegypti* é realizado por programas de controle que utilizam o Índice de Infestação Predial (IIP), que por sua vez utiliza o LIRAa para expressar o número de imóveis com resultados positivos e o número de imóveis pesquisados. O Ministério da Saúde recomenda este método, que tem como finalidade a identificação dos locais de reprodução do mosquito, bem como a situação dos municípios brasileiros. Baseados nestes resultados são promovidas ações de combate nas áreas mais afetadas (RIVAS *et al.*, 2018).

Novas doenças como Zika e Chikungunya também são transmitidas pelo *Aedes aegypti*, afetaram negativamente a população bem como o orçamento público. A infecção pelo vírus Zika, em mulheres gestantes, pode causar microcefalia em seus bebês. Além disso, há um consenso científico de que o Zika vírus pode causar a síndrome de Guillain-Barré, uma doença autoimune que afeta as células nervosas de um indivíduo. A ausência de vacinas para as doenças mencionadas, reforça a importância da vigilância do mosquito vetor (MURILLO *et al.*, 2016). As doenças Zika e Chikungunya não foram incluídas no presente estudo, pois não há dados disponíveis para as séries temporais utilizadas.

Visto que a dengue é uma doença que está relacionada com os fatores socioeconômicos e ambientais, é de fundamental importância verificar a relação entre os casos de dengue e tais variáveis. Isto irá permitir o desenvolvimento de novas formas de combate ao mosquito vetor (GOMES; BASTOS; NASCIMENTO, 2017).

O presente trabalho apresenta uma grande contribuição para a literatura (SILVA *et al.*, 2020; MACCORMACK-GELLES *et al.*, 2020; CAVALCANTE *et al.*, 2019; GONÇALVES *et al.*, 2019; NASCIMENTO *et al.*, 2020), uma vez que existem poucos estudos acerca da avaliação da eficácia do LIRAa envolvendo todos os municípios brasileiros.

Além desta introdução, esta dissertação apresenta mais cinco seções. A seção 2 apresenta uma breve explicação a respeito da dengue e seus principais desafios, incluindo o combate ao mosquito vetor, além de evidências na literatura acerca da utilização do LIRAa como forma de combate ao *Aedes aegypti*. Na seção 3, apresentarei os dados utilizados bem como a metodologia adotada na dissertação. A seção 4 apresenta os resultados do trabalho e a seção 5 apresenta a discussão, isto é, uma análise baseada na literatura. Por fim, são apresentadas as considerações finais na seção 6.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 OS DESAFIOS NO CONTROLE DO *AEDES AEGYPTI*: VETOR RESPONSÁVEL PELA DENGUE

As arboviroses são conhecidas por possuírem um grande impacto na saúde e na economia pública, sendo responsáveis pela alta taxa de morbidade e mortalidade em regiões tropicais e subtropicais. A dengue é a arbovirose mais conhecida do mundo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 2/5 da população mundial está suscetível à dengue. Cerca de 50 milhões de casos de dengue ao ano 550 mil indivíduos necessitam de atendimento hospitalar enquanto 20 mil vem a óbito em consequência desta doença (CHAGAS *et al.*, 2017).

Apesar da grande maioria dos casos serem assintomáticos e subnotificados, há um crescimento pujante na incidência de dengue globalmente nas recentes décadas. Nas duas décadas anteriores, a OMS reportou cerca de 505.430 casos em 2000 para 2.4 milhões em 2010 atingindo 4.2 milhões de casos em 2019 (WHO, 2021).

A dengue é um arbovírus do gênero Flavivírus que se apresenta distribuído em quatro sorotipos: DEN-1, DEN-2, DEN-3, DEN-4. Esta doença é transmitida por meio de um vetor denominado *Aedes*, sendo o *Aedes aegypti* mais comum no mundo e nos meios urbanos e o *Aedes albopictus* mais conhecido na Ásia e nas áreas rurais e semiurbanas (GUBLER, 1998) (BRAGA; VALE, 2007).

No Brasil os quatros sorotipos da dengue se manifestaram de maneira epidêmica em diferentes municípios do país desde 2010 (ZANOTTO; LEITE, 2018). Entre 2001 e 2016, aproximadamente 11 milhões de casos foram notificados, sendo que mais recentes epidemias apresentaram 1,6 milhões e 1,5 milhões de casos para os anos de 2015 e 2016, respectivamente (BRASIL, 2017a). Fatores relacionados às mudanças ambientais, sociais e demográficas das últimas décadas, são as maiores responsáveis pelo crescimento global de casos de dengue (ANDRIOLI; BUSATO; LUTINSKI, 2020).

O mosquito *Aedes aegypti,* por sua vez, é o vetor responsável por arboviroses no Brasil, distribuindo-se por todos os Estados brasileiros (CARVALHO *et al.*, 2020; SIPPY *et al.*, 2020). Embora o *Aedes aegypti* seja capaz de transmitir doenças como a Zika e a Chikungunya, a dengue é a virose mais comum transmitida por este vetor (AYALA *et al.*, 2020). O mosquito possui hábitos diurnos com predileção para as primeiras horas do dia e ao fim da tarde, motivado pela umidade e temperatura desses horários. Além disso, possui rápida adaptação nos ambientes urbanizados, particularmente em áreas domiciliares. A fêmea do mosquito utiliza espaços que contém água limpa e parada para depositar seus ovos, visto que esse é o meio mais adequado para o desenvolvimento larvário (BRASIL, 2009).

A dengue, por sua vez, é uma doença que possui um diagnóstico desafiador devido à semelhança de sintomas presentes em outras doenças infecciosas, tais como: febre, cefaleia, vômitos, mialgia, dores nas articulações e manchas na pele (BRADY; HAY, 2019). A manifestação desta doença pode ocorrer de duas formas: a dengue clássica (também conhecida como febre de dengue FD) e a dengue hemorrágica (FHD); e em certas circunstâncias há a síndrome de choque de dengue (FHD/SCD). Ao menos nos últimos quarenta anos, houveram cerca de 3 milhões de casos de FHD/SCD culminando em 58 mil mortes (JÚNIOR, 2005).

A dengue, bem como seu vetor, manifesta evolução e progressão referente à mutação resistência e proliferação no âmbito ambiental e socioecon6omico. Dessa forma, o principal objetivo a se almejar em conjunto com a sociedade é o controle do número de infectados, uma vez que a erradicação da doença de maneira definitiva é muito difícil (ARAÚJO, 2018).

Atualmente as estratégias utilizadas para conter arboviroses como a dengue, incluem divulgação de campanhas de conscientização, utilização de imunobiológicos, interrupção de contato hospedeiro-vetor ou por meio da utilização de programas de monitoramento do vetor (ZANOTTO; LEITE,2018; MONTEIRO *et al.*, 2020).

O desafio de controlar o *Aedes aegypti* é realizado principalmente através da conscientização da população e eliminação dos criadouros. Além disso, a

contratação de agentes de endemias, bem como medidas de combate de natureza física e química auxiliam no combate ao vetor (ARAÚJO, 2018).

Apesar dos vários esforços visando a diminuição de casos, o modelo de forma centralizada, vertical e hierarquizada que era utilizado no passado não é o mais adequado, muito embora não exista experiências de eliminação de um vetor mesmo por meio de forma descentralizada (JÚNIOR, 2005).

2.2 O LIRAa

A partir de 1996, houveram esforços, em âmbito nacional, com a finalidade de promover um controle do mosquito vetor, através da criação do Programa de Erradicação do *Aedes aegypti* (PEAa) pelo Ministério da Saúde. Embora não tenha sido completamente bem-sucedido por conta da impossibilidade de eliminação do *Aedes aegypti* a curto e médio prazo, o PEAa alertou para a necessidade de uma modelo descentralizado para o combate à dengue, além da participação das três esferas do governo: Federal, Estadual e Municipal (SILVA; MARIANO; SCOPEL, 2008).

A partir do ano 2001 a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) objetivou o controle do vetor, em contraste com a finalidade anterior de erradicação. Simultaneamente, o Ministério da Saúde implementou o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PIACD), o qual priorizou as ações em municípios com maior transmissão da doença. No ano de 2002, houve um alto índice no número de casos de dengue com 701.335 pessoas contaminadas. Neste mesmo ano houve a criação do Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD), o qual deu continuidade a propostas do PIACD (RIBEIRO; MOURA, 2013).

Algumas medidas adotadas pelo PNCD incluem: elaboração de programas permanentes; desenvolvimento de campanhas de informação e participação dos cidadãos; fortalecimento da vigilância epidemiológica e entomológica; melhoria de qualidade do trabalho de campo de combate ao vetor; integração das ações de controle da dengue na atenção básica juntamente com

o Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS) e Programas de Saúde da Família (PSF). O PNCD foi responsável por uma redução de 73,3% dos casos de dengue no primeiro semestre de 2004 em relação ao mesmo período de 2003 (SILVA; MARIANO; SCOPEL, 2008).

O Ministério da Saúde investiu uma grande quantidade de recursos no PNCD com a finalidade de controlar a dengue, já que em 2002, do valor de R$ 1.033.871,51 gastos, 85% foram destinados à vigilância e controle do mosquito. No ano de 2003, o custeio com compra de equipamentos e inseticidas, manutenção e capacitação de pessoas e ações de comunicação social, recebera, cerca de R$ 790 milhões de investimento (RIBEIRO; MOURA, 2013).

Em 2003, foi criada uma das ferramentas utilizadas pelo PNCD, denominada LIRAa (Levantamento de Infestação Rápido de *Aedes aegypti*). Este procedimento promove rápida identificação da taxa de infestação do *Aedes aegypti* baseando-se na presença ou ausência de larvas em áreas delimitadas e escolhidas de forma aleatória, a nível municipal (SOUZA *et al.*, 2013; LAGROTTA; SILVA; SOUZA-SANTOS, 2008).

O LIRAa é capaz de apresentar a média ponderada de indicadores larvários em áreas com maior densidade larvária nos espaços intra-urbanos, além de identificar criadouros predominantes e a situação de infestação de um município de forma rápida, fatores que são capazes de promover o direcionamento e efetividade das ações de combate ao vetor (FERREIRA; MACHADO; MACHADO, 2014). A princípio, foram selecionados 45 municípios com número de habitantes superior a 100 mil, distribuídos entre as regiões brasileiras e em 21 das 27 Unidades Federadas (UF). Ano após ano foram incorporados os demais municípios pertencentes as demais UF's, incluindo aqueles que possuíam porte abaixo de 15 mil habitantes (COELHO, 2008).

A técnica utilizada no LIRAa baseia-se na divisão de municípios por estratos ou grupos de 9.000 a 12.000 imóveis com características semelhantes. Em cada grupo são sorteados 450 imóveis de uma localidade, os quais são visitados pelos agentes de endemias visando avaliar a existência de larvas ou pupas do *Aedes aegypti* a fim de calcular o Índice de Infestação Predial (IIP) para cada estrato (RIBEIRO, 2013). Os valores para o Índice de Infestação Predial

inferiores a 1% são considerados satisfatórios, entre 1% e 3,9% há situação de alerta, enquanto que acima de 4% considera-se que há risco de surto de dengue (FERREIRA; MACHADO; MACHADO, 2014).

Para o caso de imóveis existentes na área urbana de municípios, a inspeção deverá ser realizada em casas e terrenos baldios. Já para edifícios, o térreo de todas as edificações deverá ser inspecionado e considerado como um único imóvel. Pontos estratégicos não deverão ser incluídos na amostra, sendo que a inspeção de cada quarteirão deverá ser iniciada pelo primeiro imóvel deslocando-se no sentido horário contando-se quatro imóveis após o imóvel em inspeção para em seguida inspecionar o sexto imóvel, e assim sucessivamente, inspecionando-se um imóvel em cada cinco, o que corresponde a inspecionar 20% dos imóveis existentes no quarteirão sorteado. Caso a inspeção do imóvel seja recusada ou o mesmo encontre-se fechado, o agente deverá substituir o imóvel escolhido pelo imóvel imediatamente posterior (FERREIRA; MACHADO; MACHADO, 2014).

A real importância do LIRAa consiste em identificar os criadouros predominantes bem como a situação de infestação municipal, uma vez que são informações que podem ser utilizadas para o direcionamento de ações de enfrentamento nas áreas mais críticas. Outro propósito desse programa é permitir o acesso, por meio do serviço de saúde, à informações que irão promover melhorias na avaliação de políticas públicas através da realização de pesquisas sistemáticas e periódicas (SÁ, 2018). Além disso, a criação do LIRAa proporcionou a capacidade de identificar e diferenciar nos espaços intraurbanos áreas com alta densidade larvar, promovendo o direcionamento e maior eficácia das ações de combate ao *Aedes aegypti*, o que deu suporte à atuação dos gestores e profissionais envolvidos no controle da dengue (COELHO, 2008).

2.3 A INFLUÊNCIA DE FATORES DE PROPAGAÇÃO DO MOSQUITO VETOR

O Brasil é um país que possui características socioambientais favoráveis ao desenvolvimento do *Aedes aegypti* (SILVA *et al.*, 2020), sendo sua rápida

proliferação em meio intraurbano um grande desafio para gestores municipais. Portanto, a dengue é considerada um grande problema de saúde pública.

Ademais, a falta de educação ambiental da população, a má administração do esgoto sanitário, o armazenamento de água esporádico, bem como altas temperaturas e a quantidade de chuvas em determinadas áreas do país são fatores que agravam a situação epidemiológica em relação à dengue no Brasil. Os vetores de agentes infecciosos necessitam de condições ambientais que já são bem conhecidos em países tropicais (QUERINO, 2020).

2.3.1 Fatores climáticos

Na história da humanidade, a terra sempre sofreu mudanças climáticas, por meio de ciclos longos ou curtos. Chuvas abundantes, temperatura e umidade elevadas são atributos de grande parte dos municípios brasileiros, de clima tropical e que são propícios à proliferação do vetor da dengue. A intensidade da chuva em determinadas regiões do país é um fator importante no ciclo da reprodução e da sobrevivência do *Aedes aegypti*. Este fator é responsável por causar mudanças na densidade larvárea, uma vez que a chuva contribui com a renovação da água em recipientes, fato que está diretamente relacionada com a incubação do ovo do mosquito fêmea (CARNEIRO *et al.*, 2017).

A literatura que trata sobre a influência do meio no desenvolvimento do mosquito é extensa. Por meio de um estudo, Barrera (2011) constatou que a maioria das pupas de *Aedes aegypti* se desenvolvem em depósitos (baldes, barris, vasos de plantas) manejados por indivíduos, os quais geralmente acumulam águas das chuvas. Além disso, um estudo realizado por Silva (2016), demonstrou que um aumento de 10mm na quantidade de chuvas aumenta em 1% no número de casos em São Luís (MA). O autor justifica que no verão, estação do ano que há maior volume de chuvas e maior temperatura, dada a latitude do país, há maior incidência da doença.

Mais um fator que demonstra que o *Aedes aegypti* é sensível a mudança climática, é o fato de que um grande volume de chuvas e temperaturas acima de

35ºC diminuem a taxa da transmissão da dengue, uma vez que reduz a chance de sobrevivência do mosquito. Por outro lado, no longo prazo, um período de seca leva ao aumento do armazenamento de água, possibilitando a criação de locais propícios à reprodução do mosquito (HII *et al.*, 2012).

De acordo com Mordecai *et al.* (2017), a temperatura ideal para as várias etapas do desenvolvimento do vetor, incluindo a transmissão de vírus varia entre 23ºC e 34ºC. O autor também demonstra que as regiões que possuem essas temperaturas na maior parte do ano estão suscetíveis a desenvolverem epidemias. A temperatura elevada em Estados da região Sudeste e Centro0Oeste, por exemplo, corroboram para existência de epidemias. Aliado a isto, o Estado de Minas Gerais, foi o que mais sofre em quesito de eficiência produtiva em 2016, cujo setor privado sofreu prejuízos financeiros em decorrência do aumento de casos de dengue na região (AMONDO; MARTINELLI; OGBU, 2018).

O aumento de estruturas urbanas mais densas pode ser considerado um fator determinante para o aumento da incidência da dengue nos dias atuais quando comparado com a incidência de 50 anos atrás. Conforme Amondo *et al.* (2018), 80% da população brasileira habita em cidades, sendo assim o fenômeno do crescimento urbano desorganizado acelerou o aumento de casos de dengue nas cidades. Estudos realizados nos Estados brasileiros mostram correlação positiva da quantidade de pessoas morando nas cidades e casos de febre em decorrência da dengue. As maiores cidades brasileiras não planejaram um crescimento organizado e sustentável.

2.3.2 Fatores ambientais

Neste subtópico fatores ambientais abordados serão o de abastecimento de águas e tratamento de esgoto. Somente garantir a existência destes dois fatores básicos não é o suficiente para atender a população. A necessidade de adequar tais requisitos básicos é primordial, uma vez que é por meios desses

serviços que se poderá garantir condições dignas de habitação e redução de incidência de doenças (IBGE, 2017).

Com relação ao primeiro fator mencionado, deve-se considerar que a fêmea do mosquito *Aedes aegypti* necessita de criadouros que possuam água para que ocorra a oviposição. A insuficiência de serviços de abastecimentos de água corrente obriga a população a reservar água nos domicílios, principalmente em recipientes sem tampas. Dessa forma, este comportamento promove a disseminação de potenciais criadouros do mosquito (BRASIL, 2010).

Silva *et al.* (2020) evidenciaram que em algumas áreas no município de Recife, Pernambuco, onda há problemas de abastecimento de água, a população acaba sendo obrigada a armazenar água em recipientes próximos ao solo e em recipientes como tonéis e caixas d'água. Para agravar ainda mais a situação, os moradores da cidade descartam de maneira inapropriada grande quantidade de plástico e latas em locais como vias públicas e terrenos baldios. O mosquito vetor, por outro lado, tem preferência pela qualidade da água, priorizando reservatórios de água limpa, podendo, no entanto se adaptar a outros tipos de criadouros como plantas e esgoto a céu aberto encontrado principalmente em centros urbanos (BESERRA *et al.*, 2009).

Um outro fator que afeta diretamente a questão da saúde pública é o saneamento básico. Este serviço possui ligação direta com a população e engloba atividades essenciais como esgotamento básico, coleta e disposição de resíduos sólidos e líquidos. Estas ações que reforçam o saneamento básico resultam em uma melhor qualidade de vida para a sociedade. Após diversas doenças e óbitos, a população, bem com seus dirigentes, se conscientizaram da urgência com a qual deve ser tratada a higiene das pessoas (MELO; PASQUALETTO, 2012).

Assim, a discussão acerca da implementação e ampliação do esgoto sanitário e abastecimento de águas se tornaram recorrentes, principalmente para atenuar as doenças transmitidas por meios de agentes infecto-parasitários. Segundo Melo e Pasqualetto (2012), somente 10% do esgoto produzido é tratado de alguma forma, enquanto os 90% restantes são despejados no solo e nos afluentes.

Desta forma, o Ministério da Saúde estima que para cada R$ 1,00 investido em saneamento básico R$ 4,00 serão economizados na medicina curativa (FUNASA, 2006). A partir da década de 90 os projetos se saneamento passaram a apresentar uma abordagem voltada ao meio ambiente, visando a preservação do mesmo bem como a saúde da população.

O investimento em estruturas de saneamento básico, o qual deve ser realizado pelo poder público, é primordial para que haja diminuição da proliferação do mosquito transmissor da dengue e deve obedecer normas técnicas visando o desenvolvimento sustentável e a conservação do meio ambiente. Assim, a construção de rede de estações de tratamento de esgoto, responsável por mitigar a autodepuração de cursos d'água e dos recursos hídricos é um investimento que possui um impacto positivo na melhoria da saúde pública, diminuindo assim a propagação da dengue (GONÇALVES *et al.*, 2020).

2.3.3 Fatores socioeconômicos

A dengue e outras doenças encontradas no Brasil e em países de clima tropical são classificadas como Doenças Tropicais Negligenciadas (DTN). De acordo com Manderson *et al.* (2009), estas doenças geralmente estão associadas à pobreza, que por sua vez, está fortemente relacionada a desigualdade. De maneira mais abrangente a palavra pobreza abarca todas as interações entre o status social e desenvolvimento da doença (BONIFAY *et al.*, 2009).

Nesse sentido, todos os países e territórios afetados por pelo menos 5 DTNs são de baixa renda. Tal fator é consequência de determinantes sociais, como por exemplo, pobreza, gênero e educação. A situação da população pobre é mais grave, pois geralmente é a menos priorizada nas decisões dos gestores, além de nem sempre terem acesso a um sistema público de saúde de qualidade.

Dessa forma, os mais pobres estão mais suscetíveis a desenvolverem os sintomas da dengue. Para ratificar essa hipótese, um estudo realizado no município de Recife demonstrou que, quanto maior o status socioeconômico,

menor a probabilidade de contrair dengue. Ademais os autores enfatizaram que seria muito improvável a alteração da prevalência da dengue em mudanças climáticas uma vez que foram analisados três bairros no mesmo município, os quais apresentaram alta taxa de incidência da doença (BRAGA *et al.*, 2010).

Em 2013, na Guiana Francesa, uma região ultramar da França, houveram dois surtos consecutivos de Chikungunya (CHIKV) e dengue (DENV), sendo ambas as doenças transmitidas pelo *A. aegypti*. Um estudo realizado a respeito da ocorrência desse surto, sugere que o vírus da Chikungunya atinge a população que vive de maneira mais precária naquele país apesar deste possuir o possuir o maior PIB *per capita* da América Latina. Isso se deu porque os distritos mais ricos analisados apresentaram melhor estrutura de combate ao vetor (BONIFAY *et al.*, 2017).

Políticas públicas macroeconomias podem ser instrumentos utilizados na erradicação da pobreza. Crescimento econômico, controle da inflação, facilidade no acesso ao crédito, políticas de transferência de renda e outras ações permitiram que milhões de pessoas saíssem da faixa da pobreza. Entretanto, a dengue ainda persiste no meio da população mais vulnerável (JORGE *et al.*, 2014).

2.4 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS PARA A UTILIZAÇÃO DO LIRAa NO CONTROLE DO *AEDES AEGYPTI*

A existência de estudos e pesquisas que objetivem o controle do *Aedes aegypti* é de fundamental importância, uma vez que a minimização da proliferação do vetor é capaz de reduzir casos de epidemias por arboviroses, reduzindo o impacto negativo na saúde da população.

No âmbito do Ministério da Saúde são recomendadas ações de combate ao vetor, tais como: programas permanentes de prevenção e combate ao mosquito; desenvolvimento de campanhas de informação e mobilização de pessoas; fortalecimento da vigilância epidemiológica e entomológica para ampliar a capacidade de predição e de detecção precoce de surtos da doença; melhoria da qualidade do trabalho de campo de combate ao vetor; integração

das ações de controle da dengue na tenção básica, com a mobilização do Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS) e Programa de saúde da Família (PSF); utilização de instrumentos legais que facilitem o trabalho do poder público na eliminação de criadouros em imóveis comerciais, casas abandonadas ou fechadas, terrenos baldios; atuação em vários setores, por meio do fomento à destinação adequada de resíduos sólidos e a utilização de recursos seguros para armazenagem de água, desenvolvimento de instrumentos mais eficazes de acompanhamento e supervisão das ações desenvolvidas pelo Ministério da Saúde, estados e municípios.

Considerando a necessidade de estudos e pesquisas que apresentem melhorias na eficácia de medidas de controle do *Aedes aegypti*, alguns estudos que apresentaram como finalidade avaliar o impacto da utilização de programas como LIRAa no controle do vetor da dengue podem ser destacados.

Em 2018, um estudo realizado com o objetivo de avaliar o LIRAa, bem como a relação entre o Índice de Infestação Predial e as variáveis climáticas para casos de dengue no município de Foz de Iguaçu, Paraná. O método utilizado pelos autores foi a correlação de Spearman, que considerou as variáveis precipitação média, temperatura média e IIP nos casos de dengue no intervalo de tempo de 2001 a 2016. Os resultados comprovaram que o LIRAa e as variáveis climáticas se correlacionam com casos de dengue (RIVAS *et al.*, 2018).

Um estudo realizado em Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, no ano de 2004 apresentou como finalidade identificar áreas chaves para o controle do *Aedes aegypti* baseando-se no IIP obtido através do LIRAa. Com relação à metodologia, foi utilizada uma análise padrão espacial através da interpolação de Kernel, que consiste em mapear e estimar a distribuição de pontos no espaço utilizando estatística não paramétrica. Os resultados apresentados demonstraram que o índice foi positivo para cinco áreas com alta e média densidade para locais de criadouros do *Aedes aegypti*, destacando-se áreas que apresentaram alta densidade larval, considerada de extrema importância devido às estratégias necessárias para controle de vetores. Sendo assim, os autores deste estudo concluíram que este método seria bastante recomendado para vigilância de vetores da dengue. Entretanto, indicadores entomológicos de dados secundários tendem a ser questionados pela baixa confiabilidade causada pela

ausência de rigor sobre a vigilância entomológica do sistema e do programa de controle. Apesar disso, tais dados não devem ser ignorados, mas para corrigir tais falhas (LAGROTTA; SILA; SANTOS, 2008).

Por fim, um estudo descritivo, retrospectivo e que teve como base os resultados do LIRAa nos oito Distritos Sanitários do Recife, Pernambuco, obtidos no Centro de Vigilância Animal da Secretaria Estadual da cidade, foi executado entre os anos 2014 e 2015. Os mapas criados através da análise dos dados processados pelo programa foram fundamentais neste estudo, uma vez que permitiram a identificação dos bairros do Recife mais vulneráveis, além de evidenciar os locais de criadouros encontrados em maior quantidade nas regiões. Os autores concluíram que estas informações valiosas obtidas através do LIRAa permitem que as ações de prevenção e combate ao mosquito *Aedes aegypti* sejam direcionadas de forma mais eficaz (SILVA *et al.*, 2020).

3 BASE DE DADOS E METODOLOGIA

3.1 DADOS

Para esta avaliação foram utilizados os dados anuais dos municípios os quais contém observações de casos notificados de dengue disponíveis no Datasus, no período de 2001 a 2016, totalizando 65.056 observações. Foi utilizada uma base de dados em painel. Após a aplicação do *Event Study* utilizando o *Propensity Score Matching*, 36.796 observações permaneceram.

Estes dados estão disponíveis no Sistema de Informação e Agravos de Notificação (SINAN), pois quando um agente de saúde suspeita que um paciente contraiu dengue, é necessária a notificação. Os casos de dengue são subnotificados, entretanto os dados coletados na saúde pública, em geral, servem para avaliar as atividades de vigilância epidemiológica. No ano de 2016, foi superado mais que o dobro o limite epidêmico de casos de dengue estipulado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que consiste em 300 casos para 100 mil habitantes. No referido ano, a doença alcançou cerca de 70% dos municípios do país, registrando 733,4 casos para cada 100 mil habitantes no Brasil (LINS; CIRIACO; JUNIOR, 2019).

Em se tratando da variável dependente, foi utilizada a taxa de incidência de dengue, isto é, casos notificados de dengue dividido pela população do município multiplicado por 100 mil. Foram utilizados como variáveis explicativas dados de água canalizada e rede coletora de esgoto, obtidos por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no período que compreende o ano de 2001 até 2016. A fêmea do *Aedes aegypti* necessita de criadouros que possuam água para a postura dos ovos. Assim, a insuficiência dos serviços de saneamento básico, como água encanada, obriga a população reservar água em depósitos, principalmente aqueles sem tampa. Esse comportamento promove a disseminação dos criadouros do mosquito. Consequentemente, a inclusão de variáveis explicativas como abastecimento de água e rede coletora de esgoto promoveria um melhor controle do efeito das políticas do LIRAa. Essas variáveis de controle foram denominadas variáveis ambientais.

Além disso, foram adicionadas as variáveis de temperatura média máxima e precipitação média. Ambos os dados foram coletados junto so Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para o mesmo período citado anteriormente. Conforme explicado nos parágrafos anteriores, o vetor transmissor precisa de água parada para depositar seus ovos. O acúmulo de água da chuva em objetos localizados em áreas urbanas pode aumentar a incidência de dengue. Ao observar diferentes regiões do Brasil, o clima quente de zona tropical, onde se localiza maior parte do território brasileiro, oferece condições favoráveis para a proliferação do mosquito (PAIVA; BRANDÃO; MIRANDA, 2015). Essas duas variáveis mencionadas foram denominadas de variáveis climáticas.

No presente trabalho, as variáveis socioeconômicas são os dados do Produto Interno Bruto (PIB) e o PIB *per capita* dos municípios, obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos mesmos períodos dos demais. A inclusão dessa variável se dá pelo fato de que municípios com maior PIB *per capita* e PIB municipal geralmente podem apresentar maior capacidade de implementação de políticas eficazes de combate ao vetor da dengue. Além disso, é necessário verificar se existe correlação entre tais variáveis e a incidência da dengue (GOMES; BASTOS; NASCIMENTO, 2017; SOUSA *et al.*, 2017).

O objetivo da utilização das variáveis explicativas é verificar a influência dessas características no perfil epidemiológico da dengue, bem como na capacidade de proliferação do *Aedes aegypti*. As variáveis apresentadas não dependem da política implementada, proporcionando uma confiabilidade nos resultados apresentados. As variáveis utilizadas neste trabalho podem ser observadas na Tabela 1 divididas em variável dependente e de controle.

Tabela 1 – Análise descritiva das variáveis

Variável	**Descrição**	**Ano**	**Fonte**
	Variável Dependente		
txdengue $_{jt}$	Índice de taxa de dengue no município j no tempo t	2001-2016	SINAN
	Variáveis de Controle		
pibmunic	PIB do município	2001-2016	IBGE
pibpcap	PIB *per capita* do município	2001-2016	IBGE

abastagua	Porcentagem de domicílios abastecidos por água encanada no município	2001-2016	SNIS
abastesgoto	Porcentagem de domicílios contemplados com tratamento de esgoto	2001-2016	SNIS
temp	Temperatura Média medida em graus Celsius	2001-2016	INPE
Precipit	Precipitação Média medidas em milímetros	2001-2016	INPE
T	Dummy que assume valor 1 se o município j participou do LIRAa no tempo t	2001-2016	Min. Da Saúde
t	Dummy que assume valor 1 para o período pós-política e 0 nos anos anteriores à política	2001-2016	Min. Da Saúde

Fonte: O Autor (2021)

3.1.1 Características dos grupos controle e tratado

Os dados do LIRAa foram obtidos através do Ministério da Saúde pelo Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD). De forma lenta, mas crescente os municípios aderiram ao LIRAa a partir de 2003, quando não eram obrigados a participar do programa, embora devessem se submeter às demandas exigidas pelo levantamento da infestação vetorial. A tabela 2 mostra a evolução dos casos de dengue ao longo do tempo, além do número de municípios que aderiram ao LIRAa no mesmo período.

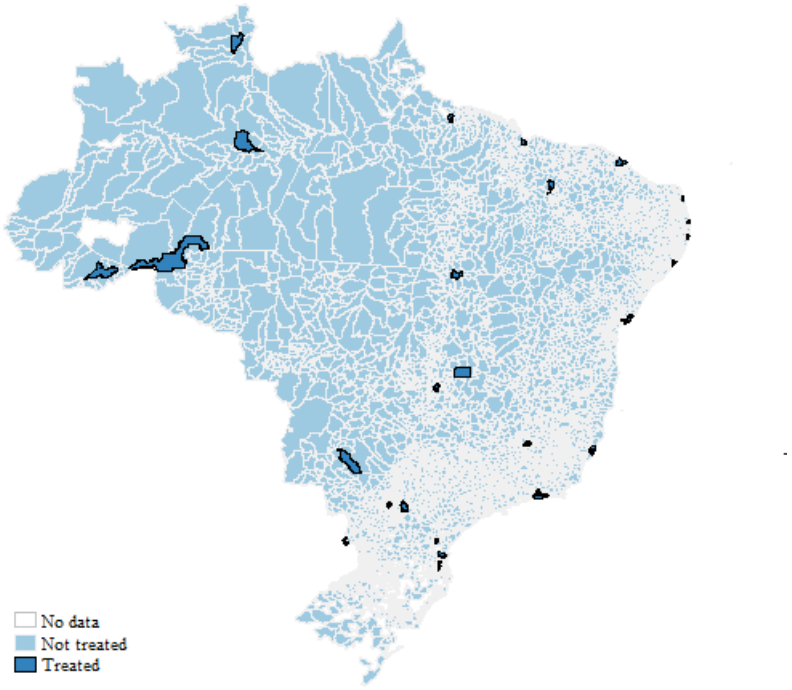
Tabela 2 – Municípios participantes do LIRAa 2001 - 2016

ANO	MUNICÍPIOS CONTEMPLADOS COM O LIRAa	TOTAL DE CASOS DE DENGUE
2001	-	389.480
2002	-	701.335
2003	45	277.425
2004	49	72.552
2005	131	151.412
2006	133	263.890
2007	147	500.531
2008	160	561.659
2009	157	411.733
2010	367	985.488
2011	555	689.277
2012	1230	582.365
2013	1420	1.432.234
2014	1419	591.128
2015	1589	1.697.801
2016	2202	1.518.841

Fonte: Ministério da Saúde (2016)

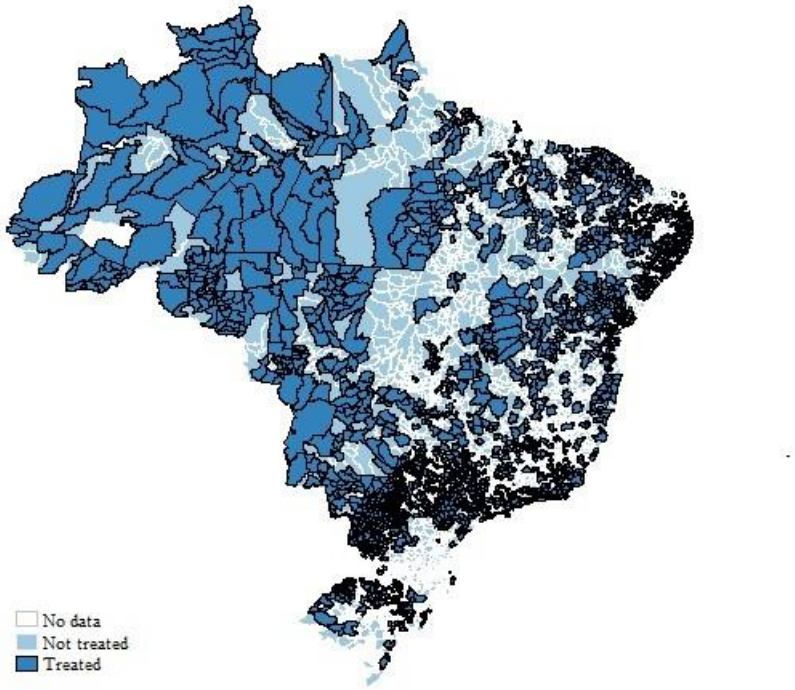
O Mapa 1 representa os 45 municípios que adotaram o LIRAa em 2003, quando o programa foi implementado. Com o passar dos anos, novos municípios foram adicionados. Em 2010, o número de municípios que aceitaram adotar o programa dobrou, atingindo um total de 2.284 municípios em 2016, conforme mostra o Mapa 2. A partir do ano de 2017, o LIRAa passou a ser obrigatório para todos os municípios brasileiros (BRASIL, 2017a).

Mapa 1 – Mapa dos municípios brasileiros que adotaram o LIRAa em 2003.



Fonte: Ministério da Saúde (2017).
Nota: O azul escuro e o azul claro se referem aos municípios tratados e não tratados, respectivamente.

Mapa 2 – Mapa dos municípios brasileiros que adotaram o LIRAa em 2016.



Fonte: Ministério da Saúde (2017).
Nota: O azul escuro e o azul claro se referem aos municípios tratados e não tratados, respectivamente.

A tabela 3 descreve as estatísticas descritivas somente dos municípios que adotaram no primeiro ano do programa, isto é, em 2003. Neste ano, todos os municípios apresentavam em média 320,19 casos de dengue para 100 mil habitantes.

Tabela 3: Estatística descritiva – municípios que adotaram o LIRAa em 2003

Variável Dependente	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Observações
Taxa de Incidência de dengue	320,19	854,45	0	14.352,64	4.066
Variáveis Explicativas	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Observações
PIB Municipal	388.912,5	3.930.900	1.015,7	$2{,}10^{8}$	4.066
PIB *per Capita* Municipal	6.162,37	7.452,3	1.015.7	168.956,4	4.066
Abastecimento de água (%)	28,61	37,30	0	100	4.066
Coleta de esgoto (%)	46,29	33,51	0	100	600
Temperatura Média (°C)	24,66	3,16	0	32,68	4.054
Precipitação Média (mm)	1.145,16	448,94	117,76	3.036.17	4.054

Fonte: O Autor (2021)

A tabela 4 mostra as estatísticas descritivas dos municípios até o final do ano de 2016. Um fato importante é que pouco mais da metade dos municípios apresentam coleta de esgoto.

Tabela 4: Estatística descritiva – municípios que adotaram o LIRAa – painel de 2003 a 2016

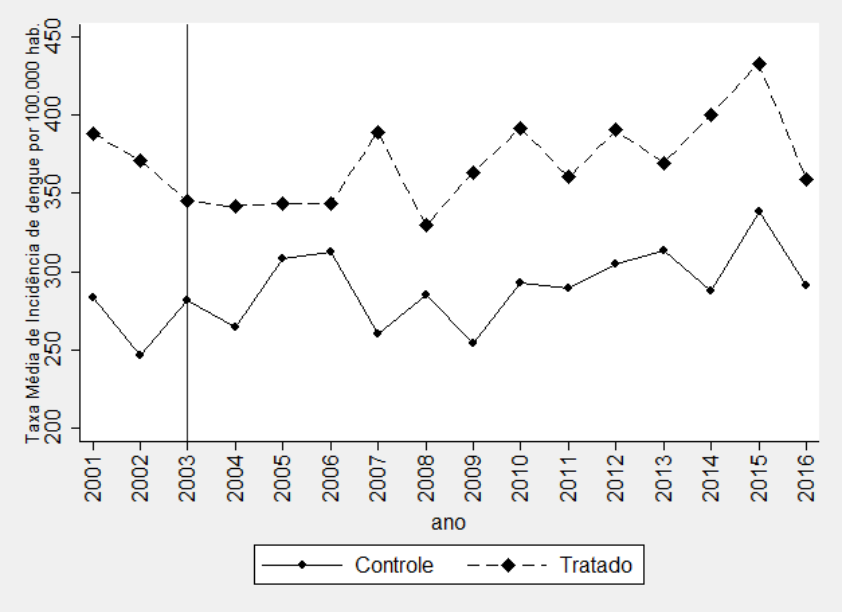
Variável Dependente	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Observações
Taxa de Incidência de dengue	338,25	910,74	0	33.624,39	65.056
Variáveis Explicativas	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Observações
PIB Municipal	388.912,5	3.930.900	1.015,7	$2{,}10^{8}$	65.056
PIB *per Capita* Municipal	11.482,21	15.989,39	301,6	815.697,8	65.048
Abastecimento de água (%)	51,54	36,27	0	100	65.056
Coleta de esgoto (%)	53,67	32,27	0	100	24.235
Temperatura Média (°C)	24,24	3,26	0	54,94	64.892
Precipitação Média (mm)	1.188,97	459,46	100,32	6.372.77	65.056

Fonte: O Autor (2021)

Para este estudo, os municípios que não notificaram os casos de dengue foram excluídos do base de dados. Portanto, foram analisados 4.090 municípios dos quais 1.806 municípios não receberam o LIRAa. Para esse grupo que não aderiu ao programa, o mínimo e o máximo da média da população foram 809 e 359.283, respectivamente. A taxa média da incidência foi de aproximadamente 288 casos no período. Já para os municípios que aderiram ao LIRAa, a população mínima era de 897 e a máxima de 12.038.175 indivíduos. A média dessa taxa para os demais municípios tratados foi de 370, aproximadamente.

O Gráfico 1 mostra a dinâmica das médias da taxa de incidência de dengue para o grupo tratamento (municípios que receberam o LIRAa a partir de 2003) e o grupo não tratado (municípios que não receberam o LIRAa) no período que compreende os anos de 2001 até 2016. Ambos os grupos serão apresentados com maiores detalhes posteriormente.

Gráfico 1 – Dinâmica da taxa de incidência média de dengue por 100 mil habitantes.



Fonte: O Autor (2021)

A falta de aleatoriedade na adoção do programa foi uma limitação da análise, uma vez que foram incluídos no programa os municípios com as maiores taxas de incidência de uso. Além disso, à medida que os municípios adotam o LIRAa, a taxa de incidência de dengue aumenta. Por este motivo, existe a necessidade do *Event Study*, uma vez que o método é capaz de captar o impacto que um evento tem na variável dependente em diferentes períodos de tempo.

No entanto, para amenizar esse problema, variáveis de controle socioeconômico foram adicionadas aos níveis municipais e o efeito fixo foi utilizado para contabilizar outras diferenças pré existentes entre os municípios, conforme recomendado por Rocha e Soares (2010). Uma vantagem do presente estudo é o longo período em que foi realizado, pois é possível estimar o efeito de longo prazo sobre a variável dependente.

3.2 METODOLOGIA

Dois métodos foram usados para estimar o impacto do LIRAa: diferença em diferenças e o *event study*, sendo o segundo o principal utilizado no presente estudo.

O primeiro método utilizado para estimar o impacto do programa (LIRAa) foi diferença em diferença (DD), que consiste em comparar não somente o grupo de tratamento antes e depois da adoção da política, mas também outro grupo de comparação que se assemelhe ao grupo tratado. Ainda nesse sentido, é necessário que esse outro grupo de comparação também sofra as mesmas influências das variáveis que afetam o grupo tratado e, portanto, possua função de um grupo de controle. A ideia do método diferença em diferenças consiste no fato de que o efeito real de um tratamento é obtido através de uma dupla diferença de um resultado de interesse, em que se deve comparar os resultados médios do grupo tratado antes e depois da política com os resultados médios do grupo de controle antes e depois da política.

Tendo como principal objetivo comparar as taxas de incidência da dengue por 100 mil habitantes nos municípios que receberam o LIRAa (grupo de tratamento), após o ano de 2003, e aqueles que não foram contemplados com o programa (grupo de controle), utilizando uma base de dados em painel, foi estimado o modelo descrito na equação:

$$txdengue_{jt} = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 t + \beta_3 T \cdot \mathrm{t} + X_{jt}\vartheta + \epsilon_{jt} \quad (1)$$

A variável $txdengue_{jt}$ é a taxa da incidência da dengue no município *j* no ano *t,* T é uma *dummy* que assume 1 se *j* é tratado, 0 caso contrário; t é uma *dummy* que assume valor 1 no período pós política, para os anos de 2003 em diante, 0 caso contrário; X_{jt} inclui controle das características sociais, econômicas e climáticas de *j* no ano *t*; o ε_{jt} é o erro estocástico.

O parâmetro utilizado para realizar a análise da equação 1 foi o β_3, uma vez que foi através da interação entre as *dummies* de tratamento (T) e tempo (t) que foram obtidos os resultados referentes ao impacto da política. Considerando que o modelo foi especificado corretamente, a estratégia adotada de monitoramento do vetor da dengue através do LIRAa possui um impacto positivo no controle da dengue.

Como o estudo foi realizado para vários municípios que possuem aspectos diferentes entre si, foi utilizado o *Propensity Score Matching* (PSM) para realizar uma equivalência entre os municípios dos grupos que receberam o

tratamento e aqueles que não receberam. A ideia seria agrupar os municípios que possuem características semelhantes nos dois grupos para fazer um pareamento e, em seguida, avaliar os resultados obtidos entre os municípios. O PSM foi estimado por meio de uma regressão logística.

O segundo método utilizado foi o *Panel Event Study*, sendo este método considerado o principal e mais importante utilizado no estudo. A vantagem de utilizá-lo é a possibilidade de analisar a dinâmica da trajetória de um efeito que foi aplicado às unidades, embora em diferentes períodos. Especificamente para este caso, o evento a ser considerado seria a adoção do LIRAa pelos municípios em diferentes anos.

Portanto este método inclui o artifício de leads e lags na estimação, que são variáveis binárias que indicam que um dado município se apresenta em períodos antes ou após o evento em questão. Considerando um município *i* e um período *t,* o objetivo principal seria estimar a média da variável dependente do LIRAa em anos diferentes e em municípios distintos.

Ainda nesse sentido, o algoritmo utilizado para a realização deste modelo omite um único lead ou lag visando capturar a *baseline* – um período de referência para os demais, uma vez que é omitido, o qual por padrão dentro do algoritmo é -1.

Apesar da disponibilidade de 16 anos na base de dados, não é necessário incluir todos na análise, uma vez que Borusyak e Jaravel (2017) demonstram a necessidade de excluir pelo menos algum período para evitar multicolinearidade. Além disso, os autores Schmidheiny e Siegloch (2019) sugerem que haja limitação das janelas de efeito para um número definido de lags e leads, uma vez que na amostra do presente estudo todos os municípios receberam tratamento. Isto abre espaço para uma discussão sobre qual o melhor indicador de tempo que deveria ser excluído. Os autores Abraham e Sun (2019) ressaltam que isto é uma prática baseada na interpretação, desde que os indicadores que se encontram distantes do tratamento sejam excluídos. Desta forma, a equação a ser estimada é:

$$y_{it} = \alpha + \beta_{10}(Lead\ 10)_{it} + \ldots + \beta_2\ (Lead\ 2)_{it} + \varphi_0(Lag\ 0)_{it} + \ldots + \varphi_{10}(Lag\ 10)_{it} + \mu_i + \lambda_t + X_{it}^{J}\,\theta + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

onde y_{it} denota a taxa de incidência de dengue no município *i* no ano *t* por 100 mil habitantes. Os indicadores de lead e lag são os períodos relativos antes e depois da adoção do LIRAa no município *i* e no ano *t.* Efeitos fixos do município μ_i – controle de características não observadas invariáveis no tempo. Efeitos fixos de ano λ_t – controlam qualquer impacto não observado que afeta a evolução dos casos no país entre os municípios. Além disso, X_{it} são controles variáveis no tempo explicados na subseção anterior.

Após a definição de 10 leads e lags, foram excluídas observações que não entraram nessa janela e, portanto, restaram 36.796 observações para a presente análise. Foi utilizado o *cluster* do erro padrão a nível municipal. No presente estudo foram utilizados 1.419 *clusters* balanceados de acordo com o tempo e a exposição do tratamento. Para evitar a ocorrência de viés, alguns autores alertam para o número de *clusters* uma vez que devem ser numericamente maiores que 20 (BERTRAND; DUFLO; MULLAINATHAN, 2004; CAMERON; MILLER, 2015). Contudo, esta situação não se aplica a este trabalho.

4 RESULTADOS

Como foi exposto anteriormente o objetivo principal do presente artigo é verificar a influência da utilização do LIRAa sobre a taxa de incidência de dengue nos municípios brasileiros, utilizando variáveis explicativas socioeconômicas, ambientais e climáticas. Portanto, para tal, foram realizadas várias estimações visando observar como se comportou a eficácia do programa ao longo do tempo e à medida em que foram acrescentadas outras variáveis de controle. Além do método diferença em diferenças foi considerado um segundo método, o *event study.* Em ambos os métodos a variável dependente considerada foi a taxa de incidência da dengue para cada grupo de 100 mil habitantes.

A tabela 5 apresenta os resultados do modelo estimado por meio do método diferença em diferenças cujo parâmetro de interesse é a interação entre as variáveis *dummies* de tempo e tratamento, considerando dados em painel balanceado para 16 anos (2001-2016) em que foram totalizadas 64.056 observações.

Tabela 5 – Resultado diferença em diferenças para o LIRAa entre 2001-2016

	(1)	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*(6)*
β_3	-37,76**	-40,06**	-37,82	-170,41**	-164,33**	-143,73**
	(22,12)	(22,10)	(22.07)	(85,30)	(84,97)	(84,94)
pibmunic	$3{,}40^{-7}$	$-3{,}26^{-7}$	$-6{,}31^{-7}$	$-7{,}70^{-7}$	$-7{,}44^{-7}$	$-6{,}82^{-7}$
	$(4{,}27^{-7})$	$(4{,}31^{-7})$	$(4{,}31^{-7})$	$(4{,}90^{-7})$	$(4{,}87^{-7})$	$(4{,}86^{-7})$
pibpcap		0,0024***	0,0017***	0,0009***	0,0010***	0,0012***
		(0,0002)	(0,0002)	(0,0003)	(0,0003)	(0,0003)
abastagua			1,42***	1,93***	1,91***	2,32***
			(0,10)	(0,44)	(0,43)	(0,44)
abastesgoto				1,13***	1,19***	1,10***
				(0,25)	(0,25)	(0,25)
temp					0,40***	0,32***
					(0,09)	(0.09)
precip						-0,11***
						(0,01)
const	265,20***	254,75***	234,68***	-6,52	-93,24	51,66
	(16,18)	(16,19)	(16,24)	(81,45)	(83,72)	(86,50)
Teste F	32,07**	49,64**	71,08**	21,49**	21,58**	24,00**

Fonte: O Autor (2021)
Nota: ***,**,* significante a níveis de 1%, 5% ou 10%, respectivamente.

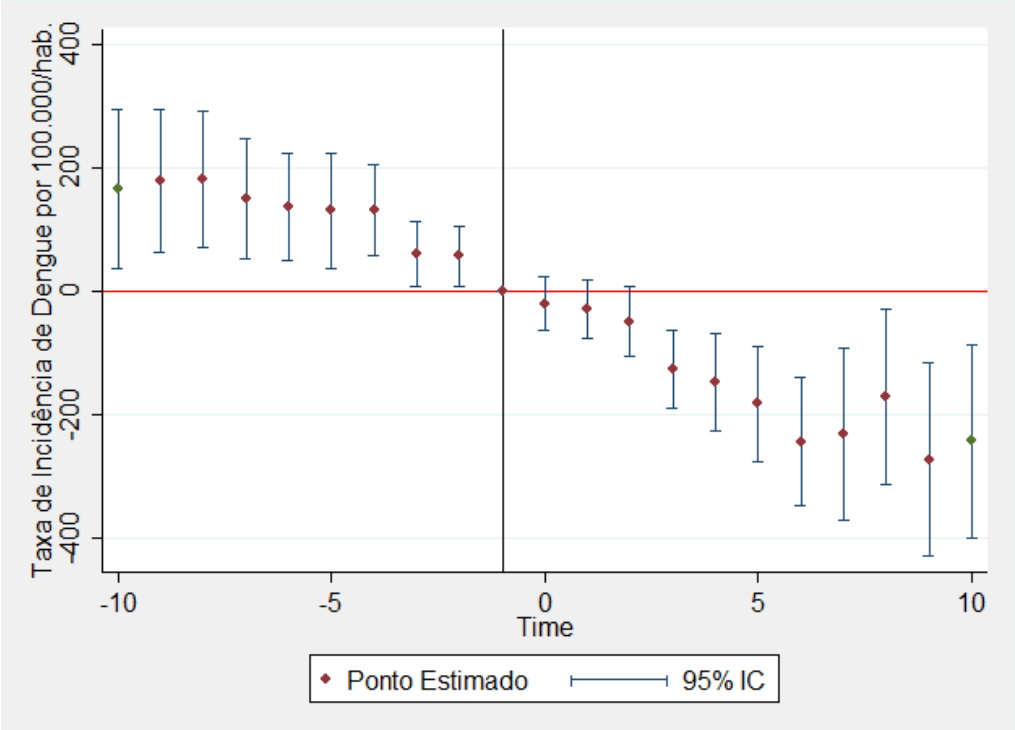
Foram realizadas estimações de maneira gradativa, isto é, adicionando as variáveis de controle de maneira escalonada. Após as estimações, o parâmetro de interesse (β_3 = -143,73; IC95% -320,5 a 13,1) permaneceu estatisticamente

significante a 5%. O sinal se manteve negativo em todos os estágios do modelo demonstrando que o efeito do tratamento é robusto em reduzir a taxa de incidência da dengue. Isso indica que, em média, os municípios inclusos no grupo de tratamento se beneficiaram da implementação do programa.

A utilização do instrumento LIRAa foi capaz de promover uma redução na taxa de incidência de dengue de aproximadamente 144 casos em cada 100 mil habitantes. Ainda neste sentido, responsáveis por controlar o efeito da política, os coeficientes das variáveis explicativas socioeconômicas, ambientais e climáticas apresentaram significância estatística, com exceção da variável PIB municipal, pertencente ao primeiro grupo.

No Gráfico 2 são apresentados os resultados do *event study*. Também são apresentados os pontos estimados com intervalos de confiança a 95% tomando como base os erros-padrões *clustered* por municípios. Os resultados foram estimados absorvendo 2 efeitos fixos – de tempo e de município. O período de referência utilizado é um ano anterior à adoção do programa para cada município. Na tabela 5 são indicados os valores dos parâmetros para cada lead e lag juntamente com o desvio-padrão e o intervalo de confiança.

Gráfico 2 – Resultados da equação 2 para o método *Event Study*.



Fonte: O Autor (2021)

Apesar dos benefícios de se usar o *event study* e medir a dinâmica do efeito do tratamento por meio do lead e lag, é possível que a interpretação do coeficiente utilizando o lead e lag no *twoway fized effects* seja difícil compreensão se houver heterogeneidade no efeito do tratamento ao longo do tempo (GOODMAN-BACON, 2021). Dessa forma, foi necessário “saturar” o modelo para que não ocorra esse problema de heterogeneidade. Assim, a solução é usar um estimador chamado *interaction-weighted* (estimador ponderado por interação). Portanto, os parâmetros são equivalentes a diferença mediana variável dependente para uma amostra nos períodos antes do tratamento e a média para aqueles municípios que não foram tratados nesse intervalo de tempo. Além disso, esse método utiliza os municípios que não foram tratados como controle, e a medida em que vão aderindo ao programa passam a ser considerados como tratados.

Por meio do Gráfico 2 e da tabela 6, é possível constatar a magnitude do efeito do LIRAa diminuiu a taxa de incidência para grande parte dos municípios após a adoção da política, com destaque para o nono lag, com redução média de 274 casos. A falta de significância estatística no ano da criação do programa e no ano subsequente possivelmente pode ser explicada por um tempo em que os gestores necessitam para adaptar a técnicas do LIRAa ao município. Por fim, apesar do segundo método se utilizar de um número menor de observações, os resultados de ambos os métodos se assemelham.

Tabela 6: Efeito do LIRAa na taxa de incidência de dengue - *Event Study*

Pré LIRAa	β_x	σ_x	IC95%	Pós LIRAa	β_x	σ_x	IC95%
Anos antes do LIRAa = 10	167,76***	65,69	35,90 a 293,62	Ano do LIRAa	-20,63	22,54	-64,85 a 23,57
Anos antes do LIRAa = 9	178,14***	59,47	61,48 a 294,80	Ano após o LIRAa = 1	-30,81	24,20	-78,30 a 16,66
Anos antes do LIRAa = 8	180,91***	56,68	69,72 a 292,09	Anos após o LIRAa = 2	-49,98*	28,79	-106,46 a 06,48
Anos antes do LIRAa = 7	149,45***	49,45	-52,45 a 246,44	Anos após o LIRAa = 3	-127,04***	32,10	-190,02 a -64,06
Anos antes do LIRAa = 6	136,30***	43,87	-50,25 a 222,35	Anos após o LIRAa = 4	-148,03***	39,82	-226,16 a -69,91
Anos antes do LIRAa = 5	129,65***	47,79	-35,91 a 223,40	Anos após o LIRAa = 5	-183,14***	47,28	-275,89 a -90,39
Anos antes do LIRAa = 4	130,81***	37,19	-57,85 a 203,76	Anos após o LIRAa = 6	-244,73**	53,40	-349,49 a -139,97
Anos antes do LIRAa = 3	59,13**	26,80	-06,56 a 111,71	Anos após o LIRAa = 7	-232,45***	71,04	-371,80 a -93,09
Anos antes do LIRAa = 2	56,52**	25,15	07,17 a 105,86	Anos após o LIRAa = 8	-171,68***	72,08	-313,08 a 30,28
				Anos após o LIRAa = 9	-274,02***	79,99	-430,93 a 117,12
				Anos após o LIRAa = 10	-243,88***	79,57	-399,97 a -87,80
Var. Ambientais	Sim						
Var. Climaticas	Sim						
Var. Socioeconômicas	Sim						
Ef. Fixo Ano	Sim						
Ef. Fixo Município	Sim						
Observações	36,796						

Fonte: O Autor (2021)

Nota: ***,**,* significante a níveis de 1%, 5% ou 10%, respectivamente.

Portanto, como forma de verificar a robustez dos resultados, foram realizados dois testes: restrições das amostras e o teste de falsificação. Conforme apresentado na tabela 7, o número dos municípios foi limitado para verificar se a tendência encontrada no resultado se mantém. Os valores se apresentaram robustos e significantes (p<0,10) para municípios com 50 mil habitantes ou mais, com 200.000 habitantes ou mais e para todos os municípios brasileiros. Portanto, os resultados confirmam, por meio da restrição da população, modelo apresentado é robusto.

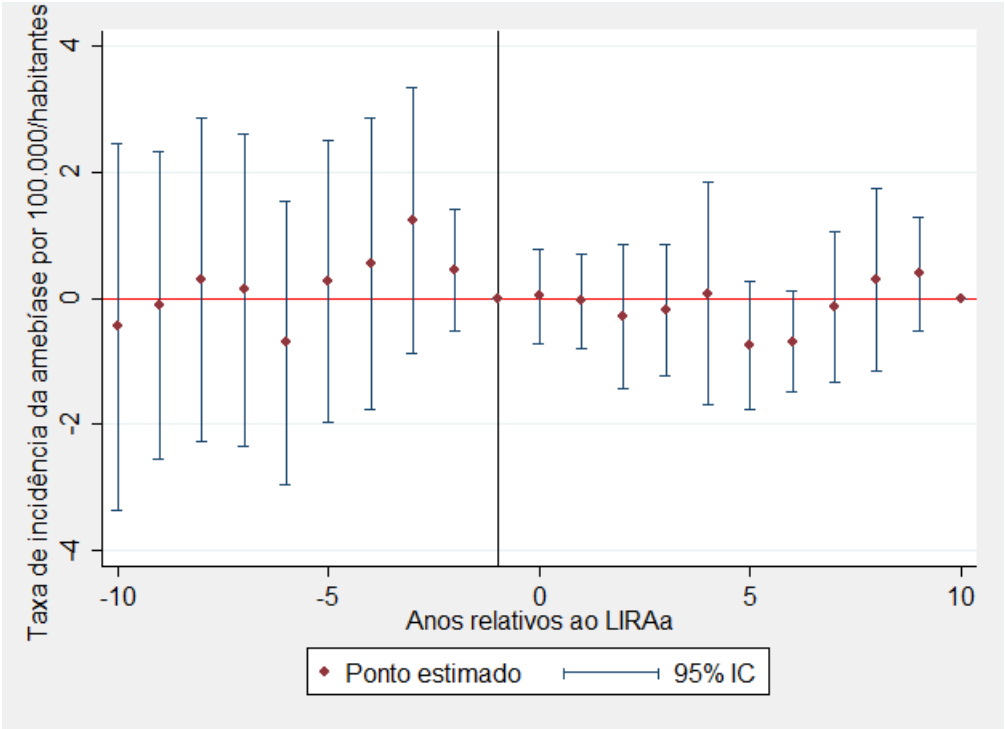
Tabela 7 – Teste de robustez – Restrição da amostra

	Municípios com 50 mil habitantes ou mais	Municípios com 200 mil habitantes ou mais	Todos os municípios brasileiros
LIRAa	-168,34*	-139,85*	-99,14*
	(102,85)	(165,66)	(35,14)
Observações	7.629	1.650	84.064
Municípios na amostra	572	132	5570
Ef. Fixo Município	Sim	Sim	Sim
Var. Controle	Sim	Sim	Sim

Fonte: O Autor (2021)
Nota: ***,**,* significante a níveis de 1%, 5% ou 10%, respectivamente.

O teste de falsificação consiste em relacionar outra doença com o LIRAa com a finalidade de verificar se não existem variáveis omitidas ou algum choque, que já existiam no período da criação do programa, nos municípios tratados. Logo, foi utilizada a taxa de incidência da amebíase por 100 mil habitantes como variável dependente na utilização do teste, mantendo todas as demais variáveis já utilizadas anteriormente. Esta doença, presente em países com clima tropical, está fortemente relacionada à ausência ou má condição do saneamento básico. Na (θ_3 = -5,42; IC95% -13,91 a 3,06). No Gráfico 3 se refere a estimação do *event study*, que claramente não apresenta tendência antes e após a utilização do LIRAa. Tais resultados diminuem preocupações acerca do modelo utilizado e ratifica captura do efeito causal do programa sobre a taxa de incidência de dengue.

Gráfico 3 – Teste de falsificação – taxa de incidência da amebíase por 100 mil habitantes. Estimação utilizando o *Event Study.*



Fonte: Datasus (2016)

5 DISCUSSÃO

Os resultados dos modelos utilizados, diferença em diferenças e o *event study*, demonstraram indícios de que os municípios que adotaram o LIRAa apresentaram diminuição na taxa de incidência média de dengue. Apesar da diferença na maneira de estimação, os resultados apresentaram consonância entre si. Vários fatores foram responsáveis pela alteração da dinâmica de como a dengue afeta os municípios brasileiros.

A abordagem do *event study* se diferencia do método diferença em diferenças, uma vez que os municípios são contabilizados em anos distintos. Isto significa que alguns municípios aderiram o LIRAa mais cedo, enquanto que outros adotaram ao final do período estudado. Dessa forma, para cada ponto estimado no Gráfico 2 há diferentes quantidade de municípios na amostra.

Imediatamente após a adoção do LIRAa, nos primeiros anos de implantação, os resultados iniciais não apresentaram significância, pois existe um período de adaptação inicial ao programa. Sendo assim, os municípios que seguiram as orientações do programa demonstraram indícios de uma diminuição na taxa de incidência de dengue após alguns anos. Por exemplo, após o nono ano fazendo parte do LIRAa, os municípios apresentaram uma redução de 274 casos ($p < 0,001$) em média. Esta tendência de diminuição de casos se mostra na maioria dos lags, isto é, nos períodos pós adoção da política

Um dos fatores que torna o combate ao vetor ainda mais árduo é a forma de proliferação do mosquito, que age em áreas mais urbanizadas. Segundo Lins e Candeias (2018), à medida em que houveram expansão nas atividades, gerando mais empregos e atraindo renda tanto para as cidades quanto para a área rural, o vetor também conseguiu expandir sua faixa geográfica, se tornando ainda mais comum em áreas urbanas. Ademais, o aumento de depósitos de lixo, fruto do aumento do consumo de maneira irregular, estimula a proliferação do mosquito, uma vez que necessitam de água parada para sua reprodução, a qual geralmente é encontrada nesses despejos.

Além da dengue, o surgimento de outras doenças como Zika e Chikungunya, as quais possuem o mesmo vetor transmissor, foram responsáveis pela maior conscientização da população e dos gestores acerca

da vigilância contra o *Aedes aegypti*. No início de 2013, os primeiros casos de Zika começaram a surgir no Brasil. Equivocadamente as pessoas que apresentaram sintomas da doença foram diagnosticadas com dengue, isto porque os sintomas de ambas as doenças são semelhantes. Ao final de 2015, o Ministério da Saúde decretou situação de emergência dado o surto que ocorreu em muitos municípios, com o agravante do risco de gestantes gerarem crianças com microcefalia. Esses fatores mobilizaram gestores, cientistas e a sociedade a fim de definir estratégias para combater o avanço do vetor (ZANOTTO; LEITE, 2018)

Um outro fator exógeno que é capaz de atingir a população é o surgimento de epidemias. Entre 1990 e 2017 o Brasil foi acometido de várias epidemias com períodos interepidêmicos de 3 a 4 anos sendo o pico de casos de dengue em 2015 (ANDRIOLI; BUSATO; LUTINSKI, 2010). Neste mesmo ano a dengue foi responsável por um maior gasto com trabalhadores acometidos pela doença, sendo 200% superior ao custo *per capita* de saúde no Brasil. Apesar disso, após a obrigatoriedade da adesão do LIRAa por parte dos municípios em 2017, o número de casos no país apresentou uma acentuada diminuição, cerca de 90% (ARAÚJO, 2018). Isto evidencia a importância de medidas preventivas como a como a utilização de programas como o LIRAa, o qual auxilia a promover um direcionamento por parte dos gestores e da população para frear os avanços na proliferação do *Aedes aegypti*.

Por outro lado, a eficácia do programa pode estar relacionada ao investimento aplicado no combate de arboviroses. No Brasil, somente em 2016, o custo de enfrentamento ao mosquito transmissor foi próximo de R$ 1,5 bilhão. Além disso, na América Latina, é o país que possui maior custo associado à doença (TEICH; ARINELLI; FAHHAM, 2017).

`Uma fração dessa quantia foi repassada aos Agentes Comunitários de Saúde (ACS). São formadas equipes com esses agentes, em quantidades definidas de integrantes, responsáveis por fiscalizar uma quantidade de pessoas e de regiões dos bairros inseridos nos municípios. Os ACS possuem objetivo, dentre muitos, de orientar os indivíduos e a comunidade, bem como identificar os riscos. No país, a inserção de ACS chegou a 264.265 no ano de 2017 (ARAÚJO, 2018). Possivelmente houve redução de casos de incidência de

dengue por conta do fortalecimento de ações educativas por meio dos agentes. Tal medida contribuiu para o resultado apresentado em relação ao LIRAa.

Portanto, devido ao surgimento das novas arboviroses e às consequências provenientes das doenças por elas transmitidas, as medidas de enfrentamento determinadas pelo PNCD foram aplicadas de maneira mais rígida (ZARA *et al.*, 2016). Existe uma dificuldade em fiscalizar se de fato os dirigentes aplicaram corretamente as medidas recomendadas pelo programa, uma vez que cada localidade age de maneira distinta no combate ao *Aedes aegypti*. Dessa forma, o grau de sucesso dos municípios em relação ao enfrentamento da dengue está diretamente relacionado com o grau de rigor das medidas combativas pelos gestores dos municípios.

Um estudo realizado por SOUZA *et al.* (2021) constitui um exemplo que corrobora com a importância da aplicação de medidas citadas anteriormente. Neste trabalho, o autor relata que hou uma diminuição de casos de dengue no município de Porto Velho – Rondônia, entre 2017 e 2020, enquanto que, durante a pandemia do COVID-19, houve uma elevação de 240% nos casos quando comparado com o ano anterior. Segundo o autor, através de uma pesquisa aplicada acerca das ações de enfrentamento ao *Aedes aegypti* à população, houve ausência de visitas domiciliares, de ações sociais e de campanhas de conscientização. Isto evidencia a importância da contínua vigilância por parte dos gestores e da população.

Apesar dos fatores citados anteriormente, a aplicação do LIRAa foi de encontro com o que foi abordado por Maccormack-gelles *et al.* (2020), muito embora tenha corroborado com a tese de Teixeira *et al.* (2021) indicando que o programa foi capaz de, não somente estimar a localidade da infestação do vetor, mas também antever a circulação de arboviroses. Estes resultados apontam para um efeito positivo referente à monitoração do vetor *Aedes aegypti*, reforçando a importância da elaboração de políticas públicas direcionadas ao controle da dengue. Dessa forma, o LIRAa se mostrou como uma importante ferramenta no combate a dengue e às demais arboviroses.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dengue e sua correlação com fatores socioeconômicos, climáticos e ambientais é comumente encontrada em países tropicais. As consequências do grande número de infecções são a diminuição do bem-estar individual e o aumento dos gastos como recursos públicos voltados para o combate à doença. A curto prazo, a luta entre os brasileiros e o *Aedes aegypti* parece não ter fim. Porém, com uma maior conscientização dos gestores e da população, é possível controlar a doença e possivelmente erradica-la em longo prazo.

Este trabalho evidencia a contribuição do LIRAa para a redução da taxa de incidência de dengue nos municípios brasileiros. Utilizaram-se dados em painel obtidos a partir do SINAN para o período de 2001 a 2016. Foi empregado como referência o ano de 2003, uma vez que foi o período em que passou a vigorar a implementação do LIRAa, no qual o grupo de tratamento e o grupo de controle foram compostos por municípios contemplados ou não pelo programa, respectivamente.

Foram aplicados dois métodos: diferença em diferenças e o *Event Study*. Utilizando o primeiro método os municípios que receberam o programa, em média, conseguiram, diminuir a taxa de incidência de dengue aproximadamente 144 casos por 100 mil habitantes. Usando o *event study*, após a aplicação do *Propensity Score Matching* e explorando os municípios que aderiram ao programa em diferentes anos, o resultado se manteve coerente com o primeiro método apresentando diminuição média de 274 casos.

Os resultados foram robustos em duas simulações: de restrição de amostra e o de falsificação. Isso afasta a possibilidade de características não observadas afetarem a dinâmica da diminuição da taxa de incidência da dengue.

Assim, existe a necessidade de verificar a eficiência do LIRAa como um instrumento para monitorar a dengue, uma vez que o país continua sendo um dos mais afetados com a doença no mundo. Por isso, o presente trabalho se faz necessário, pois avalia todos os municípios de maneira global, possibilitando ter um novo panorama acerca das medidas combativas contra a dengue.

O LIRAa age como um termômetro indicando onde se encontram os focos de dengue. Entretanto, apenas isto não é o suficiente para enfrentar o *Aedes aegypti*. As ações da sociedade e dos gestores municipais devem cooperar para a diminuição da proliferação do mosquito transmissor.

Os resultados lançam luz sobre a urgência e a continuidade acerca do enfrentamento ao *Aedes aegypti*. Destarte, combater o vetor com eficiência para evitar a disseminação do vírus é necessário. Além disso, dado o alto custo para sustentar o sistema de saúde público desenhado para prover acesso universal aos brasileiros, uma diminuição de gastos relacionados à dengue beneficiaria todos os brasileiros pagadores de impostos.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, S.; SUN,L Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. arXiv preprint: 1804.05785, 2018

AITH, Fernando Mussa Abujamra. O direito à saúde e a política nacional de atenção integral aos portadores de doenças raras no Brasil. Jornal Brasileiro de economia da saúde: JBES, São Paulo, v. 6, p. 4-12, 2014.

AMONDO, Emily Injete; MARTINELLI, Fernanda Silva; OGBU, Kingsley Nnaemeka. Effects of climate on dengue transmission and its economic costs for the Brazilian States. 2018.

ANDRIOLI, Denise Catarina; BUSATO, Maria Assunta; LUTINSKI, Junir Antonio. Spatial and temporal distribution of dengue in Brazil, 1990-2017. PloS one, v. 15, n. 2, p. e0228346, 2020.

ARAÚJO, Amanda Bezerra de. Uma análise das políticas de controle e combate à dengue no Brasil. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

ARAÚJO-JORGE, Tania et al. Doenças negligenciadas, erradicação da pobreza e o plano Brasil sem Miséria. Campelo T, Falcão T, Costa P, organizadores. O Brasil sem Miséria. Brasília (DF): Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, p. 703-26, 2014.

AYALA, Ana María et al. Urban populations of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from central Argentina: Dispersal patterns assessed by Bayesian and multivariate methods. Journal of medical entomology, v. 57, n. 4, p. 1069-1076, 2020.

BARRERA, Roberto; AMADOR, Manuel; MACKAY, Andrew J. Population dynamics of *Aedes aegypti* and dengue as influenced by weather and human behavior in San Juan, Puerto Rico. PLoS neglected tropical diseases, v. 5, n. 12, p. e1378, 2011.

BERTRAND, Marianne; DUFLO, Esther; MULLAINATHAN, Sendhil. How much should we trust differences-in-differences estimates? The Quarterly journal of economics, v. 119, n. 1, p. 249-275, 2004.

BESERRA, Eduardo B. et al. Ciclo de vida de Aedes (Stegomyia) aegypti (Diptera, Culicidae) em águas com diferentes características. Iheringia. Série Zoologia, v. 99, p. 281-285, 2009.

BÍBLIA, A.T. Salmos. Português. *In:* Bíblia sagrada. Reed. Versão de João Ferreira de Almeida. São Paulo: Ed. Sociedade Bíblica do Brasil, Cap. 46, vers.10.

BONIFAY, Timothée et al. Poverty and arbovirus outbreaks: when chikungunya virus hits more precarious populations than dengue virus in French Guiana. In: Open forum infectious diseases. US: Oxford University Press, 2017. p. ofx247.

BORUSYAK, Kirill; JARAVEL, Xavier. Revisiting event study designs. Available at SSRN 2826228, 2017.

BRADY, Oliver J.; HAY, Simon I. The global expansion of dengue: how *Aedes aegypti* mosquitoes enabled the first pandemic arbovirus. Annual review of entomology, v. 65, p. 191-208, 2020.

BRAGA, Cynthia et al. Seroprevalence and risk factors for dengue infection in socio-economically distinct areas of Recife, Brazil. Acta tropica, v. 113, n. 3, p. 234-240, 2010.

BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. Epidemiologia e serviços de saúde, v. 16, n. 2, p. 113-118, 2007.

BRASIL. Portaria nº 1.347 de 24 de julho de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2002. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/Pm_1347_2002.pdf.

BRASIL. Ministério da Saúde. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2009. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/Pm_1347_2002.pdf.

BRASIL. Ministério da Saúde. Identificação de Áreas de maior vulnerabilidade para ocorrência de dengue no período de transmissão 2010/2011 com vistas a subsidiar a intensificação das ações de controle. Brasília, p.12, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de vigilância em saúde. Situação epidemiológica/dados. Casos de dengue: Brasil, grandes regiões e unidades federadas, 1990 a 2016. 2017

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução Nº 12, de 26 de janeiro de 2017. Diário Oficial República federativa do Brasil, Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&data=27/01/2017&pagina=38

CAMERON, A. Colin; MILLER, Douglas L. A practitioner's guide to cluster-robust inference. Journal of human resources, v. 50, n. 2, p. 317-372, 2015.

CARNEIRO, Marco Antonio F. et al. Environmental factors can influence dengue reported cases. Revista da Associação Médica Brasileira, v. 63, p. 957-961, 2017.

CARVALHO, Bruno Lopes et al. Susceptibility of *Aedes aegypti* populations to pyriproxyfen in the Federal District of Brazil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 53, 2020.

CAVALCANTE, Ana Carolina Policarpo et al. Levantamento rápido de índices para *Aedes aegypti* (LIRAa): Identificação de áreas de risco e mensuração de impactos de intervenções educativas. 2019.

CHAGAS, MARIA VALQUÍRIA LOPES PEDROSA et al. Ações Exitosas de Combate e Controle da Dengue: Propostas Inovadoras como Modelo de Promoção. Revista Brasileira de Ciências da Saúde, v. 21, n. 4, p. 369-378, 2017

COELHO, Giovanini Evelim. Relação entre o Índice de Infestação Predial (IIP), obtido pelo levantamento rápido (LIRAa) e intensidade de circulação do vírus do dengue. 2008.

Dallari, Sueli Gandolfi. O direito à saúde. Revista de Saúde Pública, SciELO Public Health, v. 22, p. 57-63, 1998

FERREIRA, E. A.; MACHADO, G.; MACHADO, C. B. G. Levantamento rápido do índice de Infestação por *Aedes Aegypti* (LIRAA) da Zona Oeste de Londrina/PR para o Período 2010-2013. In: Anais do VII Congresso Brasileiro de Geógrafos, Vitória: UFES/AGB. 2014.

DE MORAES GOMES, Bruno Silva; DE ANDRADE BASTOS, Suzana Quinet; NASCIMENTO, Bruna Rodrigues. Uma avaliação espacial da incidência da dengue nos municípios de Minas Gerais, nos anos 2000 e 2010. Ensaios FEE, v. 38, n. 1, p. 35-74, 2017.

GONÇALVES, Ádilla Katarinne et al. Monitoramento de *Aedes aegypti* por ovitrampas e pelo método LIRAa em Salgueiro, Pernambuco, Brasil. Hygeia-Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, v. 15, n. 32, p. 134-148, 2019.

GONÇALVES, Caio Willer Brito et al. Análise de medidas de controle e prevenção da dengue. Revista Interface (Porto Nacional), v. 19, n. 19, p. 63-71, 2020.

GOODMAN-BACON, Andrew. Difference-in-differences with variation in treatment timing. Journal of Econometrics, 2021.

GOULART, Sheila Oliveira et al. DENGUE NO BRASIL: Gestão de políticas públicas de controle e erradicação. Revista Estudo & Debate, v. 23, n. 2, 2016.

GUBLER, Duane J. Dengue and dengue hemorrhagic fever. Clinical microbiology reviews, v. 11, n. 3, p. 480-496, 1998.

HII, Yien Ling et al. Forecast of dengue incidence using temperature and rainfall. PLoS neglected tropical diseases, v. 6, n. 11, p. e1908, 2012.

PIMENTA JUNIOR, Fabiano Geraldo et al. Instrumento para avaliar a implantação do programa nacional de controle da dengue no âmbito municipal. 2005. Tese de Doutorado.

LAGROTTA, Marcos Thadeu Fernandes; SILVA, Wellington da Costa; SOUZA-SANTOS, Reinaldo. Identificação de áreas chave para o controle de *Aedes aegypti* por meio de geoprocessamento em Nova Iguaçu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, v. 24, p. 70-80, 2008.

LINS, Julyan Gleyvison Machado Gouveia; DA SILVA CIRÍACO, Juliane; DOS ANJOS JÚNIOR, Otoniel Rodrigues. Avaliando o impacto do financiamento federal no controle epidemiológico da dengue no Brasil. Revista Brasileira de Economia de Empresas, v. 19, n. 2, p. 23-38, 2019.

LINS, Taynã Maria; CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra. Estudo da influência de variáveis socioeconômicas em casos confirmados de Zika em Recife, Pernambuco. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 4, n. 1, 2018.

MACCORMACK-GELLES, Benjamin et al. Evaluation of the usefulness of *Aedes aegypti* rapid larval surveys to anticipate seasonal dengue transmission between 2012–2015 in Fortaleza, Brazil. Acta tropica, v. 205, p. 105391, 2020.

MANDERSON, Lenore et al. Social research on neglected diseases of poverty: continuing and emerging themes. PLoS Neglected Tropical Diseases, v. 3, n. 2, p. e332, 2009.

MELO, Rute Gisele de; PASQUALETTO, Antônio. O saneamento básico como forma preventiva da dengue em Aparecida de Goiânia-GO. 2012.

MONTEIRO, Fred Júlio Costa et al. Prevalence of dengue, Zika and chikungunya viruses in Aedes (Stegomyia) aegypti (Diptera: Culicidae) in a medium-sized city, Amazon, Brazil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 62, 2020.

MORDECAI, Erin A. et al. Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. PLoS neglected tropical diseases, v. 11, n. 4, p. e0005568, 2017.

ALFARO-MURILLO, Jorge A. et al. A cost-effectiveness tool for informing policies on Zika virus control. PLoS neglected tropical diseases, v. 10, n. 5, p. e0004743, 2016.

NASCIMENTO, Kauani Larissa Campana et al. Comparison between larval survey index and positive ovitrap index in the evaluation of populations of Aedes (Stegomyia) aegypti (Linnaeus, 1762) north of Paraná, Brazil. Environmental health insights, v. 14, p. 1178630219886570, 2020.

PAIVA, Paulo Roberto de Sousa; BRANDÃO, Cássia Barreto; DE MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros. ASSOCIAÇÃO ENTRE A INCIDÊNCIA DE DENGUE E OS ELEMENTOS CLIMÁTICOS NA XVI RA DE JACAREPAGUÁ-RJ. Geoambiente On-line, n. 24, 2015.

RIBEIRO, Mário Sérgio. Análise comparativa entre as metodologias de monitoramento da infestação do Aedes (Stegomyia) aegypti (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) associadas à transmissão de dengue nos municípios de Ioraí e Guapimirim, Rio de Janeiro. 2013. Tese de Doutorado.

RIVAS, Açucena Veleh et al. Building Infestation Index for *Aedes aegypti* and occurrence of dengue fever in the municipality of Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil, from 2001 to 2016. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 51, p. 71-76, 2018.

ROCHA, Romero; SOARES, Rodrigo R. Evaluating the impact of community-based health interventions: evidence from Brazil's Family Health Program. Health economics, v. 19, n. S1, p. 126-158, 2010.

GONÇALVES E SÁ, Ádilla Katarinne et al. Monitoramento da infestação de *Aedes aegypti* por utilização de ovitrampas e pelo método liraa em um bairro do município de Salgueiro, Pernambuco. 2018.

SCHMIDHEINY, Kurt; SIEGLOCH, Sebastian. On event study designs and distributed-lag models: Equivalence, generalization and practical implications. 2019.

SILVA, Ellen Tayanne Carla da et al. Spatial analysis of the distribution of dengue cases and its relationship with socio-environmental factors in the state of Paraíba, Brazil, 2007-2016. Saúde em Debate, v. 44, n. 125, p. 465-477, 2020.

SILVA, Fabrício Drummond et al. Temporal relationship between rainfall, temperature and occurrence of dengue cases in São Luís, Maranhão, Brazil. Ciencia & saude coletiva, v. 21, p. 641-646, 2016.

SILVA, Jesiel Souza et al. A dengue no brasil e as políticas de combate ao *Aedes aegypti*: da tentativa de erradicação às políticas de controle-the dengue fever in brazil and combat dengue fever to the aedes aegypti: Of the try eradication to control policies. Hygeia-Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, v. 4, n. 6, 2008.

SILVA, Maria Beatriz Araújo et al. Utilização do levantamento rápido de índice para *Aedes aegypti* (LIRAa) como ferramenta de vigilância à introdução do vírus Chikungunya em Recife. Brazilian Journal of Health Review, v. 3, n. 1, p. 936-954, 2020.

SIPPY, Rachel et al. Ingested insecticide to control *Aedes aegypti*: developing a novel dried attractive toxic sugar bait device for intra-domiciliary control. Parasites & vectors, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2020.

SOUSA, Wesley Leitão de et al. Interação entre fatores socioeconômicos ambientais e ocorrência de casos da dengue no Ceará. 2017.

SOUZA, Kathleen R. et al. Vector control measures failed to affect genetic structure of *Aedes aegypti* in a sentinel metropolitan area of Brazil. Acta tropica, v. 128, n. 3, p. 598-605, 2013.

SOUZA, Vytor Hugo Staut de et al. Análise epidemiológica dos casos de dengue no município de Porto Velho–RO. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 3, p. 29881-29894, 2021.

TEICH, Vanessa; ARINELLI, Roberta; FAHHAM, Lucas. *Aedes aegypti* e sociedade: o impacto econômico das arboviroses no Brasil. JBES: Brazilian Journal of Health Economics/Jornal Brasileiro de Economia da Saúde, v. 9, n. 3, 2017.

TEIXEIRA, Adriano Fernandes et al. Simultaneous circulation of zakat, dengue, and chikungunya viruses and their vertical co-transmission among *Aedes aegypti*. Acta Tropica, v. 215, p. 105819, 2021.

World Health Organization. Dengue and severe dengue. Disponível em: https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue. Acesso em: 1 de junho de 2021

QUERINO, Luana Andrade de Lima. Associação da variabilidade hídrica do açude Epitácio Pessoa e a autocorrelação espacial dos casos notificados por dengue em Campina Grande-PB. Tese de Doutorado, 2020.

ZANOTTO, Paolo Marinho de Andrade; LEITE, Luciana Cezar de Cerqueira. The challenges imposed by Dengue, Zika, and Chikungunya to Brazil. Frontiers in immunology, v. 9, p. 1964, 2018.

ZARA, Ana Laura de Sene Amâncio et al. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 25, p. 391-404, 2016.