



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública

MARIA DA CONSOLAÇÃO MAGALHÃES CUNHA

DENGUE EM BELO HORIZONTE: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL (1996 A 2019),
PREDIÇÃO DE CASOS (2007 A 2020) E ASSOCIAÇÃO COM VARIÁVEIS
SOCIOAMBIENTAIS (2010)

Belo Horizonte

2021

MARIA DA CONSOLAÇÃO MAGALHÃES CUNHA

DENGUE EM BELO HORIZONTE: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL (1996 A 2019),
PREDIÇÃO DE CASOS (2007 A 2020) E ASSOCIAÇÃO COM VARIÁVEIS
SOCIOAMBIENTAIS (2010)

Banca de defesa de tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do Título de Doutor em Saúde Pública.

Área de concentração: Saúde Pública

Orientadora: Dra. Waleska Teixeira Califa

Coorientadora: Dra. Maria Helena Franco Morais

Belo Horizonte

2021

C972d Cunha, Maria da Consolação Magalhães.
Dengue em Belo Horizonte [manuscrito]: distribuição espaço-temporal (1996 a 2019), predição de casos (2007 a 2020) e associação com variáveis socioambientais (2010). / Maria da Consolação Magalhães Cunha. - - Belo Horizonte: 2021.

180f.: il.

Orientador (a): Waleska Teixeira Califa.

Coorientador (a): Maria Helena Franco Moraes.

Área de concentração: Saúde Pública.

Tese (doutorado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Dengue. 2. Análise Espaço-Temporal. 3. Previsões. 4. Vulnerabilidade em Saúde. 5. Dissertação Acadêmica. I. Califa, Waleska Teixeira. II. Moraes, Maria Helena Franco. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. IV. Título.

NLM: WC 528

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitor: Profa. Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-Reitora: Prof. Alessandro Fernandes Moreira

Pró-Reitora de Pós-Graduação: Fábio Alves da Silva Júnior

Pró-Reitor de Pesquisa: Prof. Mario Fernando Montenegro Campos

FACULDADE DE MEDICINA

Diretor: Prof. Humberto José Alves

Chefe do Departamento de Medicina Preventiva e Social: Prof. Raphael Augusto T. de Aguiar

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA

Coordenadora: Profa. Luana Giatti Gonçalves

Subcoordenadora: Profa. Lidiane do Valle Camelo

COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA

Profa. Eli Iola Gurgel Andrade

Profa. Giatti Gonçalves

Profa. Sandhi Maria Barreto

Profa. Mariângela Leal Cherchiglia

Profa. Ada Ávila Assunção

Profa. Alaneir de Fátima dos Santos

Profa. Déborah Carvalho Malta

Thaís Cristina Marquezine Caldeira (Representante discente Titular) Cecília Nogueira Rezende (Representante discente Suplente)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA

ATA DA DEFESA DE TESE DA ALUNA

MARIA DA CONSOLAÇÃO MAGALHÃES CUNHA

Às 10:00 horas do dia 01 de dezembro de 2021, através de transmissão por videoconferência pela Plataforma Zoom, realizou-se a sessão pública para a defesa da Tese de **MARIA DA CONSOLAÇÃO MAGALHÃES CUNHA**. A presidência da sessão coube a **Professora Waleska Teixeira Caiaffa**, orientadora. Inicialmente, a presidente fez a apresentação da Comissão Examinadora assim constituída: **Profa. Maria Helena Franco Moraes - Coorientadora (Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte)**, **Prof. Albert Icksang KO (Yale School of Public Health)**, **Profa. Amanda Cristina de Souza Andrade (UFMT)**, **Prof. Fabio Raphael Pascoti Bruhn (UF Pelotas)**. Em seguida, a candidata fez a apresentação do trabalho que constitui sua **Tese de Doutorado**, intitulada: **"DENGUE EM BELO HORIZONTE: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL (1996 A 2019), PREDIÇÃO DE CASOS (2007 A 2020) E CORRELAÇÃO COM VARIÁVEIS SOCIOAMBIENTAIS (2010)"**. Seguiu-se a arguição pelos examinadores e logo após, a Comissão reuniu-se, sem a presença da candidata e do público e decidiu considerar **aprovada a Tese de Doutorado**. O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pela presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a presidente encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, depois de lida, se aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 01 de dezembro de 2021.

Assinatura dos membros da banca examinadora:

AGRADECIMENTOS

À profa. Orientadora Dra. Waleska Teixeira Caiaffa;

À coorientadora Dra. Maria Helena Franco Moraes;

À Larissa Lopes Lima; aluna de doutorado do CEFET;

À Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte, representada pelos técnicos das áreas de vigilância à saúde;

À Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), Programa Permanente de Capacitação Docente (PPCD), aos coordenadores dos Cursos de Enfermagem e Medicina Veterinária;

Ao Observatório de Saúde Urbana da UFMG, colegas do grupo GPE, do mestrado, do doutorado e à Márcia Maria Pereira Leite Ribeiro;

À equipe da Universidade da Califórnia em Berkeley, aos alunos de pós-graduação que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Dr. Fábio Raphael Pascoti Bruhn e a aluna de pós-graduação Bianca Conrad Bohm da Universidade Federal de Pelotas;

Ao Dr. José Eduardo Marques Pessanha *in memoriam*

A cidade. Os modernos quase que completamente esqueceram o verdadeiro sentido desta palavra: a maior parte confunde as construções materiais de uma cidade com a própria cidade e o habitante da cidade com um cidadão.

Eles não sabem que as casas constituem a parte material, mas que a verdadeira cidade é formada por cidadãos.

Jean-Jacques Rousseau

O Contrato Social, capítulo VI

RESUMO

A dengue é um arbovirose reemergente com ampla ocorrência endêmica no hemisfério sul. Nas Américas as ocorrências aumentam, em 40 anos o número de casos acumulados passou de 1,5 milhão na década de 1980 para 16,2 milhões na década de 2010-2019. O número de casos no continente americano em 2019 reafirmou a gravidade, foram cerca de 3,1 milhões de notificações, com 28.000 casos graves e 1.534 óbitos. Esta tese relata estudos sobre os vinte e quatro anos da dengue em Belo Horizonte, MG, Brasil (1996 a 2020). A introdução apresenta o histórico sobre protocolos de controle desde 1996 e um estudo exploratório usando a dependência espacial pelas estatísticas de Moran's I e do Indicador Local de Associação Espacial (LISA) para casos de dengue e ovitrampa, a estatística de Razão de *Kernel* e a estatística de varredura (Scan) para casos de dengue. A série histórica da dengue em Belo Horizonte mostrou, após o surto de 1996, cinco epidemias em 1998, 2010, 2013, 2016 e 2019. As taxas de incidência foram crescentes (3.755/2.053/3.949/6.176 e 4.894,5 casos por 100.000 habitantes) e decorrentes de alta transmissão. Os seguintes objetivos foram desenvolvidos; análise do comportamento temporal dos casos em diferentes períodos, utilizando modelos preditivos (artigo 1) e investigação da associação entre dengue e variáveis sociais e ambientais em 2010 (artigo 2). Abordagens ecológicas foram adotadas nos estudos; o primeiro acompanhou o comportamento dos casos no período 2007 a 2020, utilizando a Média Móvel Autorregressiva Integrada Sazonal (SARIMA) para prever os anos de 2016 a 2020. No segundo estudo buscou-se pela associação entre o risco de ocorrência de dengue e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), até então não investigados na cidade, em modelos de regressão, estudo cross-sectional, analítico de múltiplos grupos. No estudo exploratório, a estatística Moran local (LISA) apontou dependência espacial local, exceto em 2000. Moradores do norte da cidade tinham quase 23 vezes mais chance de ter dengue, comparados aos do sul. As estatísticas de varredura espaço temporal identificaram 22 clusters significativos, com o risco relativo variando de 2,65 (2010) a 22,88 (2013), metade deles na região norte. O modelo de predição SARIMA (3,1,1) (0,0,0)₁₂ para os períodos 2007 a 2020 indicaram a ocorrência esperada de casos epidêmicos em 2016 e 2019 e não epidêmicos em 2017, 2018 e 2020. No entanto, o amplo intervalo de confiança dos modelos remete ao questionamento sobre sua robustez. A presença do verde no meio ambiente pode se relacionar a ocorrência de dengue, modificada pela vulnerabilidade socioeconômica (IVS). O modelo SARIMA deve ser revisto ao prever padrões epidemiológicos considerando a importância de buscar fatores que interferem nos padrões de transmissão, e ampliar a investigação dos modelos de predição em sistemas de vigilância de doenças. Características socioambientais relacionadas à presença de vegetação parecem associadas, principalmente em áreas vulneráveis. Aglomeração e dispersão dos casos de dengue ao longo do tempo devem orientar trabalhos sobre mobilidade de hospedeiro/vírus/vetor e indicar regiões prioritárias para intervenção. Os estudos desenvolvidos permitiram análises para conhecimento do padrão de ocorrência de dengue e podem direcionar políticas públicas de controle.

Palavras-chave: dengue, análise espaço-temporal, modelos de predição, vulnerabilidade à saúde

Abstract

Dengue is a re-emerging arbovirus with wide endemic occurrence in the southern hemisphere. In the Americas the occurrences increase, in 40 years the number of accumulated cases increased from 1.5 million in the 1980s to 16.2 million in the 2010-2019 decade. The number of cases in the Americas in 2019 reaffirmed the seriousness, there were about 3.1 million notifications, with 28,000 serious cases and 1,534 deaths. This thesis reports studies on the twenty-four years of dengue in Belo Horizonte, MG, Brazil (1996 to 2020) with the following objectives: analyze the temporal behavior of cases in different periods, using predictive models (article 1) and investigate the association between dengue and social and environmental variables in 2010 (article 2) and know the spatiotemporal pattern of cases and the positivity of ovitraps (analysis exploratory in progress). Ecological approaches were adopted in the studies; the first followed the behavior of cases in the period 2007 to 2020, using the "Seasonal Integrated Autoregressive Moving Average (SARIMA) to predict the years from 2016 to 2020. In the second study, the association between the risk of occurrence of dengue and the Index was sought of Normalized Difference Vegetation (NDVI), until then not investigated in the city, in regression models, cross-sectional, multi-group analytical study. In the exploratory study, several spatial analyzes were used, the spatial dependence by Moran's I statistics and the Local Indicator of Spatial Association (LISA) for dengue and ovitrap cases, the *Kernel* Ratio statistic, and the scan statistic (Scan) for cases of dengue. The historical series of dengue in Belo Horizonte showed, after the 1996 outbreak, five epidemics in 1998, 2010, 2013, 2016 and 2019. The incidence rates were increasing (3,755/2,053/ 3,949/6,176 and 4,894.5 cases per 100,000 inhabitants) and resulting from high transmission. The SARIMA prediction model (3.1,1) (0.0,0)12 for the periods 2007 to 2020 indicated the expected occurrence of epidemic cases in 2016 and 2019 and non-epidemic cases in 2017, 2018 and 2020. However, the wide confidence interval of the models raises questions about their robustness. The presence of green in the environment can be related to the occurrence of dengue, modified by socioeconomic vulnerability (IVS). In the exploratory study, the local Moran statistic (LISA) indicated local spatial dependence, except in 2000. Northern residents in the city were almost 23 times more likely to have dengue compared to those in the south. Spatio-temporal scan statistics identified 22 significant clusters, with the relative risk ranging from 2.65 (2010) to 22.88 (2013), half of them in the northern region. The SARIMA model should be revised when predicting epidemiological patterns, considering the importance of looking for factors that interfere with transmission patterns, and expanding the investigation of prediction models in disease surveillance systems. Social and environmental characteristics related to the presence of vegetation seem to be associated, especially in vulnerable areas. Agglomeration and dispersion of dengue cases over time should guide work on host/virus/vector mobility and indicate priority regions for intervention. The studies carried out allowed analyzes to understand the pattern of occurrence of dengue and can guide public control policies.

Keywords: Dengue, spatiotemporal analysis, prediction models, health vulnerability

Lista de abreviaturas e siglas

Ae. aegypti – *Aedes aegypti*

ADE – Antibody-dependent enhancement

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CDC – Centers for Disease Control

CMMCD - Comitê Municipal de mobilização contra a Dengue

Fc – Fator de complemento

FIOCRUZ – Fundação Osvaldo Cruz

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GECD - Grupo Executivo para o Controle de Dengue

IAB - Índice de abastecimento de água

ICV - Índice de Controle de Vetores

IDO - Índice de Densidade de Ovos

IDR - Índice de Drenagem Urbana

IES - Índice de Esgotamento Sanitário

IIAE - Índice de Infestação por *Ae. aegypti*

IRS - Índice de Resíduos Sólidos

ISA - Indicador de Salubridade Ambiental

IVS - Índice de Vulnerabilidade à Saúde

LI- Levantamento de Índice

LIRAA – Levantamento Rápido do Índice de Infestação por *Aedes aegypti*

MIV – Manejo Integrado de Vetores

NDVI - Índice de Vegetação por diferença Normalizada

OMS – Organização Mundial da Saúde

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde

OSUSBH - Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte

OVITRAMPA – Armadilha de ovoposição

PCD – Plano de Contingência de Dengue

PE – Ponto estratégico

PEAa – Plano de Erradicação do *Aedes aegypti*

PIACD - Plano de Intensificação de Ações de controle de Dengue

PNCD – Programa Nacional de Controle de Dengue

SARIMA – Média Móvel Autoregressiva Integrada Sazonal

SE - semana epidemiológica

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação

SLU - Superintendência de Limpeza Urbana

SUDECAP - Superintendência de Obras da Capital

SUS/BH – Sistema Único de Saúde de Belo Horizonte

TF – Tratamento de focos

UBV – Ultraabaixo volume

URP – Unidade de Recolhimento de pneus

WHO/TDR – Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases

WMP – Word Mosquito Program

ZPAM - Zona de Preservação Ambiental

Lista de figuras

Figura 1. Distribuição geográfica dos casos de dengue relatados no mundo 2019.....	19
Figura 2. Distribuição de frequência de casos de dengue no Brasil, Minas Gerais e Belo Horizonte de 2007 a 2019	32
Figura 3. Índice de Infestação Predial das pesquisas larvárias Belo Horizonte 1996 a 2019.....	57
Figura 4. Mapas do Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 1996 a 2016.....	64
Figura 5. Série temporal de incidência de dengue por semana epidemiológica, Belo Horizonte 1996 a 2019.....	79
Figura 6. Incidência média de dengue em Belo Horizonte, 1998, 2010,2013, e 2016 por Regionais	80
Figura 7. Diagrama de controle de dengue período de 1996 a 2017 por Regiões e Regionais	81
Figura 8. Incidência bruta de dengue por área de abrangência em Belo Horizonte, 1996 a 2019	83 e 84
Figura 9. Razão de Kernel para dengue em Belo Horizonte, 2008 a 2019, destaque para anos de maior risco.....	85
Figura 10. Dependência espacial local por área de abrangência, da incidência suavizada de dengue em Belo Horizonte, 1996 a 2019.....	89 e 90
Figura 11. Análise de varredura, explorando anos pré-epidêmicos e interepidêmicos de dengue em Belo Horizonte, 2007 a 2019.....	93
Figura 12. Característica da instalação e indicadores de monitoramento de ovitrampas em Belo Horizonte, 2006 a 2019.....	95
Figura 13. Modelo conceitual – condicionantes à ocorrência de dengue.....	118
Figura 14. Mapas de localização e de organização administrativa do município de Belo Horizonte 2020.....	122
Figure 1. A. e B - Artigo 1. Temporal series of dengue cases and logarithmically transformed dengue cases in Belo Horizonte, 2007 to 2019.....	149
Figure 2.- Artigo 1 Time series of transformed stationary dengue cases in Belo Horizonte, 2007 to 2019.....	150
Figure 3.- Artigo 1Autocorrelation Function (ACF) and Partial Autocorrelation Function (PACF) plot of original dengue incidence 2007 - 2019.....	150
Figure 4.- Artigo 1 Estimated and observed dengue incidence rate in Belo Horizonte, (A) 2016, (B) 2017, (C) 2018, (D) 2019 and (E) 2020.....	151

Figure 5. (A e B)- Artigo 1 Estimated and observed dengue incidence rate in Belo Horizonte, 2007 to 2019 and prediction for 2016 and 2017.....	152
Figure 5. (C e D) - Artigo 1 Estimated and observed dengue incidence rate in Belo Horizonte, 2007 to 2019 and prediction for 2018 and 2019.	153
Figure 5. (E) - Artigo 1 Estimated and observed dengue incidence rate in Belo Horizonte, 2007 to 2019 and prediction for 2020.	154
Figure 1 – Artigo 2 Study area. (a) Census tracts nested in neighborhoods, and spatial distribution of (b) Dengue incidence rate (cases/100,000 population) during the 2010 epidemic; (c) greenness, with higher values indicating more and better quality vegetation;(d) vulnerability, measured by the Health Vulnerability Index, with higher values indicating more vulnerability. Values in (b) – (d) are classified by quantile classification..	157
Figure 2 Associations (IRR) between dengue incidence rate and vegetation greenness, conditioned on socioeconomic vulnerability.....	167

Lista de tabelas

Tabela 1: Casos prováveis de dengue e incidência por 100.000 há. Brasil 1990 a 2019.....	28
Tabela 2: Incidência anual de dengue em Belo Horizonte, segundo Regionais administrativos 1996 a 2019.....	37
Tabela 3: Vacinas candidatas contra dengue em uso ou em ensaios clínicos	50
Tabela 4: Caracterização da movimentação das ovitrampas período 2007 a 2019, por Regionais.....	95
Tabela 5: Média de distância (metros) da movimentação das ovitrampas período 2007 a 2019, por Regionais.....	96
Tabela 6: Correlação entre incidência de dengue, contagem média de ovos e positividade de ovitrampas em intervalos temporais	97
Tabela 7: Correlação entre incidência de dengue, contagem média de ovos e positividade de ovitrampas em ano interepidêmico 2015.....	98
Tabela 8: Correlação entre incidência de dengue, contagem média de ovos e positividade de ovitrampas em ano interepidêmico 2016.....	99
Table 1. Article 1 - Monthly and annual dengue cases in Belo Horizonte, 2007 to 2016.....	147
Table 2. Article 1 - Annual dengue cases and deaths by clinical presentation, and annual circulating serotypes in Belo Horizonte, 2007 to 2016	148
Table 1 Article 2 - Summary statistics of outcome variable, exposure variable, and covariates.....	159
Table 2 Article 2 - Variable inflation factor (VIF) for the exposure variable and covariates.....	162
Table 3 Article 2 - Results of models examining the association between dengue incidence and greenness, controlling for socioeconomic and environmental covariates.....	165

Sumário

1. Apresentação.....	13
2. Introdução.....	14
2.1 Dengue	16
2.2 Dengue no mundo	17
2.3 Vetores transmissores de dengue no mundo.....	20
2.4 Dengue nas Américas.....	23
2.5 Dengue no Brasil.....	24
2.6 Circulação de vírus dengue no Brasil.....	25
2.7 Dengue em Minas Gerais.....	29
2.8 Dengue em Belo Horizonte 1996 a 2019.....	34
2.9 O controle de <i>Aedes aegypti</i> no Brasil.....	39
2.10 O controle de <i>Aedes aegypti</i> em Belo Horizonte	53
2.11 Ações intersetoriais para controle de <i>Aedes aegypti</i> em Belo Horizonte	61
2.11.1. Saúde e Saneamento	62
2.11.2 Legislação	65
2.12. Instrumentos da epidemiologia espacial e geoprocessamento.....	70
2.12.1 Análise exploratória tempo-espacial de casos de dengue 1996 a 2020.....	71
2.12.1.1 Elementos das análises exploratórias.....	72
2.12.1.2 Ovitrapa – Análise de adequação da metodologia de proposta para o monitoramento.....	77
2.12.1.2.1 Ovitrapa – Análise de intervalo entre positividade de ovitrapa e incidência de dengue.....	77

2.12.1.2.1 Análise espacial de dengue no território.....	82
2.12.1.2.3 Análise das ovitrampa no território.....	97
2.13 Modelo Conceitual.....	117
3. Justificativa	119
4. Objetivo Geral.....	120
4.1 Objetivos específicos 1 e 2.....	120
5 Métodos	120
5.1 Area de estudo.....	120
5.2 Fontes de dados e variáveis dos estudos	122
5.2 Tipos de análises.....	125
5.2.1 Análises do objetivo 1.....	125
5.2.1a Resultados esperados.....	126
5.2.2 Análises do objetivo 2	127
5.2.2a Resultados esperados.....	129
6. Resultados	
6.1. Artigo 1	130
6.2. Artigo 2	155
7. Considerações finais.....	179
Anexos.....	180

APRESENTAÇÃO

- ✓ Introdução
- ✓ Justificativa
- ✓ Objetivos
- ✓ Métodos
- ✓ Artigo 1
- ✓ Artigo 2
- ✓ Estudo exploratório espacial 3
- ✓ Considerações finais
- ✓ Referências Bibliográficas (as referências bibliográficas das seções apresentação, introdução, justificativa e método estão ao final de cada seção, em notas de rodapé, enquanto nos artigos elas se encontram ao final do mesmo)
- ✓ Anexos e apêndices

1. INTRODUÇÃO

A primeira campanha profilática no Brasil contra o *Aedes aegypt* ocorreu em 1691 em Recife, Pernambuco;

“As medidas recomendadas, tais como acender fogueiras, fazer defumação das casas, limpeza das ruas, etc., combatiam os mosquitos afugentando-os e reduzindo o número de focos de *Ae. aegypti*”¹

Estas foram as medidas adotadas para o enfrentando da epidemia de febre amarela que começara em 1640. Centenas de anos se passaram entre a primeira campanha de combate, os esforços para obtenção de uma vacina segura (1937), e a última epidemia de febre amarela urbana, transmitida por *Ae. Aegypti* (1942). Os intervalos no tempo demonstram o esforço de especialistas do mundo para compreender a relação ecobiológica do evento e chegar ao controle da doença.

Esta introdução justifica a revisão bibliográfica que fundamenta a história do controle de dengue em Belo Horizonte. A partir destes registros compreenderemos os caminhos a adotar para a vigilância de dengue.

Descrever a ocorrência de doenças vetoriais, em uma ampla série história, leva o autor a pesquisar sobre as características do espaço urbano. Discutir as epidemias de dengue, arbovirose de maior incidência no mundo, exige a busca de seus condicionantes e “as relações de interdependência que existem entre o indivíduo e o meio físico, social e político onde ele vive e se insere”². Essas características se acentuam naqueles países com extensas diferenças regionais e desigualdade social³ como o Brasil.

¹ Franco, Odair. História da Febre Amarela no Brasil. Ministério da Saúde. Departamento Nacional de Endemias Rurais. Rio de Janeiro. GB Brasil. 1969. https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/0110historia_febre.pdf

² Caiiffa, Waleska Teixeira et al. Urbanhealth: "thecityis a strangelady, smilingtoday, devouringyoutomorrow". Ciênc. Saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 13, n. 6, p. 1785-1796, Dec. 2008. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232008000600013&lng=en&nrm=iso>. access on 09 Nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232008000600013>.

³ Ezech, A., et al. The history, geography, and sociology of slums and the health problems of people who live in slums. The Lancet. Elsevier. 0140-6736. 2016.

A constatação da relação entre os elementos da cadeia de transmissão da doença (vírus, vetor, hospedeiro humano) é fundamental para a compreensão de sua epidemiologia, caracteristicamente urbana em alguns países da América Latina e Brasil. A intensa urbanização e o maior intercâmbio entre diferentes regiões geram condições ecológicas apropriadas para o aumento da incidência de dengue, ao promover a circulação simultânea ou sequencial de diferentes sorotipos virais em uma mesma área geográfica^{1,2}. Efeitos climáticos resultam na maior reprodução e dispersão do vetor, e conseqüentemente na manutenção de circulação dos vírus e eclosão de epidemias sucessivas^{4,3, 4}.

Os desafios para o controle de dengue em grandes centros urbanos, como Belo Horizonte, parte da necessidade do conhecimento do comportamento eco-epidemiológico da doença. A oportunidade de trabalhar com dados secundários, originários da rede de prestação de serviços de saúde pública, permite, a partir de análises exploratórias, obter modelos preditivos e estudos de associação. Mitigar os efeitos decorrentes da circulação de diferentes sorotipos DENV, em contextos urbanos cada vez mais complexos, resulta de evidências científicas que dão suporte às propostas de intervenção.

A magnitude de dengue em Belo Horizonte e a susceptibilidade de sua população, aos diferentes subtipos virais circulantes, levaram esse estudo a uma descrição espaço temporal da doença, à predição de casos e a inquieta busca da relação entre elementos da paisagem urbana e a ocorrência da doença.

¹ Murray NE, Quam MB, Wilder-Smith A. Epidemiology of dengue: past, present and future perspectives. *Clin Epidemiol.* August 20, 2013; 5: 299-309. doi: 10.2147 / CLEP.S34440. PMID: 23990732; PMCID: PMC3753061.

² Khan, J., Khan, I., Ghaffar, A. et al. Epidemiological trends and risk factors associated with dengue in Pakistan (1980–2014): a systematic literature search and analysis. *BMC Public Health* 18, 745 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5676-2>

³ Viana DV, Ignotti E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. *Rev. bras. epidemiol.* [Internet]. 2013 June [cited 2020 Sep 19]; 16(2): 240-256. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2013000200240&lng=en. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000200002>.

⁴ Duarte JL, Diaz-Quijano FA, Batista AC, Giatti LL. Climatic variables associated with dengue incidence in a city of the Western Brazilian Amazon region. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* [Internet]. 2019 [cited 2020 Sep 19]; 52: e20180429. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822019000100307&lng=en. Epub Feb 21, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0429-2018>.

1.1 Dengue

Dengue é uma virose infecciosa, febril e aguda e que “tem a segunda maior carga de doença no mundo, só perdendo para a malária”¹. O vetor *Ae. aegypti*, principal responsável pela transmissão da doença no Brasil e nas Américas², atualmente tem maior importância epidemiológica por também transmitir o Zika vírus e a chikungunya, além da febre amarela^{3, 4,5,6}. Os dois primeiros, registrados com data de entrada no Brasil a partir de 2013 e 2014, respectivamente, originários da América Central.⁷

O vírus dengue pertence à família *flaviviridae* com genoma RNA e quatro sorotipos em circulação DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4. Um quinto sorotipo foi isolado recentemente na Malásia e ainda mantém sua circulação em meio silvestre^{8,1}.

¹ WHO. Organización Mundial de la Salud. 2017. Respuesta Mundial para el Control de Vectores 2017–2030. (Versión 5.4). Documento de contexto para informar las deliberaciones de la Asamblea Mundial de la Salud en su 70.ª reunión. [Accessed out. 2020]. https://www.who.int/malaria/areas/vector_control/Draft-WHO-GVCR-2017-2030-esp.pdf

² Barreto, Maurício L., & Teixeira, Maria Glória. (2008). Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. *Estudos Avançados*, 22(64), 53-72. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000300005>

³ Gubler DJ. Dengue, Urbanization and Globalization: The Profane Trinity of the 21st Century (st). *Trop Med Health*. December 2011; 39 (4 Supplement): 3-11. doi: 10.2149 / tmh.2011-S05. Epub August 25, 2011. PMID: 22500131; PMCID: PMC3317603.

⁴ Fares RC, Souza KP, Añez G, Rios M. Epidemiological scenario of dengue in Brazil. *Biomed Res Int*. 2015; 2015:321873. [Links]

⁵ Valle D, Pimenta DN, Aguiar R. 2016. Zika, dengue e chikungunya: desafios e questões. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 25, n. 2, p. 419-422. [2 november 2019]. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222016000200419&lng=en&nrm=iso.

⁶ OPAS/OMS/Brasil. Organização Pan-Americana da Saúde - Organização Mundial da Saúde. Brasil.Folha informativa – Dengue e dengue grave. Atualizada em março de 2019. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5963:folha-informativa-dengue-e-dengue-grave&Itemid=812. Acesso em 1 nov. 2019.

⁷ CAMPOS, TdL et al. Revisiting Key Entry Routes of Human Epidemic Arboviruses into the Mainland Americas through Large-Scale Phylogenomics. *Hindawi. International Journal of Genomics*. Volume 2018, Article ID 6941735. <https://doi.org/10.1155/2018/6941735>

⁸ Vasilakis, N., Cardoso, J., Hanley, K. *et al.* Fever from the forest: prospects for the continued emergence of sylvatic dengue virus and its impact on public health. *Nat Rev Microbiol* **9**, 532–541 (2011). <https://doi.org/10.1038/nrmicro2595>

Trata-se de doença que apresenta um padrão sazonal de ocorrência, com maior incidência de casos no Brasil nos meses de janeiro a junho, com infecção sintomática ou assintomática. Classificada pelo Ministério da Saúde, desde 2014, como uma “doença única, dinâmica e sistêmica” em que os sintomas podem se atenuar ou evoluir para forma grave, assim denominada de dengue, dengue com sinais de alarme e dengue grave¹.

2.2 Dengue no Mundo

Doença endêmica em mais de 125 países, estima-se a probabilidade de 3,6 bilhões de infectados anualmente e a morte de cerca de 20.000 pessoas². Desde a década de 1970 registra-se um aumento das incidências com expansão territorial e ocorrência de casos graves². O primeiro registro de caso humano é da China no século III, configurando quase dois mil anos da doença no mundo³. Os primeiros isolamentos laboratoriais dos vírus DENV ocorreram entre 1943 e 1956 na região do Pacífico Asiático, na Malásia^{1,4}. Regiões do sudeste da Ásia, Pacífico, África e Mediterrâneo Oriental são assolados rotineiramente pela doença e percebe-se que ela se desloca entre populações rurais a cada ano, a partir da construção de serviços comunitários precários de distribuição de água⁵.

¹ BRASIL. Ministério da Saúde. Dengue: diagnóstico e manejo clínico: adulto e criança. Brasília-DF. 5ª ed. 2016a. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/janeiro/14/dengue-manejoadulto-crianca-5d.pdf> Acesso em: 05 de jul. 2018

² Mustafa MS, Rasotgi V, Jain S, Gupta V. Discovery of fifth serotype of dengue virus (DENV-5): A new public health dilemma in dengue control. *Med J Armed Forces India*. 2015 Jan;71(1):67-70. doi: 10.1016/j.mjafi.2014.09.011. Epub 2014 Nov 24. PMID: 25609867; PMCID: PMC429783

³ Sabin, AB - Pesquisa sobre dengue durante a Segunda Guerra Mundial. *Amer. J. trop. Med Hyg.*, 1: 30-50, 1952.

⁴ Pollett, S., Melendrez, M. C., Maljkovic Berry, I., Duchêne, S., Salje, H., Cummings, D. A. T., & JARMAN, R. G. (2018). Understanding dengue virus evolution to support epidemic surveillance and counter-measure development. *Infection, Genetics and Evolution*, 62, 279–295. doi: 10.1016/j.meegid.2018.04.032.

⁵ Guzman MG, Halstead SB, Artsob H, Buchy P, Farrar J, Gubler DJ, Hunsperger E, Kroeger A, Margolis HS, Martínez E, Nathan MB, Pelegrino JL, Simmons C, Yoksan S, Peeling RW. Dengue: a continuing global threat. *Nat Rev Microbiol*. 2010 Dec;8(12 Suppl): S7-16. doi: 10.1038/nrmicro2460. PMID: 21079655; PMCID: PMC4333201.

Os países dos trópicos e sub-trópicos formam um vasto ambiente favorável para a manutenção dos vetores transmissores^{1, 2, 3}. Nos continentes africanos e asiáticos, exclusivamente, o modo de transmissão da dengue permite caracterizá-la como zoonoses no ciclo silvestre, tendo como hospedeiros os primatas não humanos^{4,5}.

Breve descrição das ocorrências de dengue em diferentes continentes, com registros de autoctonia e relatos atuais (2019), tem como objetivo acentuar a discussão sobre a suscetibilidade da doença nas populações em ondas de circulação dos vírus.

O número de casos de dengue nos países da Ásia e do Sudeste Asiático em 2019 aumentou em relação ao ano anterior, com expansão para países até então silenciosos. Resumo das ocorrências em 17 países demonstra a variação de incidências⁵, valores máximos foram obtidos no Vietnã e Maldivas, respectivamente 2.079 e 1.285 por 100.000 habitantes, e mínimos no Japão e China com respectivos 10 a 0,04 casos por 10.000 habitantes.

¹ Consoli RAGB e de Oliveira RL. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994. 228 p. ISBN 85-85676-05

² Gubler DJ. Cities spawn epidemic dengue viruses. *Nat Med.* 2004; 10(2): 129-130.

³ Gubler, D. J. Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global public health problem. In: GUBLER, D. J.; KUNO, G. (Ed). *Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever.* New York: CAB International, 1997. p. 1-22

⁴ Weaver SC, Vasilakis N. Molecular evolution of dengue viruses: contributions of phylogenetics to understanding the history and epidemiology of the preeminent arboviral disease. *Infect Genet Evol.* 2009;9(4):523-540. doi: 10.1016/j.meegid.2009.02.003

⁵ ECDC. European Centre for Disease Prevention and Control. SURVEILLANCE REPORT. Communicable disease threats to public health in the European Union. Annual Epidemiological Report for 2018. Available from: https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER_for_2018-threats.pdf. Access on 15 Dez. 2019

Figura 1 Distribuição geográfica dos casos de dengue relatados em todo o mundo, 2019



Fonte:

ECDC. European Centre for Disease Prevention and Control, 2019.

Em 2019, no território ultramarino francês no Oceano Índico, La Reunion, registou alta incidência de dengue, com 2.086 casos por 100.000 mil habitantes e 14 óbitos. Curiosamente as incidências no continente africano foram baixas no mesmo ano em Benin, Sudão e Tanzânia entre 0,2 a 12,4 por 100.000 ¹.

No Oceano Pacífico as incidências variaram menos, 2.672 casos por 100.000 mil habitantes nas Ilhas Marshall, e incidências médias nas Ilhas Cook e Polinésia francesa com respectivamente 789 e 742 por 100.000 mil habitantes ². A Austrália teve o seu primeiro surto de dengue em 1992 e ainda apresenta baixas incidências com aproximadamente cinco casos por 100.000 habitantes em 2019².

Apesar de caracterizada como doença tropical, a distribuição ampliada de dengue para países de clima temperado no mundo tem sido registrada. A França registrou seus primeiros casos autóctones em 2010 e desde 2015 estava sem notificações locais, quando em 2018 e 2019 novos casos autóctones foram registrados pelos serviços de saúde em diferentes regiões do país¹. A Espanha relatou seu primeiro caso autóctone em 2018, por transmissão sexual¹. Portugal, em 2012, chamou atenção da Europa quando relatou autoctonia para dengue em seu território², moradores da Ilha da Madeira e turistas europeus lá infectados foram responsáveis pela primeira transmissão sustentada na União Europeia desde 1920³, e em 2019 novos casos foram registrados no país².

¹ ECDC. European Centre for Disease Prevention and Control. Agency of the European Union. Dengue worldwide overview. 2019. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-monthly>. Access on: 9 fev.2020.

² Portugal. Número temático: Dengue. Saúde em Números. 2014. Revista Científica da Direção Geral da Saúde. <https://www.dgs.pt/documentos-e-publicacoes/portugal-saude-em-numeros-n-2-pdf.aspx>

A expansão e altas incidências de dengue nas últimas décadas levou a Organização Mundial de Saúde a apresentar o Plano de Resposta Mundial para o Controle de Vetores¹, as metas previstas para cumprimento até 2030, são de, no mínimo, redução de 75% dos óbitos e de 60% da incidência em relação a 2016, o que configura enorme desafio aos países signatários.

2.3 Vetores transmissores de dengue no mundo

São dois os principais transmissores dos vírus dengue no mundo *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, que pertencem ao gênero *Aedes*, subgênero *Stegomyia*². No entanto, o *Ae. aegypti*, pelo seu comportamento altamente cosmopolita e sinantrópico, tem maior capacidade vetorial que o *Ae. albopictus* para transmitir o vírus dengue².

Ae. aegypti

O principal carreador do vírus dengue (DENV) nas Américas é o *Ae. aegypti*, originário da África (Linnaeus 1762) se dispersou pelo mundo a partir da costa leste e oeste do continente, respectivamente, para as Américas e a Ásia³, e está presente principalmente em regiões densamente ocupadas por população humana. O *Ae. aegypti*, introduzido no Brasil provavelmente no período colonial, pelo tráfego marítimo a partir da África, foi considerado erradicado na década de 50 e reintroduzido no final de 1960².

¹WHO. Organización Mundial de la Salud. 2017. Respuesta Mundial para el Control de Vectores 2017–2030. (Versión 5.4). Documento de contexto para informar las deliberaciones de la Asamblea Mundial de la Salud en su 70.ª reunión. [Acesso em: out. 2020]. https://www.who.int/malaria/areas/vector_control/Draft-WHO-GVCR-2017-2030-esp.pdf

²Oliveira, R.L. D. Biologia e Comportamento do vetor. IN: DENGUE: TEORIAS E PRÁTICAS. Valle D, Pimenta DN, Cunha RV, organizadores. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2015. 458 p. ISBN: 978-85-7541-456-9

³Gubler, D. J. Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global public health problem. In: GUBLER, D. J.; KUNO, G. (Ed). Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. New York: CAB International, 1997. p. 1-22

Estudos sobre o *Ae. Aegypti* no país encontraram duas diferentes linhagens genéticas¹, populações altamente estruturadas, resultado da evolução da ancestralidade africana introduzidas em períodos diferentes, o que facilitaria a troca de informação genética e aumentaria a competência do vetor para transmissão de dengue e outras arboviroses.

Ae. albopictus

O *Ae. albopictus* tem sua origem no Sudeste da Ásia, se disseminou para regiões tropicais, subtropicais e temperadas da Ásia, dos oceanos Índico e Pacífico, Europa Mediterrânea, Austrália e Américas². Esse mosquito, apesar de presente em áreas urbanas, é mais frequente em áreas periurbanas e rurais de maior cobertura vegetal e tolera faixas de temperatura mais amplas.

O ciclo de vida completo desses vetores artrópodes é semelhante (aproximadamente 10 dias) e está relacionado, dentre outras, às condições climáticas. O aumento de precipitação pluviométrica, ou das temperaturas médias, pode resultar em incremento de densidade populacional de *Ae. Aegypti* e risco de transmissão de dengue em temperaturas acima de 20°C em áreas temperadas, ou de 22 -24°C em áreas tropicais na América do Sul³. Modelos matemáticos usados em pesquisas de relações entre temperatura, persistência e competência vetorial encontraram temperaturas afetando a sobrevivência abaixo de 13°C para *Ae. albopictus* e 14°C para *Ae. Aegypti*³.

No ciclo de vida⁴, esses artrópodes passam pelas fases de ovo, quatro estágios larvais (L1, L2, L3, L4), pupa e mosquito adulto. Os ovos depositados pela fêmea, em recipientes que armazenam água, ficam aderidos à parede interna dos criadouros até a eclosão das larvas. No entanto, na ausência de água, os ovos podem entrar em estado de latência e podem ser viáveis

¹ Scarpassa VM, Cardoza TB, Cardoso Junior RP. Population genetics and phylogeography of *Ae. aegypti* (Diptera: Culicidae) from Brazil. *Am J Trop Med Hyg.* 2008 Jun;78(6):895-903. PMID: 18541766

² Medlock JM, Hansford KM, Schaffner F, Versteirt V, Hendrickx G, Zeller H, Van Bortel W. A review of invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks and control options. *Vector Borne Zoonotic Dis.* June 2012; 12 (6): 435-47. doi: 10.1089/vbz.2011.0814. Epub April 20, 2012. PMID: 22448724; PMCID: PMC3366101.

³ Brady, OJ, Golding, N., Pigott, DM et al. Global temperature limitations in *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus* for dengue virus transmission. *Parasites Vectors* 7, 338 (2014). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-338>

⁴ Dickson, Laura & Sanchez-Vargas, Irma & Sylla, Massamba & Fleming, Karen & Black, William. (2014). Vector Competence in West African *Aedes aegypti* Is Flavivirus Species and Genotype Dependent. *PLoS neglected tropical diseases.* 8. e3153. 10.1371/journal.pntd.0003153.

por meses. Após a emergência dos adultos da fase de pupa, esses procuram por abrigos úmidos, protegidos de vento e luz solar. Com um dia de repouso os adultos estarão habilitados para a cópula, machos serão mais ágeis em menor tempo¹. As fêmeas copuladas necessitam de sangue para maturação dos ovos. Fêmeas de *Ae aegypti* são sabidamente antropofílicas, comumente procurarão se alimentar em humanos, o que resulta em comportamento endofílico, mantendo hábito de vida nos domicílios. *Ae albopictus* tem preferência pelo peridomicílio – exofílico, e terão menor contato com população humana¹.

O período entre alimentação sanguínea completa e a ovoposição (ciclo gonotrófico) depende da oportunidade alimentar. A ovoposição pode ocorrer em único local, a cada ciclo, ou espalhada chamada ovoposição em salto, aumentando a chance de perpetuação da infestação numa região: cada fêmea pode colocar de 45 a 200 ovos por ano². A capacidade de voo da fêmea pode ser de 50 a 800 metros e esse alcance máximo está relacionada à oportunidade ou/e proximidade de criadouros para ovoposição, caracterizando a importância do deslocamento passivo para dispersão do vetor³.

Condições ambientais, clima, temperatura e umidade interferem nas etapas do ciclo de vida dos *Aedes*⁴. Estudos sobre a longevidade de fêmeas de *Ae. Albopictus* encontraram um tempo médio de vida entre 30 e 40 dias, em regiões de clima temperado e com alta umidade relativa; em condições experimentais de laboratório identificaram a sobrevivência de fêmeas de até 117 dias¹.

Quanto maior for a capacidade de mutações genéticas do vetor e a alteração de seu fenótipo, e mais variado for o seu ciclo de vida, maior será sua capacidade de se adaptar às diferentes condições ambientais³.

¹ Dickson, Laura & Sanchez-Vargas, Irma & Sylla, Massamba & Fleming, Karen & Black, William. (2014). Vector Competence in West African *Aedes aegypti* Is Flavivirus Species and Genotype Dependent. *PLoS neglected tropical diseases*. 8. e3153. 10.1371/journal.pntd.0003153.

² Consoli RAGB e de Oliveira RL. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994. 228 p. ISBN 85-85676-05

³ Leta, Samson; Beyene, Ttarikujibat; de Clercq, Eva M.; Amenu, Kebede; kraemer, Moritz U.G.; REVIE, Crawford W. Globalriskmapping for major diseasestransmittedby*Aedesaegypti*and*Aedes albopictus*. *InternationalJournalofInfectiousDiseases*. VL- 67, 25 -35. 2018. Availablefrom: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1201971217303089>. Accesson: 16 Nov. 2019.

2.4 Dengue nas Américas

Nas Américas a dengue é registrada desde o século XIX, até as primeiras décadas do século XX, com pequeno período de silêncio epidemiológico¹. Sua presença é relatada na maioria dos países americanos, inclusive em alguns estados da América do Norte^{2, 3}. A partir de 1980 a incidência de dengue nos países das Américas mudou de baixa endemia, para hiperendemia, com transmissão sustentada e presença de casos em quase todos os países em 2010^{4,5}.

As infecções por dengue nas Américas registraram aumento importante da doença no ano 2019. Brasil, México, Nicarágua, Belize, Antígua, Barbuda e Honduras foram severamente atingidas. Nesse ano, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) notificou aproximadamente três milhões de casos na região das Américas, sendo que o Brasil respondeu por 71% deles. Esta ocorrência representou o maior número de casos já registrados na história do continente, com 22.127 casos graves e 1.206 mortes, significando a maior epidemia dos últimos anos, no entanto, a taxa de letalidade (proporção de mortes em casos de dengue) foi 26% menor, comparada a epidemia de 2016^{5, 6}.

¹ Teixeira MG, et al. Epidemiologia da dengue. IN: DENGUE: TEORIAS E PRÁTICAS. Valle D, Pimenta DN, Cunha RV, organizadores. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2015. 458 p. ISBN: 978-85-7541-456-9

² Murray NE, Quam MB, Wilder-Smith A. Epidemiology of dengue: past, present and future perspectives. Clin Epidemiol. August 20, 2013; 5: 299-309. doi: 10.2147 / CLEP.S34440. PMID: 23990732; PMCID: PMC3753061.

³ Leta, Samson; Beyene, Ttarikujibat; de Clercq, Eva M.; Amenu, Kebede; kraemer, Moritz U.G.; REVIE, Crawford W. Globalriskmapping for major diseasestransmittedby*Aedesegypti*and*Aedes albopictus*. InternationalJournalofInfectiousDiseases. VL- 67, 25 -35. 2018. Availablefrom: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1201971217303089>. Accesson: 16 Nov. 2019.

⁴ San Martín JL, Brathwaite O, Zambrano B, Solórzano JO, Bouckenooghe A, Dayan GH., and Guzmán MG. The Epidemiology of Dengue in the Americas Over the Last Three Decades: A Worrysome Reality. Am J Trop Med Hyg, Jan 2010; 82: 128 - 13525 <http://www.who.int/infectious-disease-report/idr99-spanish/pages/ch10text.html>

⁵ OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. Banco de Notícias. Dengue nas Américas atinge o maior número de casos já registrado. 2019. [accessed 20 november 2019]. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6059:dengue-nas-americas-atinge-o-maior-numero-de-casos-ja-registrado&Itemid=812

⁶ ECDC. European Centre for Disease Prevention and Control. Communicable Disease Threats. Week 51, 15-21 December 2019. [accessed 20 janeiro 2020] .<https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/communicable-disease-threats-report-21-dec-2019-PUBLIC.pdf>

2.5 Dengue no Brasil

No Brasil os primeiros relatos de ocorrência de dengue são de 1846, com casos no Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador¹. No entanto, a primeira ocorrência registrada por laboratório e epidêmica é de 1981 em Boa Vista (Roraima) com explosões em grandes centros urbanos do país em 1986 - 1987 e 1990-1991². A expansão regional de dengue, com altas incidências, aconteceu a partir de 1994 com registro de casos em quase todos os estados da Região Nordeste³. Em 1995 as cinco regiões do Brasil já notificavam casos, sendo que na Região Sul, a última a ser acometida, os casos autóctones foram notificados em 2001 no Paraná³, em 2007 no Rio Grande do Sul³ e em Santa Catarina em 2011⁴. Em 30 anos (1990 a 2020) foram notificados 15.839.088 casos de dengue no Brasil (Tabela 1) sendo que 8.683.137 (61,3%) ocorreram em anos epidêmicos de diferentes regiões, superiores a 300 casos por 100.000 habitantes^{5,6}, considerada pelo Ministério da Saúde como altas incidências⁷. Revisão bibliográfica atual informa que foram quatro epidemias nos últimos 20 anos, com predominância de diferentes sorotipos virais: DENV-1 (1998), DENV-3 (2002), DENV-2 (2008) e DENV-4 (2010)⁸.

¹ Pimenta DNA. (Des) Construção da Dengue: de tropical a negligenciada. IN: DENGUE: TEORIAS E PRÁTICAS. Valle D, Pimenta DN, Cunha RV, organizadores. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2015. 458 p. ISBN: 978-85-7541-456-9

² Teixeira MG et al. Epidemiologia da dengue. IN: DENGUE: TEORIAS E PRÁTICAS. Valle D, Pimenta DN, Cunha RV, organizadores. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2015. 458 p. ISBN: 978-85-7541-456-9

³ RGS. Rio Grande do Sul. Secretaria da Saúde. Plano Estadual de Saúde: 2012/2015. Grupo de Trabalho Planejamento, Monitoramento e Avaliação da Gestão (Org.). Porto Alegre, 2013.

⁴ Andrioli DC, Busato MA, Lutinski JA. 2020. Spatial and temporal distribution of dengue in Brazil, 1990 - 2017. PLoS ONE 15(2): e0228346. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228346>

⁵ Brasil. Ministério da Saúde. 2018. Boletim Epidemiológico nº 04. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e doença aguda pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 52 de 2018. [Acesso em novembro de 2019] <https://www.saude.gov.br/images/pdf/2019/janeiro/28/>

⁶ Brasil. Ministério da Saúde. 2019. Boletim Epidemiológico nº 02. Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo Aedes (dengue, chikungunya e Zika), Semanas Epidemiológicas 01 a 52. [acesso em novembro de 2019] <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2020/janeiro/20/Boletim-epidemiologico-SVS-02-1-.pdf>

⁷ OPAS. Organização Pan Americana de Saúde. Banco de Notícias. Novos dados da dengue no Brasil, 2011. [acesso em novembro de 2019] https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=3709:novos-dados-da-dengue-no-brasil-2011-2&Itemid=812

⁸ Bezerra, Juliana Maria Trindade et al. Entry of dengue virus serotypes and their geographic distribution in Brazilian federative units: a systematic review. Revista Brasileira de Epidemiologia [online]. 2021, v. 24 [Accessed 21 October 2021], e210020. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1980-549720210020>>.

2.6 Circulação de vírus dengue no Brasil

O padrão de distribuição de casos de dengue ao longo do tempo não é homogêneo no território brasileiro. Dada às dimensões de país continental é importante ressaltar as características regionais e a capacidade de municípios de enfrentar desafios para o controle¹. A vigilância de sorotipos virais circulantes demonstra que, em 1981 foram isolados DENV-1 e DENV-4 na epidemia de Boa Vista/RR. Em 1990, ano do primeiro caso identificado no Brasil de Febre Hemorrágica do Dengue, foi isolado DENV-1, no Rio de Janeiro, com co-circulação de DENV-2. Ainda no Rio de Janeiro, em 2000 foi isolado o DENV-3; vírus responsável pela epidemia com centenas de casos de FHD². A partir de 2003 foram isolados DENV-1, DENV-2 e DENV-3, com predomínio deste último. Em 2010, a partir da identificação do DENV-4 também no Rio de Janeiro, foi registrada a co-circulação dos quatro sorotipos virais no país, caracterizando cenários de hiperendemicidade e epidemias cíclicas, com redução de tempo entre os picos^{3,4,5}. Os resultados de isolamento viral no período de 2009 a 2014 identificaram maior ocorrência de DENV-1 (60,4%) e gravidade de casos para DENV-2 (4,5%). DENV-1 prevaleceu e circulou em todos os anos avaliados⁶.

A aproximação entre populações humanas suscetíveis à infecção e populações de *Ae. aegypti* resultam no deslocamento dos quatro tipos de vírus DENV no mundo e no Brasil, ao mesmo tempo promovem a manutenção da circulação viral com possibilidade de ocorrência periódica de

¹ Viana DV, Ignotti E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. Rev. bras. epidemiol. [Internet]. 2013 June [acess: sep 2020]; 16(2): 240-256. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2013000200240&lng=en. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000200002>.

² Teixeira MG et al. Epidemiologia da dengue. IN: DENGUE: TEORIAS E PRÁTICAS. Valle D, Pimenta DN, Cunha RV, organizadores. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2015. 458 p. ISBN: 978-85-7541-456-9

³ Murray NE, Quam MB, Wilder-Smith A. Epidemiology of dengue: past, present and future perspectives. Clin Epidemiol. August 20, 2013; 5: 299-309. doi: 10.2147 / CLEP.S34440. PMID: 23990732; PMCID: PMC3753061.

⁴ Andrioli DC, Busato MA, Lutinski JA. 2020b. Spatial and temporal distribution of dengue in Brazil, 1990 - 2017. PLoS ONE 15(2): e0228346. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228346>

⁵ Organização Pan-Americana da Saúde - Organização Mundial da Saúde Brasil (OPAS/OMS/Brasil). Folha informativa – Dengue e dengue grave. Atualizada em março de 2019. [Acessado: nov. 2019]. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5963:folha-informativa-dengue-e-dengue-grave&Itemid=812.

⁶ Fares RC, Souza KP, Añez G, Rios M. Epidemiological scenario of dengue in Brazil. Biomed Res Int. 2015; 2015:321873. [Links]

epidemias¹, resultado dos deslocamentos dos quatro tipos de vírus DENV^{2,3}. A ocorrência da doença está associada à urbanização intensa e não planejada¹, processo iniciado a partir da década de 1950-1960 no Brasil e com predomínio da população urbana sobre a rural em 1970⁴; à movimentação internacional de pessoas² com susceptibilidade diferenciada aos vírus circulantes⁵; à produção e comercialização de bens de consumo que ampliam a geração de reservatórios do vetor (como pneus e embalagens plásticas) e favorecem seu desenvolvimento e proliferação^{1,3} de forma diferenciada no território^{6,7}. Intensa urbanização⁸, as variações de temperaturas¹, principalmente as temperaturas médias, são as principais variáveis de determinação e diversificam os cenários para disseminação e manutenção do vetor.

A Organização Mundial de Saúde definiu dengue como uma emergência de saúde pública de interesse mundial ao revisar o Regulamento Sanitário Internacional. A partir da determinação do

¹ Gubler DJ. Dengue, Urbanization and Globalization: The Profane Trinity of the 21st Century (st). *Trop Med Health*. December 2011; 39 (4 Supplement): 3-11. doi: 10.2149 / tmh.2011-S05. Epub August 25, 2011. PMID: 22500131; PMCID: PMC3317603.

² Organização Pan-Americana da Saúde - Organização Mundial da Saúde Brasil (OPAS/OMS/Brasil). Folha informativa – Dengue e dengue grave. Atualizada em março de 2019. [Acessado: nov. 2019]. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5963:folha-informativa-dengue-e-dengue-grave&Itemid=812.

³ Fares RC, Souza KP, Añez G, Rios M. Epidemiological scenario of dengue in Brazil. *Biomed Res Int*. 2015; 2015:321873. [Links]

⁴ Caiaffa, Waleska Teixeira et al. Urban health: "thecityis a strangelady, smilingtoday, devouringyou tomorrow". *Ciênc. saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 6, p. 1785-1796, Dec. 2008. [access: nov. 2019] http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232008000600013&lng=en&nrm=iso. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232008000600013>.

⁵ Van Kleef Esther, Bambrick Hilary, Hales Simon. 2010. The geographic distribution of dengue fever and the potential influence of global climate change. *TropIKA.net* [serial on the Internet]. [aced: sep 2020]. http://journal.tropika.net/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2078-86062010005000001&lng=en.

⁶ Cunha, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008. [access mar. 2017] http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742008000300007&lng=pt&nrm=iso.

⁷ Pessanha, J. E. M. *et al.* Dengue em três distritos sanitários de Belo Horizonte, Brasil: inquérito soropidemiológico de base populacional, 2006 a 2007. *Pan American Journal of Public Health*, Washington, v. 27, n. 4, p. 252-258, 2010.

⁸ Bezerra, Juliana Maria Trindade et al. Entry of dengue virus serotypes and their geographic distribution in Brazilian federative units: a systematic review. *Revista Brasileira de Epidemiologia* [online]. 2021, v. 24 [Accessed 21 October 2021], e210020. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1980-549720210020>>.

Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases¹ (WHO/TDR) especialistas indicaram quatro prioridades para as pesquisas e reorientação dos planos de contingência para dengue no mundo. São elas; desenvolvimento e utilização de sistemas de aviso e pronta resposta; identificação de gatilhos que iniciam uma resposta eficaz às epidemias incipientes; processos de tomada de decisão que resultam na declaração de um estado de emergência; análise dos fatores que contribuem para o sucesso ou fracasso dos programas nacionais no contexto da vigilância da dengue e gestão de surtos². No Brasil, o Plano de Contingência da Dengue (PCD) Ministério da Saúde³, cumpre a Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias da Dengue⁴ e as Diretrizes para a Organização dos Serviços de Atenção à Saúde em Situação de Aumento de Casos ou de Epidemia de Dengue⁵. O PCD de 2015 prevê atividades específicas implementadas segundo o perfil epidemiológico de cada esfera de gestão.

¹ WHO. A Toolkit for national dengue burden estimation, Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

² Runge-Ranzinger S, Kroeger A, Olliaro P, McCall PJ, Sánchez Tejada G, et al. (2016). Dengue Contingency Planning: From Research to Policy and Practice. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 10(9): e0004916. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004916>.

³ Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis Plano de Contingência Nacional para Epidemias de Dengue / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 42 p.: il. ISBN 978-85-334-2216-2

⁴ Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2009. 160 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

⁵ BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Diretrizes para a organização dos serviços de atenção à saúde em situação de aumento de casos ou de epidemia de dengue. Secretaria de Atenção à Saúde, Diretoria Técnica de Gestão. – 1. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

Tabela 1 Casos prováveis de dengue e incidência por 100.000 habitantes, Brasil, 1990 a 2020*

Ano	Casos prováveis	Incidência/ 100.000 hab.	Ano	Casos prováveis	Incidência/ 100.000 hab.
1990	40.279	27,4	2006	258.680	138,5
1991	104.399	71,1	2007	496.923	270,1
1992	1.696	1,1	2008	632.2680	333,7
1993	7.374	4,9	2009	406.269	212,2
1994	56.691	36,9	2010	1.011.548	530,3
1995	137.308	88,1	2011	764.032	397,1
1996	183.762	117,0	2012	589.591	304,0
1997	249.239	156,1	2013	1.452.489	722,5
1998	507.715	313,8	2014	589.107	290,5
1999	74.670	45,5	2015	1.688.688	826,0
2000	135.228	79,6	2016	1.483.623	719,9
2001	385.783	223,8	2017	251.711	121,2
2002	696.472	398,8	2018	265.934	127,5
2003	274.975	155,5	2019	1.544.987	735,2
2004	70.174	38,6	2020	987.173	469,8
2005	147.039	79,8			

FONTE: Andrioli et al. 2020, Brasil 2018 2019 (Para o cálculo da incidência foi utilizado os dados populacionais do IBGE)

Os dados da tabela 1 foram construídos a partir dos artigos de Andrioli et al. (2020)¹, e os documentos oficiais do Ministério da Saúde (2019 e 2020)² e da Organização Pan Americana da Saúde (2019)³. Casos prováveis são classificados como clinicamente compatíveis, sem identificação de vínculo epidemiológico ou confirmação laboratorial.

¹ Andrioli DC, Busato MA, Lutinski JA. 2020. Spatial and temporal distribution of dengue in Brazil, 1990 - 2017. PLoS ONE 15(2): e0228346. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228346>

² Brasil. Ministério da Saúde. Boletim Epidemiológico nº 02/2021 e nº3/2021. Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo Aedes (dengue, chikungunya e Zika). <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2020/janeiro/20/Boletim-epidemiologico-SVS-02-1-.pdf>

³ OPAS. Organização Pan Americana de Saúde. Banco de Notícias. Novos dados da dengue no Brasil, 2011. [acesso em novembro de 2019] https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=3709:novos-dados-da-dengue-no-brasil-2011-2&Itemid=812

O objetivo da síntese dos 30 anos de dengue no Brasil é situar o panorama das ocorrências e fundamentar a busca da transmissão e da determinação social de dengue, suporte para compreender a história das epidemias em Belo Horizonte, desafio dos autores dos artigos a seguir.

2.7 Dengue em Minas Gerais

No estado de Minas Gerais os registros de ocorrência de dengue são da década de 1980, a primeira epidemia foi declarada em 1998, com um total de 147.418 casos notificados¹.

A estruturação de ações para o controle de dengue no estado foi divulgada pelo Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue² em 2006 e apresentou o repasse de recursos financeiros complementares aos municípios para implementação das referidas ações. O documento pontuava os municípios segundo a prioridade para o controle de dengue considerando, o tamanho de população; a densidade populacional; a presença do vetor e a possibilidade de transmissão da doença conforme a organização do espaço urbano e registros oficiais prévios de transmissão local. Dentre os 35 municípios de alta prioridade do estado, 15 eram da Região Metropolitana de Belo Horizonte, e desses, nove continham os maiores contingentes populacionais da Grande Belo Horizonte. Os Planos de Contingência para Dengue (PCD) dos municípios deveriam ser apresentados com urgência à Secretaria de Estado da Saúde³. Em 2009, o Governo de Minas Gerais construiu seu PCD³ reconhecendo a experiência de Belo Horizonte, considerada exitosa, justificada pela melhor estrutura e organização da Atenção Primária à Saúde da rede do Sistema Único de Saúde (SUS-BH). Esse documento tratava especificamente dos insumos distribuídos à rede de assistência e classificava a gravidade da doença pelo protocolo da Linha-guia de Atenção à Saúde – Dengue².

¹ MG/SES. Minas Gerais. Secretaria de Estado da Saúde. Plano Estadual de Saúde 2016 - 2019. Assessoria de Planejamento. [access: out.2020] https://www.conass.org.br/pdf/planos-estaduais-de-saude/MG_Plano-Estadual-de-Sade-2016-2019-Final-aprovado.pdf

² CIB-MG. Comissão Intergestores Bipartite do Sistema Único de Saúde do Estado de Minas Gerais. Deliberação CIB-SUS/MG Nº 289/8/2006 que aprovou o “Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue em Minas Gerais de 2006 e o repasse de recursos financeiros complementares aos municípios para implementação das referidas ações”. [access: uot. 2020]. https://saude.mg.gov.br/images/documentos/del_289.pdf

³ MG/SES. Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais. Resolução SES Nº 1788 de 18 de fevereiro de 2009. Institui o Plano de Contingência da Dengue em Minas Gerais – 2009. [access: out.2020] https://saude.mg.gov.br/images/documentos/resolucao_1788.pdf

Em 2010, grande volume de casos (212.539) configurou a segunda epidemia do estado, num intervalo 12 anos, levando a Secretaria de Saúde a criar e monitorar as ações do Programa Estadual de Controle Permanente de Dengue¹.

De 2000 a 2010 os vírus circulantes em Minas Gerais foram DENV-1, DENV-2, DENV-3, na epidemia de 2010 houve predomínio de DENV-1. Em 2011 o retorno da circulação do DENV-4 ocorreu pelo município de Frutal, “o vírus não circulava há mais de três décadas no estado”¹. A partir desse ano passaram a circular os quatro sorotipos, sendo o predomínio do DENV-1 e DENV-4, e já se caracterizava a ocorrência de casos graves e óbitos².

A reclassificação de prioridade ao controle de 106 municípios do estado ocorreu na atualização do PCD de 2012, usando como critérios;

...ser capital de estado; ser da região metropolitana da capital com registro de casos autóctones; ser município de áreas endêmicas de dengue com população igual ou superior a 50.000 habitantes; e ser município com população inferior a 50.000 habitantes com notificação acima de 300 casos por 100.000 hab., em pelo menos um dos anos, no período de 2007 a 2011².

Nesse ano, aproximadamente 78% (666/853) dos municípios mineiros apresentavam-se infestados por *Ae. aegypti* segundo os indicadores utilizados. Os Planos de Contingência de 77 Microrregionais descreviam a estrutura assistencial, a capacidade de abordagem ao paciente com suspeita de dengue, os fluxos de referência para pacientes nas microrregiões e para as regiões ampliadas de saúde².

A confirmação de casos de dengue no estado em 2013 (414.748), superou o ano de 2010 e os isolamentos virais responsabilizaram os sorotipos DENV 1 e DENV-4 pela epidemia³. Naquele

¹ CIB-MG. Comissão Intergestores Bipartite do Sistema Único de Saúde do Estado de Minas Gerais. DELIBERAÇÃO CIB-SUS/MG Nº 1.359, DE 17 DE DEZEMBRO 2012. Aprova o Plano de Contingência Estadual contra a Dengue 2012/2013. [acess: out.2020] <https://saude.mg.gov.br/images/documentos/Deliberacao%201.359%20Ad.%20Referendum%20Aprova%20o%20Plano%20de%20Contingencia%20Estadual%20contra%20a%20Dengue.pdf>

² CIB-MG. Comissão Intergestores Bipartite do Sistema Único de Saúde do Estado de Minas Gerais. DELIBERAÇÃO CIB-SUS/MG Nº 1.974, de 28 de outubro 2014. Aprova o Plano de Contingência Estadual para o enfrentamento da Dengue e da Febre do Chikungunya – 2014/2015. [acess: out. 2020] <https://www.mpmg.mp.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A91CFAA5461087101546291A1980DBD>

³ MG/SES. Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais. Resolução SES Nº 1788 de 18 de fevereiro de 2009. Instituí o Plano de Contingência da Dengue em Minas Gerais – 2009. [acess: out.2020] https://saude.mg.gov.br/images/documentos/resolucao_1788.pdf

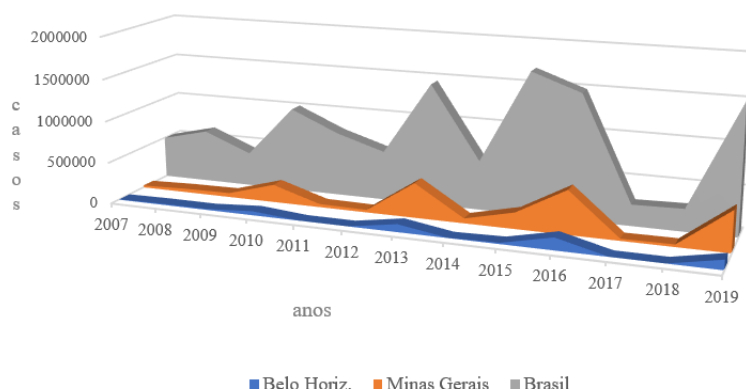
ano, 80% (684/853) dos municípios estavam infestados pelo *Ae aegypt*, comprovado pelos sistemas locais de levantamento vetorial¹. A gravidade da doença se expressava pelo número crescente de casos graves e óbitos. Com a entrada do vírus Chikungunya no país em 2014, a Secretaria de Estado da Saúde expandiu a abrangência das ações de controle e preparou o Plano de Contingência para o enfrentamento de Dengue e Febre Chikungunya¹.

Em 2016, mantendo o intervalo interepidêmico de dois anos, ocorreu a terceira epidemia no estado com circulação maciça de DENV-1 e quase 20% a mais de casos (517.830), comparada a 2013¹. No ano de 2019 a ocorrência de dengue no estado (484.624) foi inferior à epidemia de 2016, com predominância do DENV-2, pouco expressivo no estado desde 2009². Entre os anos de 2011 a 2019 as pesquisas de isolamento viral identificaram a circulação dos sorotipos DENV1, DENV2, DENV3 e DENV4, concomitante ou alternada. Aproximadamente 95,8% (818/853) dos municípios estavam infestados pelo *Ae aegypt*. Em 2019 foi declarada emergência em saúde pública no estado de Minas Gerais, Decreto nº 252 de abril.¹. A manutenção e agravamento da ocorrência de dengue no estado promoveu ampla discussão sobre a multicausalidade da doença na capital². Dentre os Planos de Contingência do Estado MG pesquisados, 2006 a 2019, a edição de 2019 foi a primeira a dar destaque à discussão sobre os fatores determinantes ambientais¹.

¹ SES/MG. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. Plano Estadual de Contingência Doenças Transmitidas pelo Aedes 2019-2020. [access: out. 2020] https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/Plano%20de%20Conting%C3%Aancia%20Estadual%20Aedes%202019_2020_final.pdf

² PBH – SMSA. Prefeitura Municipal. Secretaria de Saúde. Balanço da Dengue 24.01.20. [access: fev.2020]. <https://drive.google.com/drive/folders/1DZpkNSI-2Rm-fLEKmE2Ru513LlOX3-4C>

Figura 2. Distribuição de frequência de casos de dengue no Brasil, Minas Gérias e Belo Horizonte nos anos de 2007 a 2019



Fontes: PBH/SMSA 2020¹, CIB 2013/2014², MG/SES 2019³, Andrioli et al. 2020⁴, Brasil 2018, 2019^{5,6}

A Figura 2 permite a identificação dos picos de maior ocorrência de casos de dengue no Brasil, em Minas Gerais e em Belo Horizonte. Percebe-se picos importantes em alguns anos, e nem

¹ PBH – SMSA. Prefeitura Municipal. Secretaria de Saúde. Balanço da Dengue 24.01.20. [access: fev.2020]. <https://drive.google.com/drive/folders/1DZpkNSI-2Rm-fLEKme2Ru513LlOX3-4C>

² CIB-MG. Comissão Intergestores Bipartite do Sistema Único de Saúde do Estado de Minas Gerais. DELIBERAÇÃO CIB-SUS/MG Nº 1.974, de 28 de outubro 2014. Aprova o Plano de Contingência Estadual para o enfrentamento da Dengue e da Febre do Chikungunya – 2014/2015.

³ SES/MG. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. Plano Estadual de Contingência Doenças Transmitidas pelo Aedes 2019-2020. [access: out. 2020] https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/Plano%20de%20Conting%C3%Aancia%20Estadual%20Aedes%202019_2020_final.pdf

⁴ Andrioli DC, Busato MA, Lutinski JA. 2020. Spatial and temporal distribution of dengue in Brazil, 1990 - 2017. PLoS ONE 15(2): e0228346. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228346>

⁵ Brasil. Ministério da Saúde. 2018. Boletim Epidemiológico nº 04. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e doença aguda pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 52 de 2018

⁶ Brasil. Ministério da Saúde. 2019. Boletim Epidemiológico nº 02. Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo Aedes (dengue, chikungunya e Zika), Semanas Epidemiológicas 01 a 52.

sempre comuns entre as três esferas, demonstrando o padrão cíclico de dengue no território. As ondas de infecção decorrentes da variabilidade de circulação dos vírus, da vulnerabilidade e mobilidade da população^{1,2} e do tempo de introdução da dengue na região². Em Minas Gerais a primeira epidemia de dengue ocorreu um ano após a grande epidemia do Rio de Janeiro (1986)³ e 10 anos após, aconteceu o primeiro surto de Belo Horizonte (1996)¹. Considerando a persistência da ocorrência de casos no período e as publicações levantadas nesse estudo, denota-se que os esforços realizados pelas esferas de governo não têm mostrado resultados satisfatórios na contenção da doença^{4,5}. Uma doença multifatorial, deve ter uma abordagem de controle diversificada. No período entre 2007 a 2016 a incidência de dengue, em Minas Gerais, mostrou-se associada a menor coleta seletiva de resíduos domiciliares⁶ e a maior desigualdade social.^{3,7} Entretanto, é notório o esforço de municípios, entre eles Belo Horizonte, para a organização sistemática de ações de controle de dengue⁸.

¹ Almeida, Maria Cristina de Mattos et al. Dinâmica intra-urbana das epidemias de dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1996-2002. Cadernos de Saúde Pública [online]. 2008, v. 24, n. 10 [Acessado 17 Outubro 2021] , pp. 2385-2395.

² Oliveira, Rhaquel de Moraes Alves Barbosa, Araújo, Fernanda Montenegro de Carvalho e Cavalcanti, Luciano Pamplona de Góes. Aspectos entomológicos e epidemiológicos das epidemias de dengue em Fortaleza, Ceará, 2001-2012.. Epidemiologia e Serviços de Saúde [online]. 2018, v. 27, n.

³ Teixeira, Maria da Glória; Barreto, Maurício Lima; Guerra, Zouraide. Epidemiologia e medidas de prevenção do Dengue. Inf. Epidemiol. Sus, Brasília , v. 8, n. 4, p. 5-33, dez. 1999

⁴ Pessanha, José Eduardo Marques et al. Avaliação do Plano Nacional de Controle da Dengue. Cadernos de Saúde Pública [online]. 2009, v. 25, n. 7 [Acessado 17 Outubro 2021] , pp. 1637-1641. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-311X2009000700024>>. Epub 25 Jun 2009. ISSN 1678-4464.

⁵ Zara, Ana Laura de Sene Amâncio et al. Estratégias de controle do *Ae. aegypti*: uma revisão. Epidemiologia e Serviços de Saúde [online]. 2016, v. 25, n. 2 [Acessado 17 Outubro 2021] , pp. 391-404. Disponível em: <<https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000200017>>. ISSN 2237-9622. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000200017>.

⁶ Mol, Marcos Paulo Gomes et al. Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue. Revista Panamericana de Salud Pública [online]. v. 44 [Acessado 21 Outubro 2021] , e22. Disponível em: <<https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.22>>. ISSN 1680-5348. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.22>

⁷ SILVA, Luiz Felipe; REBOITA, Michelle Simões; ALVES, Maria Amélia. Notificações de casos de dengue em Minas Gerais e sua relação com variáveis ambientais e sócio econômicas (Dengue cases notification in Minas Gerais and its relationship with environmental and socio-economic variables). Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 226-238, maio 2019. ISSN 1984-2295. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234193/32213>>. Acesso em: 21 out. 2021. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.1.p226-238>.

⁸ CONASEMS. Conselho Nacional de Secretários Municipais de Saúde. 2010. A experiência de Belo Horizonte – MG O desafio do controle da dengue em Belo Horizonte. 2010. In: A DENGUE E O AGIR MUNICIPAL. [acees: out. 2020]. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1347-a-dengue-e-o-agir-municipal-7&category_slug=dengue-964&Itemid=965

Inovações tecnológicas são imprescindíveis para o enfrentamento das dificuldades do controle vetorial. Sabidamente a participação da sociedade e uma abordagem eco-bio-social deve mobilizar a população para tal fim¹. Essa seria a missão intersetorial das áreas da saúde e da educação na expectativa de aproximar conhecimentos e práticas para a prevenção de dengue^{2,3}. A discussão de diferentes autores ^{2,3,4} remete aos seguintes questionamentos: qual é a peça faltante que desarticula a proposta de integralidade? Seria a distância entre o conhecimento técnico-científico e as estratégias de gestão das diferentes esferas do poder político? A falta de experiência intersetorial, uma proposta ainda limitada ao discurso⁴? As respostas a estas perguntas podem ser encontradas no fazer do município, cenário da vida diária do cidadão e da administração pública.

2.8 Dengue em Belo Horizonte 1996 a 2019

A primeira epidemia de dengue em Belo Horizonte ocorreu em 1996. O Distrito Sanitário de Venda-Nova, atualmente denominada Regional de Venda-Nova, foi responsável por 88,0% dos registros de ocorrência dos primeiros casos autóctones confirmados no município, que manteve incidência de 87,2/100 mil habitantes e circulação do sorotipo DENV-1^{2,3}.

Em 1997, ainda com a circulação do mesmo sorotipo, a maioria (56,0%) dos casos ocorreram na Regional Oeste ³, a incidência no município foi de (111,0 /100.000 hab.). Em 1998 nova

¹ Pereira Flisch, T. M., Evangelista, J. G., & Pimenta, D. N. (2018). A vivência da intersetorialidade na perspectiva de gestores: integrando saúde e educação no contexto da dengue. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Saúde/Brazilian Journal of Health Research*, 19(3), 109-117

² Corrêa PRL, França E, Bogutchi TF. Infestação pelo *Ae. aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. *Rev. Saúde Pública* [Internet]. 2005 Jan [cited 2020 Sep 29]; 39(1): 33-40. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102005000100005&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102005000100005>

³ Cunha, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008. [access mar. 2017] http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742008000300007&lng=pt&nrm=iso.

⁴ Pessanha, J. E. M. *et al.* Dengue em três distritos sanitários de Belo Horizonte, Brasil: inquérito soropidemiológico de base populacional, 2006 a 2007. *Pan American Journal of Public Health*, Washington, v. 27, n. 4, p. 252-258, 2010.

epidemia afligiu a capital com 86.698 casos (4.145,5/100.000 hab.) confirmado por critério clínico epidemiológico, considerando o grande número de casos¹. O isolamento viral detectou a presença de DENV-1 e DENV-2, e predomínio foi de DENV-2². O município foi caracterizado como região de transmissão endêmica e as maiores incidências ocorreram nas Regionais Leste, Nordeste, Noroeste e de Venda Nova¹. O primeiro inquérito soropidemiológico para dengue em Belo Horizonte ocorreu em 2000¹, o estudo quantificou a soroprevalência da infecção pelos vírus circulantes em amostra de três regiões da cidade, Centro-Sul, Venda-nova e Leste². Os resultados apontaram a prevalência de infecção global (para os três sorotipos) de 23,3%; prevalência de 17,9% dos sorotipos DENV-1 e DENV-2; e de 4,6% somente para o DENV-1. Menos de 1% dos voluntários estavam infectados somente por DENV-2 nas regiões Leste e Venda-Nova¹. Residentes em edificações horizontais nas regiões de Venda Nova e Leste apresentaram maior chance de infecção, comparados aos moradores de imóveis verticais e da região Centro Sul. Indivíduos que não se mudavam com frequência e de baixa renda apresentaram maior chance de se infectarem por dengue². Em 2007, o segundo inquérito, nas mesmas regiões, investigou a associação entre variáveis individuais e de contexto e a infecção por dengue². A prevalência global foi de 11,9% e residentes em edificações horizontais e em áreas com elevada vulnerabilidade à saúde apresentaram maior chance de infecção². No intervalo de sete anos entre os inquéritos observou-se redução na soroprevalência de 11,4%, demonstrando o quanto a população ainda era susceptível, principalmente com o isolamento do vírus DEN-3 em 2002.

Estudos em outra capital, no intervalo de um ano, encontrou acréscimo de 7,8% na soroprevalência³. Os autores não realizaram identificação de vírus circulantes, no entanto, encontraram heterogeneidade espacial nas áreas de risco de dengue, com variações de risco de 2001 (baixo) para 2002 (alto). A imunidade de rebanho foi usada para explicar a mudança das áreas de risco, esse fato poderia ser justificado pelo isolamento viral¹.

¹ Cunha, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008.

² Pessanha, J. E. M. et al. Dengue em três distritos sanitários de Belo Horizonte, Brasil: inquérito soropidemiológico de base populacional, 2006 a 2007. *Pan American Journal of Public Health*, Washington, v. 27, n. 4, p. 252-258, 2010.

³ Siqueira-Junior, JB, Maciel, IJ, Barcellos, C. et al. Análise de pontos espaciais com base em pesquisas de dengue em nível domiciliar no Brasil central. *BMC Public Health* 8, 361 (2008). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-8-361>

Observa-se que Belo Horizonte, mesmo com problemas característicos dos grandes centros e condições climáticas e ambientais favoráveis para a manutenção do *Ae. aegypti* manteve durante onze anos (1999 a 2009) o controle de casos e óbitos por dengue¹.

No período entre epidemias, observou-se “uma intensa circulação viral nos estados vizinhos e em municípios do mesmo estado”², assim como em outros estados do país³. Esse período foi o maior intervalo entre picos epidêmicos da série temporal da dengue no município, mesmo com a circulação de três sorotipos (DENV-1, DENV-2 e DENV-3)⁴. No entanto, registrou-se ocorrência de surtos localizados com incidências elevadas em vários anos, principalmente na região ao norte do município⁴ (Tabela 2). Em 2006 e 2007 a Noroeste apresentou importante epidemia, e percebeu-se nos anos seguintes as epidemias de Regionais vizinhos como a Nordeste⁴ e posteriormente para a Regional Norte. Fato que remete a discussão do caminho da circulação de vírus acometendo populações vulneráveis.

Este longo período com baixa incidência geral e ocorrência de surtos de dengue contidos espacialmente pode ser atribuído às ações combinadas de investigação da infestação vetorial e o tratamento de focos, associado às medidas preventivas de educação ambiental e domiciliar^{3, 4, 5}. Outras hipóteses foram apresentadas pelos estudos desenvolvidos em Belo Horizonte como possível resultado do grau de imunidade de populações expostas a diferentes vírus em períodos alternados e persistência de focos em determinadas regiões¹.

¹ Teixeira, Maria Glória et al. Dengue: twenty-five years since reemergence in Brazil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, supl. 1, p. S7-S18, 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009001300002&lng=en&nrm=iso>. access on 30 Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2009001300002>.

² Coelho, Giovanini Evelim. Dengue: desafios atuais. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 231-233, set. 2008. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742008000300008&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2020.

³ Coelho, Giovanini Evelim. Dengue: desafios atuais. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 231-233, set. 2008. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742008000300008&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2020.

⁴ Pessanha JEM, Caiaffa WT, Almeida MCdeM, Brandão ST, Proietti FA. Diffusion Pattern and Hotspot Detection of Dengue in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Journal of Tropical Medicine*, vol. 2012, Article ID 760951, 11 pages, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/760951>

⁵ Campos, NBD et al. Twenty-Two year of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. 2019 *International Journal of Environmental Health Research*, DOI: 10.1080/09603123.2019.1656801

Tabela 2 Incidência anual de dengue em Belo Horizonte, segundo regionais administrativas, 1996 a 2019*

Ano	Barreiro	Centro Sul	Oeste	Leste	Nordeste	Noroeste	Norte	Pampulha	Venda Nova	Total
1996	0.0	5.8	5.9	1.6	18.3	13.4	38.7	33.1	729.6	87.3
1997	27.8	15.2	514.8	4.1	55.0	138.3	46.1	52.1	74.2	111.1
1998	3803.1	1124.1	2721.7	6352.2	6136.8	4566.5	3770.4	3930.8	4738.0	4145.5
1999	16.0	6.2	10.3	13.2	10.0	22.0	17.1	26.5	11.0	14.2
2000	9.9	7.1	8.2	12.4	10.6	15.4	10.8	38.6	11.9	12.7
2001	117.1	53.0	160.4	177.0	294.5	244.0	195.1	356.9	90.0	183.4
2002	141.1	74.1	125.0	167.0	256.5	319.8	48.5	286.1	124.3	175.3
2003	27.1	14.3	39.1	32.1	49.6	201.3	36.6	164.8	60.9	69.9
2004	8.0	11.3	18.2	6.4	18.2	23.4	11.4	28.1	40.1	18.2
2005	1.5	3.0	2.6	3.2	5.8	5.9	2.1	4.2	1.6	3.7
2006	9.2	14.7	45.0	6.0	24.1	85.1	20.6	44.9	6.5	30.6
2007	29.0	59.8	167.8	157.4	405.0	632.6	88.8	298.7	114.5	232.5
2008	39.3	71.1	139.2	369.8	2560.4	475.2	602.3	596.1	220.0	572.4
2009	47.7	63.2	338.7	324.0	486.8	240.1	2951.0	682.3	614.2	556.4
2010	587.4	245.2	1866.6	1664.2	1566.7	3066.4	3970.7	2304.2	4169.8	2106.1
2011	66.5	38.4	43.6	77.1	67.5	107.1	122.4	45.6	60.4	69.5
2012	14.5	24.5	31.0	20.8	17.6	33.2	27.0	38.5	18.0	25.2
2013	1659.7	1220.7	2874.2	4908.4	4890.9	3520.0	9099.2	4075.0	5426.5	4046.6
2014	85.6	63.3	231.4	152.9	103.7	183.2	131.9	148.2	72.8	130.7
2015	1068.0	251.3	512.2	685.4	625.1	1207.3	1502.8	662.5	499.8	758.1
2016	9072.4	3663.6	4478.6	8588.0	7263.9	6841.6	7588.4	7215.1	4638.8	6505.4
2017	32.9	26.7	36.5	30.8	38.6	53.0	44.6	47.3	55.5	40.3
2018	19.1	15.3	24.6	25.4	23.1	25.7	19.0	21.7	21.8	21.8
2019	6758.7	1362.2	3670.4	5280.1	6283.0	4658.7	5665.2	4407.6	6255.4	4895.1

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde. Gerência de Vigilância Epidemiológica - Diretoria de Promoção à Saúde e Vigilância Epidemiológica *dados parciais internos, atualizados em out/2020

Em 2010 a capital confirmou 50.022 casos de dengue (2.106,0 /100 mil hab.), 12 anos após a última epidemia (1998), com circulação dos sorotipos DENV-1, DENV-2 e DENV-3. Nesta década iniciou-se a sequência de ocorrência de incidências crescentes, em ciclos a cada dois anos¹ e no ano de 2011 registrou-se a entrada do vírus DEN-4², o último a ser identificado no município, responsável pela epidemia de 2013.

Em 2013 foram confirmados 96.113 casos (4.046,6/100 mil hab.) e circulação dos sorotipos DENV-1 e DENV-4. Em 2016, o número de casos confirmados de dengue foi de 154.513 (6.505,3/ por 100 mil hab.), representando a maior epidemia da capital de todos os tempos, ainda com circulação dos sorotipos DENV-1 e DENV-3², vigências de 29 semanas epidemiológicas com incidência maior de 100 casos por 100 mil habitantes e sobrecarga dos serviços de saúde. O pico deste ciclo ocorreu na semana epidemiológica 15, com 478 casos por 100.000 habitantes.

Mantendo a ciclicidade de ocorrência da doença, no ano de 2019³, mais uma vez epidêmico, o município reportou 116.252 casos (4.894,5 por 100 mil hab.) e a circulação dos quatro sorotipos, com predomínio do DENV-2⁴. O pico deste ciclo ocorreu na semana epidemiológica 19 com 518 casos por 100 mil habitantes¹.

Em estudo de 25 anos de ocorrência de dengue no Brasil, Teixeira e colaboradores⁵ relataram a semelhança do perfil cíclico da ocorrência da doença no país em relação ao

¹ Campos, NBD et al. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. 2019 International Journal of Environmental Health Research, DOI: 10.1080/09603123.2019.1656801

² Pessanha JM, Brandão ST, Almeida MCM, Cunha MCM et al. 2014. Ovitrap surveillance as dengue epidemic predictor in Belo Horizonte City, Brazil J Health Biol Sci. 2014;2(2):51-56 p. doi: 10.12662/2317-3076jhbs.v2i2.54.p.51.2014

³ SMSA. Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte. Balanço Dengue 21/01/2020. [access: Jan. 2020] <https://drive.google.com/drive/folders/1DZpkNSI-2Rm-fLEKme2Ru513LlOX3-4C>

⁴ SES-MG. Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais. Subsecretaria de Vigilância em Saúde. 2020. Boletim Epidemiológico das Doenças Transmitidas pelo Aedes: Dengue, Chikungunya e Zika. Nº 160, Semana Epidemiológica 01. Data da atualização: 07/01/2020. [Acess: fev. 2020] https://www.saude.mg.gov.br /images/noticias_e_eventos/000_2020/jan_fev_mar/Boletim_07-01.pdf

⁵ Teixeira, Maria Glória et al. Dengue: twenty-five years since reemergence in Brazil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, supl. 1, p. S7-S18, 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009001300002&lng=en&nrm=iso> . access on 30 Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2009001300002>.

Sudeste Asiático, em que no período de 60 anos registraram grandes epidemias com duração e intervalo de dois anos e maior transmissão durante os meses quentes e chuvosos do ano. Em 24 anos de dengue em Belo Horizonte, nos últimos 10 anos os picos epidêmicos ocorreram em 2010, 2013, 2016 e 2019.

Os valores crescentes das incidências, a gravidade dos casos e os menores períodos interepidêmicos¹ remetem à necessidade de reavaliação do controle vetorial no município e no país^{2,3,4}. Este cenário confirma a necessidade de estudos sobre os determinantes das epidemias de dengue, desafio para os gestores públicos no monitoramento da distribuição dos eventos de dengue, no aprimoramento dos sistemas de vigilância, informação e análises de suas ocorrências^{2,3,4}.

2.9 O controle do *Aedes. aegypti* no Brasil

O controle do *Ae. aegypti* tem constituído um importante desafio aos serviços de controle da febre amarela e dengue no Brasil desde o século XX, com programas operacionais nem sempre contínuos e sistemáticos para a redução e eliminação da população do mosquito⁵.

¹ Campos, NBD et al. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. 2019 International Journal of Environmental Health Research, DOI: 10.1080/09603123.2019.1656801

² PESSANHA, José Eduardo Marques et al. Avaliação do Plano Nacional de Controle da Dengue. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 25, n. 7, p. 1637-1641, July 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000700024&lng=en&nrm=iso>. access on 13 Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2009000700024>

³ Zara, Ana Laura de Sene Amâncio et al. Estratégias de controle do *Ae. aegypti*: uma revisão. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, June 2016. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222016000200391&lng=en&nrm=iso>. access on 08 Jan. 2020. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742016000200017>

⁴ Antunes, José Leopoldo Ferreira; CARDOSO, Maria Regina Alves. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 24, n. 3, p. 565-576, set. 2015. Disponível em <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742015000300024&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 16 nov. 2019. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000700024&lng=en&nrm=iso>. access on 13 Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2009000700024>

⁵ Oliveira, R.L. D. Biologia e Comportamento do vetor. IN: DENGUE: TEORIAS E PRÁTICAS. Valle D, Pimenta DN, Cunha RV, organizadores. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2015. 458 p. ISBN: 978-85-7541-456-9

O Ministério da Saúde do Brasil assumiu em 1976 um conjunto de atividades de controle de *Ae. Aegypti*, ano em que foi detectado a reinfestação vetorial nos estados do Rio Grande do Norte e no Rio de Janeiro, sem ainda a ocorrência de epidemias¹. As experiências adquiridas de descentralização de serviços, as novas demandas administrativas, a ocorrência da epidemia de dengue do Rio de Janeiro em 1986 e os casos de dengue hemorrágica ocorridos no país levaram o Ministério da Saúde à elaboração, em 1996, do Plano de Erradicação do *Ae. aegypti* (PEAa)^{2,3}. Proposta audaciosa que não contava com a pouca capacidade dos municípios de gestão de práticas, até então desconhecidas⁴. Em 1998 o país contava com a presença do *Ae. aegypti* em todas as unidades federadas, com alta densidade vetorial, e ocorrência de epidemias de dengue em vários centros urbanos⁵.

O cumprimento de metas operacionais para controle vetorial proposto pelo PEAa requeria sistematização complexa, mesmo incorporando as diretrizes de descentralização da nova ordem sanitária². No entanto, a gestão descentralizada das ações de saúde proposta pelo SUS do Brasil foi insuficiente no controle vetorial³. As diretrizes do programa eram originárias de modelos antigos de diferentes setores da

¹ Braga IA, Valle D. *Ae. aegypti*: histórico do controle no Brasil. Epidemiol. Serv. Saúde [Internet]. 2007 jun [citado 2019 out 15]; 16(2): 113-118. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742007000200006&lng=pt. doi.org/10.5123/S1679-49742007000200006.

² Teixeira, Maria da Glória; Barreto, Maurício Lima. Porque devemos, de novo, erradicar o *Ae. aegypti*. Ciênc. Saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, pág. 122-136, 1996. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81231996000100122&lng=en&nrm=iso>. acesso em 04 de novembro de 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-812319961101582014>.

³ Brasil. Ministério da Saúde. Programa Nacional de Controle da Dengue. Brasília: Ministério da Saúde; 2002 (PNCD), instituído em 24 de julho de 2002. Fundação Nacional de Saúde

⁴ Jardim CCG, Oliveira CL, Cunha MCM, Brandão ST. A descentralização do controle de endemias; uma aposta no município de Belo Horizonte. In: Campos CR; Malta DC; Reis AT, Santos AF; Merhy EE. Sistema Único de Saúde em Belo Horizonte: reescrevendo o público. 1. ed. São Paulo: Xamã Editora; 1998, cap. 20, p. 365-380.

⁵ Brasil. Ministério da Saúde (BR): Fundação Nacional de Saúde. Dengue instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas [Internet]. 3 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2001 [citado 2019 out 16]. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/man_dengue.pdf.

gestão pública federal, estadual e municipal, e demonstrou-se frágil e de baixa efetividade, voltado principalmente para o uso de produtos químicos, em detrimento ao saneamento básico¹.

Os resultados obtidos na implantação do PEAa contrariaram as expectativas do Conselho Nacional de Saúde, Ministério da Saúde e da comunidade científica, segmentos que defenderam o plano como factível em 1995². Os defensores do plano desconsideraram a capacidade de dispersão territorial de um vetor antropofílico e de alta plasticidade, a densidade populacional de médios e grandes centros urbanos, as alterações climáticas, a mobilidade da população, a circulação de mercadorias, as deficiências de saneamento de diferentes regiões,^{1,3} dentre outras questões.

Devido ao aumento do número de casos de dengue e a ampla infestação vetorial em 2001, o governo brasileiro reconheceu a necessidade de revisar o programa em vigência^{1,4}. Assumindo a impossibilidade de cumprir a meta de erradicação implantou o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PIACD), que previa o direcionamento das ações de controle para os municípios com maior transmissão de dengue⁵.

Em 2002 o Ministério da Saúde lançou o Programa Nacional de Controle de Dengue – PNCD³, o país enfrentava a reintrodução do sorotipo DENV-3 com ampla disseminação, ocorrência de epidemias e gravidades de casos⁵. O documento tratava de

¹ Tauil PL. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. Cad. Saúde Pública [Internet]. 2002 jun [citado 2019 out 15]; 18(3): 867-871. <http://www.scielo.br/pdf/csp/v18n3/9314.pdf>. doi.org/10.1590/S0102-311X2002000300030.

² Teixeira, Maria da Glória; Barreto, Maurício Lima. Porque devemos, de novo, erradicar o *Ae. aegypti*. Ciênc. Saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, pág. 122-136, 1996. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81231996000100122&lng=en&nrm=iso>. acesso em 04 de novembro de 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-812319961101582014>.

³ Brasil. Ministério da Saúde. Programa Nacional de Controle da Dengue. Brasília: Ministério da Saúde; 2002 (PNCD), instituído em 24 de julho de 2002. Fundação Nacional de Saúde.

⁴ Braga IA, Valle D. *Ae. aegypti*: histórico do controle no Brasil. Epidemiol. Serv. Saúde [Internet]. 2007 jun [citado 2019 out 15]; 16(2): 113-118. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742007000200006&lng=pt. doi.org/10.5123/S1679-49742007000200006.

⁵ Zara, A LdeSA et al. Estratégias de controle do *Ae. aegypti*: uma revisão. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, June 2016. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222016000200391&lng=en&nrm=iso>. access on 08 Jan. 2020. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742016000200017>

proposta integrada composta por dez linhas de ação, a saber; a) vigilância epidemiológica; b) combate ao vetor; c) assistência aos pacientes; d) integração com atenção básica; e) ações de saneamento ambiental; f) ações integradas de educação em saúde; g) comunicação e mobilização social; h) capacitação de recursos humanos; i) legislação; j) sustentação político-social e k) acompanhamento e avaliação do programa¹. Essa proposta apresentava importante componente, diferencial dos planos anteriores, pois ampliava o olhar do gestor e da comunidade para além do controle vetorial e previa a adaptação das linhas de ação segundo a organização dos municípios². Elementos que seriam descritos nos Planos de Contingência dos anos seguintes, em Minas Gerais implantado no ano de 2006³ e no Ministério da Saúde em 2015⁴.

O componente combate ao vetor do PNCD previa o diagnóstico situacional para o conhecimento da infestação vetorial da região e o planejamento das atividades de campo subsequentes, ou seja, pesquisa de focos de larvas e seu tratamento¹. A vigilância do *Ae. aegypti* no Brasil foi predominantemente baseada em pesquisas larvárias, com classificação de índice de infestação de áreas padronizado em: a) menor de 1% satisfatório; b) de 1% a 3,9% alerta e c) acima de 3,9 % risco, conforme definido pelas diretrizes do Ministério da Saúde⁵.

O levantamento de índice predial (LI), mais tarde denominado Levantamento Rápido do Índice de Infestação por *Ae. aegypti* (LIRAA)⁶ ainda é uma estratégia adotada em todos

¹ Brasil. Ministério da Saúde. Programa Nacional de Controle da Dengue. Brasília: Ministério da Saúde; 2002 (PNCD), instituído em 24 de julho de 2002. Fundação Nacional de Saúde.

² Zara, A LdeSA et al. Estratégias de controle do *Ae. aegypti*: uma revisão. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, June 2016. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222016000200391&lng=en&nrm=iso>. access on 08 Jan. 2020. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742016000200017>

³ CIB-MG. Comissão Intergestores Bipartite do Sistema Único de Saúde do Estado de Minas Gerais. Deliberação CIB-SUS/MG Nº 289/8/2006 que aprovou o “Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue em Minas Gerais de 2006 [...] ações”. [Acess: uot. 2020]. https://saude.mg.gov.br/images/documentos/del_289.pdf

⁴ Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis Plano de Contingência Nacional para Epidemias de Dengue . – Brasília: Ministério da Saúde, 2015

⁵ Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Diretrizes nacionais para a prevenção e controle de epidemias de dengue [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde 2009 [citado 2019 out 20]. https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf

⁶ Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Levantamento Rápido de Índices para *Ae. aegypti* (LIRAA) para vigilância entomológica do *Ae. aegypti* no Brasil [...] – Brasília : Ministério da Saúde, 2013. https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_liraa_2013.pdf

os municípios brasileiros, desde o PEAA, para monitorar a infestação de *Ae. Aegypti*. Com proposição de diferentes indicadores, um dos mais utilizados é o Levantamento de índice Predial, que apresenta como resultado o percentual de imóveis positivos (com presença de larvas de *Ae. aegypti*) entre os visitados. Esse método merece crítica, pois embora possibilite conhecer a presença do vetor na região^{1,4}, desconsidera o potencial de adultos, o número dos recipientes positivos e o potencial produtivo dos diferentes criadouros. Em pesquisas realizadas pela Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ) sobre diferentes indicadores de infestação, o índice de infestação predial foi o de menor consistência, com pouca variabilidade temporal², limita-se a conhecer a presença do vetor na região, sem quantificar a densidade da infestação e exige visitas domiciliares dispendiosas, dependente do esforço do agente de controle de endemias municipal^{3,4}.

Os diferentes resultados obtidos pelos países, cidades ou regiões das Américas, quanto aos seus programas de controle vetorial, levou a Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2008, a lançar a proposta de Manejo Integrado de Vetores (MIV)⁵. Esse conceito, aprimorado por uma série de diretrizes da OMS de 2012, foi definido como “um processo decisório racional para otimizar o uso de recursos para o controle de vetores”³. Aos gestores públicos foram oferecidas estratégias sustentáveis a longo prazo, reconhecendo métodos alternativos aos produtos químicos, na expectativa de melhorar a eficácia e a eficiência dos programas de controle de vetores³.

¹ Ribeiro, Mário Sérgio et al. Índices larvais de *Ae. aegypti* e incidência de dengue: um estudo ecológico no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Cadernos de Saúde Pública. 2021 . [online]. v. 37, n. 7 [Acessado 17 Outubro 2021] , e00263320. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00263320>>

² Brasil. Nota Técnica nº 3/2014/IOCFIOCRUZ/Diretoria, de 22 de maio de 2014. Avaliação de armadilhas para a vigilância entomológica de *Ae. aegypti* com vistas à elaboração de novos índices de infestação. [acess: jan. 2018] http://www.fiocruz.br/ioc/media/nota_tecnica_ioc_3.pdf.

³ Gomes AdeC. Medidas dos níveis de infestação urbana para aedes (*stegomyia*) *aegypti* e aedes (*stegomyia*) *albopictus* em Programa de Vigilância Entomológica. Inf. Epidemiol. Sus [Internet]. 1998 Set [citado 2020 Set 25]; 7(3): 49-57. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-16731998000300006&lng=pt. <http://dx.doi.org/10.5123/S0104-16731998000300006>.

⁴ Sivagnaname N, Gunasekaran K. Need for an efficient adult trap for the surveillance of dengue vectors. Indian J. Med. Res. [Internet]. 2012 [cited 2019 out 20]; 136 (5):739- 749. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3573594/>.

⁵ Organização Pan-Americana da Saúde. Documento operacional para a execução do manejo integrado de vetores adaptado ao contexto das Américas. Washington, D.C.: OPAS; 2019. [acess: out. 2020] https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51762/9789275720998_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Similar ao PNCD implantado no Brasil em 2002, a proposta do Manejo Integrado de Vetores (MIV)¹ não exigia novas estruturas, e sim a integração e coordenação das estruturas existentes. O documento da OPAS, recém-adaptado para as Américas, destaca cinco itens na estratégia do MIV; abordagem integrada; decisões baseadas em evidências; colaboração intra e intersetorial; promoção, mobilização social, legislação e desenvolvimento de capacidades.

Mesmo com estratégias de construção de indicadores de processo e monitoramento do MIV e do PNCD, desafios de toda ordem comprometem as propostas de controle vetorial no Brasil e parte do mundo. A falta de experiência administrativa e técnica de gestores, frente aos mandatos descontínuos de gestão e desestruturação de serviços de saúde pública², os cortes de recursos públicos³, as deficiências de modelos de promoção, mobilização social⁴ e desenvolvimento de capacidades⁵ e a pressão contínua por respostas mágicas³ às repetidas epidemias são realidades em todas as esferas do SUS e dificultam a implementação do manejo integrado de vetores.

A proposta de MIV prevê um processo de tomada de decisão racional para otimizar o uso de recursos no controle de vetores a partir do diagnóstico epidemiológico e entomológico, da estratificação de áreas e do conhecimento dos determinantes locais de doença, com vistas a otimizar recursos e obter maior efetividade e eficiência no controle

4. Proposta que abre espaços para a adoção de diferentes métodos.

Um método, reservado pelo Ministério da Saúde para avaliação das medidas de controle de infestação vetorial em áreas recém controladas, ou livres de infestação, é a

¹ Organização Pan-Americana da Saúde. Documento operacional para a execução do manejo integrado de vetores adaptado ao contexto das Américas. Washington, D.C.: OPAS; 2019. [access: out. 2020] https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51762/9789275720998_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y

² Gubler DJ. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21(st) Century. *Trop Med Health*. 2011 Dec;39(4 Suppl):3-11. doi: 10.2149/tmh.2011-S05. Epub 2011 Aug 25. PMID: 22500131; PMCID: PMC3317603.

³ Viennet E, Ritchie SA, Williams CR, Faddy HM, Harley D (2016) Responses to public health and challenges for controlling dengue transmission in high-income countries: four case studies. *PLoS Negl Trop Dis* 10 (9): e0004943. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004943>

⁴ Bowman LR, Donegan S, McCall PJ. Is the control of the dengue vector deficient in efficacy or evidence? Systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis*. March 17, 2016; 10 (3): e0004551. doi: 10.1371 / journal.pntd.0004551. PMID: 26986468; PMCID: PMC4795802.

⁵ Fraga LdosS; Monteiro S. A gente é um passador de informação: práticas educativas de agentes de combate a endemias no serviço de controle de zoonoses em Belo Horizonte, MG. *Saude soc.*, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 993-1006, Sept. 2014. [access cct. 2020]. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902014000300993&lng=en&nrm=iso. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902014000300021>.

ovitrampas¹. Ela mede o potencial de infestação, a partir dos ovos coletados sendo, para este fim, superior a pesquisa larvária, por apresentar vantagens operacionais, como fácil instalação e manipulação pelos agentes de campo, têm baixo custo e ainda conseguem detectar ovos em períodos sem chuva².

Pesquisas com uso de armadilhas para adultos ou de ovoposição deram resultados consistentes em quatro regiões do país, onde raramente apresentaram índices nulos³, apontando maior sensibilidade na detecção de *Ae. aegypti* comparado ao levantamento larval. A positividade e densidade delas estavam conforme a sazonalidade, associadas às temperaturas e à abundância de mosquitos em todas as cidades pesquisadas em quatro regiões brasileiras Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste.

Armadilhas de ovoposição (ovitrampas) foram avaliadas durante 11 anos em Belo Horizonte, no período de 2002 a 2013. Os resultados mostraram ser um instrumento simples e de fácil adaptação na rotina do controle vetorial, capaz de prever com dois meses de antecedência o alerta para o risco da ocorrência de dengue⁴. Outro estudo recente na mesma cidade, 2007 a 2018, avaliou quinzenalmente a positividade de ovitrampas e seu agrupamento espacial, usando o índice de Moran global e local⁵. Os pesquisadores encontraram variação de percentuais de positividade (35,7% -46,8%) e padrões espaciais consistentes ao longo do tempo, sugerindo que certas áreas podem ter criadouros persistentes⁶. Esses resultados reforçam as hipóteses levantadas no estudo de soroprevalência de dengue no município em 2000, que ao discutir as diferenças regionais de ocorrência da doença, levantou a importância dos focos geradores, aqueles

¹ Brasil. Ministério da Saúde (BR): Fundação Nacional de Saúde. Dengue instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas [Internet]. 3 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2001 [citado 2019 out 16]. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/man_dengue.pdf.

² Regis LN, Acioli RV, Silveira JC Jr, Melo-Santos MAV, Souza WV, Ribeiro CMN, et al. (2013) Redução sustentada da população do vetor da dengue a partir de uma estratégia de controle integrado aplicada em duas cidades brasileiras. PLoS ONE 8 (7): e67682. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067682>

³ Codeço CT, Lima AWS, Araújo SC, Lima JBP, Maciel-de-Freitas R, Honório NA, et al. (2015) Surveillance of *Ae. aegypti*: Comparison of House Index with Four Alternative Traps. PLoS Negl Trop Dis 9(2): e0003475.

⁴ Pessanha JEM, Brandão ST, Almeida MCM, Cunha MCM, Sonoda IV, Bessa, MAS, et al. Ovitrap surveillance as dengues epidemic predictor in Belo Horizonte City, Brazil. J Health BiolSci. 2014 jul; 2(2): 51-56.

⁵ Schultes, O. L. (2020). Spatial Analysis of Dengue Incidence and *Ae. aegypti* Ovitrap Surveillance in Belo Horizonte, Brazil. Tropical Medicine & International Health.

⁶ Cunha, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008.

mais antigos numa região, que agregariam fêmeas de *Ae. aegypti* de uma mesma família que, repetitivamente, fazem a postura nos mesmos reservatórios.

Avaliação sobre efetividade da ovitrampa¹ por instituto de pesquisa ocorreu em 2014, a FIOCRUZ divulgou em nota técnica seus resultados que demonstraram ser a ovitrampa a mais sensível, específica e de menor custo para o monitoramento de *Ae. aegypti*. Orientou seu uso complementar em cenários de infestação, mesmo com recomendações para capacitação de agentes de endemias e manutenção das demais estratégias.

Os países endêmicos para a dengue iniciaram nos últimos anos parcerias com instituições internacionais para a pesquisa de métodos alternativos ao tradicional uso de controle químico do *Ae. Aegypti*². Resultados promissores, de um conjunto de novos métodos em desenvolvimento para redução da capacidade de transmissão de patógenos por mosquitos, demonstraram evidências epidemiológicas e sua aplicação pode alterar as altas infestações vetoriais e a ocorrência de doenças, contando com o apoio da comunidade³.

Uma estratégia inovadora⁵ foi apresentada em 2011 pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), em parceria com a Universidade de Monash na Austrália, com a empresa internacional World Mosquito Program (WMP) e o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) dos Estados Unidos⁵, e apoio do Ministério da Saúde e da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Esse grupo lançou o projeto brasileiro

¹ Brasil. Nota Técnica nº 3/2014/IOCFIOCRUZ/Diretoria, de 22 de maio de 2014. Avaliação de armadilhas para a vigilância entomológica de *Ae. aegypti* com vistas à elaboração de novos índices de infestação. [acess: jan. 2018] http://www.fiocruz.br/ioc/media/nota_tecnica_ioc_3.pdf.

² Indriani C, Tantowijoyo W, Rancès E *et al.* Reduced dengue incidence following deployments of *Wolbachia*-infected *Ae. aegypti* in Yogyakarta, Indonesia: a quasi-experimental trial using controlled interrupted time series analysis [version 1; peer review: 2 approved]. *Gates Open Res* 2020, 4:50 (<https://doi.org/10.12688/gatesopenres.13122.1>)

³ Flores, HA, & O'Neill, SL (2018). Controle de doenças transmitidas por vetores pela liberação de mosquitos modificados. *Nature Reviews Microbiology*, 16 (8), 508–518. doi: 10.1038 / s41579-018-0025-0

⁵ WMP. World Mosquito Program. Copyright 2020 Monash University. ABN 12 377 614 012. [acess: out. 2020] <http://www.eliminatedengue.com/brasil/bairros-parceiros>

⁶ FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. Projeto 'Eliminar a Dengue: Desafio Brasil'. [acess: out. 2020] <http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=1589&sid=137>

“Eliminar a Dengue: Desafio Brasil” com a inoculação de *Wolbachia* em *Ae. Aegypti*¹. No mundo são 12 países envolvidos no projeto WMP, tendo além do Brasil, a Austrália, a Colômbia, o México, a Indonésia, o Sri Lanka, a Índia, o Vietnã, o Kiribati, Fiji, Vanuatu e a Nova Caledônia.

Algumas espécies de insetos apresentam naturalmente a bactéria *Wolbachia*, agente de biocontrole responsável por bloqueio viral em seu organismo, o que não acontece em mosquitos *Aedes*. Sabidamente a introdução de *Wolbachia* nessa espécie reduz a transmissão da dengue e de outros arbovírus aos seres humanos¹. Na estratégia de liberação de mosquitos portadores de *Wolbachia* no território espera-se que eles se acasalem com a população de mosquitos nativos e, com o passar do tempo, a porcentagem de mosquitos portadores de *Wolbachia* substitua a população de *Aedes* nativos. O projeto brasileiro propõe a redução da transmissão dos vírus em protocolo em fase de expansão², já aprovado pelas agências reguladoras e pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep), e conta com o financiamento internacional da Fundação Bill & Melinda Gates.

Em 2015 e 2016, o projeto “Eliminar a Dengue: Desafio Brasil”¹ realizou liberações de *Ae. aegypti* modificado em duas áreas-piloto no Rio de Janeiro e Niterói, com previsão de inclusão de outros bairros. Os estudos de impacto estão previstos para divulgação em 2022. Na capital mineira³, a expectativa de obter uma geração de vetores incapazes de transmitir o vírus DENV é promissora e agregará novas ferramentas ao controle.

Estudos desenvolvidos no norte da Austrália⁴ e na Indonésia avaliaram o impacto de liberações de agente de biocontrole e controle viral. Os resultados mostraram,

¹ Flores, HA, & O'Neill, SL (2018). Controle de doenças transmitidas por vetores pela liberação de mosquitos modificados. *Nature Reviews Microbiology*, 16 (8), 508–518. doi: 10.1038 / s41579-018-0025-0

² PBH libera *Ae. aegypti* com *Wolbachia* em todas as regionais da cidade. 31/05/2021. <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/pbh-libera-aedes-aegypti-com-wolbachia-em-todas-regionais-da-cidade>

³ Indriani C, Tantowijoyo W, Rancès E *et al.* Reduced dengue incidence following deployments of *Wolbachia*-infected *Ae. aegypti* in Yogyakarta, Indonesia: a quasi-experimental trial using controlled interrupted time series analysis [version 1; peer review: 2 approved]. *Gates Open Res* 2020, 4:50 (<https://doi.org/10.12688/gatesopenres.13122.1>)

respectivamente, a eliminação da transmissão local da dengue em comunidades tratadas com *Aedes* modificado e uma redução de 73% na incidência de dengue, os autores são favoráveis ao uso dessa nova abordagem para o controle da dengue.

Universidade Federal de Minas Gerais e a FIOCRUZ desenvolveram um estudo experimental envolvendo mosquitos *Ae. aegypti* inoculados com *Wolbachia* expostos à infecção pelo vírus da febre amarela. Os resultados mostraram que a presença de *Wolbachia* em mosquitos reduziu significativamente o potencial de infectividade do vírus da febre amarela para o *Ae. aegypti*. Os pesquisadores alertaram para o risco potencial desse vetor voltar a transmitir a febre amarela urbana e a utilidade de vetores inoculados com *Wolbachia* como estratégia complementar ao controle de arboviroses¹. A importância do uso dos métodos do controle integrado de vetores reside, dentre outras, na opção viável de controle da doença dengue, considerando que uma vacina segura para os quatro sorotipos virais, e demais arboviroses, ainda é um desafio contemporâneo para a ciência² e remete à discussão do processo de desenvolvimento de vacinas polivalente em futuro próximo.

A primeira dificuldade para o desenvolvimento de uma vacina para dengue é que a resposta imune e a patogênese dos quadros de dengue com sinais de alerta e dengue grave ainda não são totalmente explicadas³. Um segundo problema é a falta de modelo animal⁴, considerando que nem todos os roedores se infectam pelo vírus dengue, somente os deficientes em receptores de interferon tipos I e II são vulneráveis⁵, e primatas não humanos são modelos caros para uso em todas as etapas do desenvolvimento¹.

¹ Rocha MN et al. Pluripotency of *Wolbachia* against Arboviruses: the case of yellow fever. *Gates Open Res.* 2019 Apr 16; 3:161. doi: 10.12688/gatesopenres.12903.2. PMID: 31259313; PMCID: PMC6561079.

² Wilson AL, Courtenay O, Kelly-Hope LA, Scott TW, Takken W, Torr SJ, Lindsay SW. The importance of vector control for the control and elimination of vector-borne diseases. *PLoS Negl Trop Dis.* January 16, 2020; 14 (1): e0007831. doi: 10.1371 / journal. pntd.0007831. PMID: 31945061; PMCID: PMC6964823.

³ Deng SQ, Yang X, Wei Y, Chen JT, Wang XJ, Peng HJ. A Review on Dengue Vaccine Development. *Vaccines (Basel).* 2020 Feb 2;8(1):63. doi: 10.3390/vaccines8010063. PMID: 32024238; PMCID: PMC7159032.

⁴ Redoni M, Yacoub S, Rivino L, et al. Dengue: Status of current and under-development vaccines. *Reviews in Medical Virology.* 2020 Jul;30(4): e2101. DOI: 10.1002/rmv.2101.

⁵ Low JG, Ooi EE, Vasudevan SG. Current Status of Research and Development of Dengue Therapy. *The Journal of Infectious Diseases.* March 2017; 215 (suppl_2): S96-S102. DOI: 10.1093 / infdis / jiw423

As pesquisas para uma vacina contra dengue iniciaram em 1929 com processos ainda primários usando vírus inativados, seu desenvolvimento na década de 1940 com vírus DEN-1 e DENV-2 atenuados foi abandonado, considerando a insegurança do uso em humanos. Na década de 1970 várias vacinas contra dengue em estágios de uso pré-clínico e clínico foram utilizadas. Após os anos de 1980 diferentes iniciativas em busca de reconhecimento de uma possível vacina avançaram, e em 2015 foi aprovada a vacina quimérica Dengvaxia com componentes do vírus da Febre Amarela e vírus do Nilo Ocidental ¹. Ela está presente em 20 países, incluindo o Brasil, e mesmo liberada tem limitações de uso em massa, considerando a contraindicação em paciente soronegativo para DENV ².

Uma breve discussão sobre resposta imunológica justifica a dificuldade de produção de vacinas contra dengue. A infecção por DENV produz um alto título de anticorpos neutralizantes, considerados componentes importantes da resposta imune protetora. A proteção determinada por um mesmo sorotipo (homotípica) é eficaz durante muito tempo, enquanto a proteção cruzada, heterotípica, contra a infecção por outros sorotipos, pode durar dois anos ¹. Assim em uma infecção sequencial, com menor aporte de anticorpos, o quadro sintomático do paciente pode ser mais grave que o primeiro¹. Outra condição trata dos anticorpos não neutralizantes que podem se aglutinar com partículas de DENV e facilitar a infecção das células fagocíticas por receptores Fc, provocando uma infecção intensificada e quadros de dengue com sinais de alerta e dengue grave. A esse processo dá-se o nome de antibody-dependent enhancement ¹ (ADE). Halstead e Russell² apresentaram o conceito do chamado “Pecado antigênico original” ao demonstrarem que indivíduos quando expostos à infecções sequenciais, ao invés de obterem respostas neutralizantes eficazes contra a cepa infectante atual, demonstraram respostas de memória à cepa infectante primária, processo também presente nas respostas dos anticorpos neutralizantes à dengue.

¹ Halstead SB, Thomas SJ. Licensed Vaccines and Vaccines in Development. In: Elsevier (Ed.) . 7, 2018. cap. 2, p.241 – 251. ISBN 978-0-323-35761-6.

² Halstead SB, Russell PK. Protective and immunological behavior of chimeric yellow fever dengue vaccine. *Vaccine*. 2016; 34:1643-1647.

Revisão de literatura de 2020, realizada pelas universidades de Guangdong (Cantão) na China¹, apontou os pontos críticos dos cinco tipos de vacinas em processo de desenvolvimento atual, entre elas a vacina viva atenuada, a vacina de vírus inativado, a vacina de subunidade recombinante, a vacina de vetor viral e a vacina de DNA e apresentou as fases de ensaio clínico de cada uma delas.

Tabela 3. Vacinas candidatas contra a dengue em uso ou em ensaios clínicos.

Vacinas candidatas contra a dengue em uso ou em ensaios clínicos.

Tipo de Vacina	Nome	Estratégia	Fase de ensaio clínico
	CYD-TDV	Substituindo o gene prM / E do vírus YF17D por genes do DENV1-4	Avaliação após parte da licença
Vacina viva atenuada	TV003 / TV005	Atenuação por truncamento de 30 nucleotídeos na 3' UTR de DENV1, DENV3, DENV4 e um DENV2 / DENV4 quimérico	Fase III
	DENVax	Substituindo as sequências de codificação da vacina atenuada DENV2 PDK-53 pelas de DENV1, DENV3 e DENV4	Fase III
Vírus inativado	PIV	Vírus e adjuvantes inativados com formalina purificada	Fase I
Vacina de subunidade	V180	Uma proteína truncada recombinante contendo DEN-80E	Fase I
Vacina de DNA	D1ME100	Vetor de plasmídeo recombinante que codifica prM / E	Fase I
	TVDV	Vetor de plasmídeo recombinante que codifica proteínas prM / E de DENV1-4	Fase I
Prime / reforço heterólogo	TLAV Prime / PIV boost e ordem reversa	Estratégia inicial de reforço imunológico	Fase I

CYD-TDV: a vacina tetravalente contra o vírus da febre amarela 17D viva atenuada; DENVax: a vacina tetravalente viva atenuada contra a dengue; PIV: a vacina de vírus inativado por formalina purificada; TVDV: a vacina tetravalente de DNA; TLAV: a vacina de vírus tetra-vivo atenuado.

Fonte: Deng et al. 2020

O limite da vacina tetravalente viva atenuada contra a dengue (CYD-TDV) está na falta de capacidade para neutralizar o vírus DENV2. As vacinas de subunidades recombinantes trazem problemas de contaminação por endotoxinas e dobramento impróprio de proteínas. As vacinas de DNA apresentam problema da baixa imunogenicidade, até agora sem solução. Destaca-se que essas vacinas estão em fase de desenvolvimento e “estudar o mecanismo imunológico de componentes virais na transmissão de doenças é útil para quebrar o gargalo do desenvolvimento de vacinas”¹.

¹ Deng SQ, Yang X, Wei Y, Chen JT, Wang XJ, Peng HJ. A Review on Dengue Vaccine Development. *Vaccines* (Basel). 2020 Feb 2;8(1):63. doi: 10.3390/vaccines8010063. PMID: 32024238; PMCID: PMC7159032

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou em 2015 o registro da vacina contra dengue produzida pelo laboratório francês Sanofi Pasteur (Dengvaxia)^{® 1}. No entanto, pesquisadores alertaram sobre a eficácia do imunobiológico, pois ele tinha efeito protetor reduzido em pacientes que “nunca tiveram uma infecção e em crianças em idade pré-escolar”². Outros responsabilizaram governos locais em relação aos riscos da eficácia parcial e dos efeitos adversos, alertaram ainda sobre a possível negligência da manutenção das medidas de controle vetorial, diante da expectativa de proteção pela vacina³. A ANVISA em 2017 declarou em nota com destaque “Neste momento, e até que os dados sejam avaliados, a Anvisa recomenda que a vacina Dengvaxia[®] não seja administrada em indivíduos soronegativos, ou seja, sem exposição prévia ao vírus da dengue”⁴. Em 2019 o bulário eletrônico da ANVISA apresentava indicações do Laboratório sobre uso e os efeitos colaterais aos soronegativos⁵.

Em 2018 a OMS se posicionou em relação à vacina⁶, revendo suas orientações provisórias de 2017 que recomendava “a vacinação apenas em indivíduos com infecção documentada de dengue, seja por um teste diagnóstico ou por um histórico médico

¹ Brasil. Anvisa aprova registro da primeira vacina contra a dengue no Brasil. Embora liberada para comercialização, a Câmara de Regulação do Mercado. 28/12/2015. [Acessado: out. 2020] <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-12/anvisa-libera-primeira-vacina-da-dengue-no-brasil>.

² Hladish TJ, Pearson CAB, Chao DL, Rojas DP, Recchia GL, Gómez-Dantés H, et al. (2016) Projected Impact of Dengue Vaccination in Yucatán, Mexico. *PLoS Negl Trop Dis* 10(5): e0004661. doi: 10.1371/journal.pntd.0004661

³ López-Gatell H, Alpuche-Aranda CM, Santos-Preciado JI, Hernández-Ávila M. Dengue vaccine: local decisions, global consequences. *Bull World Health Organ.* 2016 Nov 1;94(11):850-855. doi: 10.2471/BLT.15.168765. Epub 2016 Sep 7. PMID: 27821888; PMCID: PMC5096346.

⁴ SBMT. Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. Nota Informativa – Vacina Dengue Dengvaxia[®]. Publicação: 12 de dezembro de 2017. [access: out. 2020] <https://www.sbmt.org.br/portal/nota-informativa-vacina-dengue-dengvaxia>

⁵ SBMT. Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. Publicação: 7 de março de 2019. Anvisa atualiza bula da vacina contra a dengue. . [access: out. 2020] <https://www.sbmt.org.br/portal/wp-content/uploads/2019/03/PDF-4.pdf>.

⁶ WHO. World Health Organization. Dengue vaccine: WHO position paper, September 2018 - Recommendations. *Vaccine.* 2019 Aug 14;37(35):4848-4849. doi: 10.1016/j.vaccine.2018.09.063. Epub 2018 Nov 10. PMID: 30424888.

documentado de doença anterior de dengue”. Considerando as experiências de uso em massa ocorrida em países asiáticos, novos estudos retrospectivos de dados de ensaios clínicos revelaram um risco excessivo de dengue grave em soronegativos entre nove até 16 anos, condição que levou às novas recomendações em relação ao uso. Após estudos sobre o tema, a agência de saúde recomendou um protocolo de triagem de população infectada e posterior vacinação como possível estratégia de impacto na redução de hospitalizações em regiões de transmissão. Estudos sobre impacto potencial da vacinação, com e sem triagem pré-vacinação, sugeriram que regiões endêmicas, com soroprevalência $\geq 30\%$ entre crianças de nove anos, teriam um bom desempenho custo-benefício, principalmente se usassem testes de diagnóstico rápido de maior sensibilidade¹.

Numa iniciativa nacional a Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares, Rede EBSEH², ligada ao Ministério da Educação e responsável por administrar os Hospitais Universitários, atualizou em 2019 a comunicação da parceria com o Instituto Butantã e as Universidade Federais de Sergipe, Ceará, UNB e UFMG para o desenvolvimento de pesquisas de vacina contra dengue e Zika, iniciadas há vários anos. Na fase final do processo a previsão de entrega no mercado será para 2022. “Esse é o primeiro programa que chega a fase três totalmente produzido, desenvolvido e estudado por pesquisadores brasileiros de um instituto público”³

Pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)⁴ relataram estudos de revisão sobre a epidemiologia da dengue no país e a realização de inquéritos nacionais de soroprevalência como preparatórios para a introdução da vacina da dengue no Brasil, os resultados dessa iniciativa não foram encontrados pela pesquisadora.

¹ Coudeville L, Baurin N, Shepard DS. The potential impact of dengue vaccination with, and without, pre-vaccination screening. *Vaccine*. 2020 Feb 5;38(6):1363-1369. doi: 10.1016/j.vaccine.2019.12.012. Epub 2019 Dec 23. PMID: 31879126.

² BRASIL. Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. Pesquisadores da Rede Ebserh conduzem estudo sobre vacina contra a dengue <https://www.gov.br/ebserh/pt-br/comunicacao/noticias/pesquisadores-da-rede-ebserh-conduzem-estudo-sobre-vacina-contra-a-dengue>.

³ BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Imunização. Vacina contra dengue está em fase final de produção. 3/10/2019. [acess: out. 2020]. <https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2019/10/vacina-contra-dengue-esta-na-fase-final-de-producao>.

⁴ Cocolo AC e Carnaúba V. Só a vacina não resolve, temos que mudar a atitude. 2016 Revista Entreteases n° 6 – Junho/2016 www.unifesp.br/entreteases | equipe.entreteases@unifesp.br. “ https://www.unifesp.br/images/DCI/revistas/Entreteases/Entreteases_06_2016.pdf

Até que os resultados de outros métodos de controle de dengue se apresentem viáveis, os países não devem negligenciar a manutenção das medidas conhecidas¹. Compreender as estratégias passadas contribui para a escolha e promoção de novos métodos a serem aplicados no futuro².

2.10 O controle do *Ae aegypti* em Belo Horizonte

O Programa de Controle de Dengue era de responsabilidade da Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde (FUNASA/MS), realizado de forma centralizada em todos os estados brasileiros³. Em Minas Gerais, o controle de dengue foi a primeira iniciativa de descentralização das atividades de controle de endemias, obedecendo às diretrizes do SUS/BH, iniciada em 1991⁴. Técnicos da FUNASA, das Secretarias Estadual e Municipal de Saúde tinham um contato profissional muito próximo e em abril de 1996, feriado de Semana Santa, os casos suspeitos de dengue no Regional de Venda Nova, investigados por essas equipes, foram confirmados como autóctones. Início das transmissões sustentadas e sucessivas epidemias de dengue que estavam por vir. Assim, o enfrentamento da primeira epidemia de dengue de Belo Horizonte foi coordenado e executado pela equipe municipal, com apoio da FUNASA⁴.

A epidemia de 1996, ano da implantação do PEAa, ocorreu entre altos Índices de Infestação Predial (IIP), o índice do município entre os meses de janeiro a maio atingiu 7%, com algumas áreas de abrangência chegando a quase 35%⁵. É importante registrar

¹ López-Gatell H, Alpuche-Aranda CM, Santos-Preciado JI, Hernández-Ávila M. Dengue vaccine: local decisions, global consequences. Bull World Health Organ. 2016 Nov 1;94(11):850-855. doi: 10.2471/BLT.15.168765. Epub 2016 Sep 7. PMID: 27821888; PMCID: PMC5096346.

² Wilson AL, Courtenay O, Kelly-Hope LA, Scott TW, Takken W, Torr SJ, Lindsay SW. The importance of vector control for the control and elimination of vector-borne diseases. PLoS Negl Trop Dis. January 16, 2020; 14 (1): e0007831. doi: 10.1371/journal.pntd.0007831. PMID: 31945061; PMCID: PMC6964823.

³ Brasil. Fundação Nacional de Saúde. 100 anos de Saúde Pública: a visão da Funasa / Fundação Nacional de Saúde. Brasília: 232 p. il. 2004

⁴ Jardim CCG, Oliveira CL, Cunha MCM, Brandão ST. A descentralização do controle de endemias; uma aposta no município de Belo Horizonte. In: Campos CR; Malta DC; Reis AT, Santos AF; Merhy EE. Sistema Único de Saúde em Belo Horizonte: reescrevendo o público. 1. ed. São Paulo: Xamã Editora; 1998, cap. 20, p. 365-380.

⁵ Corrêa PRL, França E, Bogutchi TF. Infestação pelo *Ae. aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. Rev. Saúde Pública [Internet]. 2005 Jan [cited 2020 Sep 29]; 39(1): 33-40.

que os IIP dos anos anteriores, 0,1% (1994), 0,0% (1992) e 0,4% (1991), se mantiveram em patamares muitas vezes inferior ao ano de 1996¹

O ciclo de ações de controle de *Ae. aegypti*, composto por Levantamento de Índice de Infestação vetorial (LI) e tratamento de focos (TF) era realizado em 1996 em períodos semestrais^{2,3}. Somente no segundo semestre de 1998, no primeiro semestre não houve LI em decorrência da epidemia, é que os ciclos passaram a acontecer em períodos bimestrais^{3,4} alternados, ou não, entre investigação de infestação vetorial e tratamento de foco³. Na sequência dos monitoramentos registrou-se a necessidade de diagnósticos vetoriais mais rápidos e a equipe municipal adotou, em 2006, o LIRAA, realizado em 10 dias². Além dos procedimentos dos ciclos, LI e TF, realizados em cinco ciclos, o controle vetorial de dengue prevê a visita quinzenal em pontos estratégicos (PE)^{1,5}, locais com potencial para ocorrência e manutenção de focos, com a identificação de criadouros de larvas de *Ae. aegypti* e aplicação de produtos químicos (borrifação perifocal). Os casos suspeitos de dengue notificados em áreas de surtos, recebem avaliação ambiental focalizada com indicação técnica do bloqueio de transmissão, dependendo da frequência de casos da área, e aplicação do produto químico a ultrabaixo volume (UBV) com uso de equipamentos costais motorizados, além da aplicação de larvicida e adulticida de poder residual ^{2,5}.

¹ Magalhães Júnior HM. A atuação do município de Belo Horizonte no controle da Dengue. In: Seminário: Combate à Dengue: descentralização, responsabilidade e controle. 2008. Brasília (DF). TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. [access: out 2020] https://portal.tcu.gov.br/data/files/F3/E4/1C/69/AB75_D410F10055D41A_2818A8/783380.PDF.

² BH-SMSA. Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Saúde. Gerência de Vigilância em Saúde e Informação Gerência de Controle de Zoonoses. Manual técnico da Dengue: padronização das ações para o controle vetorial da dengue desenvolvidas no município de Belo Horizonte [Internet]. Belo Horizonte:

³ Corrêa PRL, França E, Bogutchi TF. Infestação pelo *Ae. aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. Rev. Saúde Pública [Internet]. 2005 Jan [cited 2020 Sep 29]; 39(1): 33-40. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102005000100005&lng=en. 5

⁴ Pessanha JEM et al. Ovitrap surveillance as dengues epidemic predictor in Belo Horizonte City, Brazil. J Health BiolSci [Internet]. 2014 jul [cited 2020 maio 20]; 2(2): 51-56. Available from: https://www.researchgate.net/publication/263505170_Ovitrap_surveillance_as_dengue_epidemic_predictor_in_Belo_Horizonte_City_Brazil.

⁵ CONASEMS. Conselho Nacional de Secretários Municipais de Saúde. 2010. A experiência de Belo Horizonte – MG O desafio do controle da dengue em Belo Horizonte. 2010. In: A DENGUE E O AGIR MUNICIPAL. [aces: out. 2020]. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1347-a-dengue-e-o-agir-municipal-7&category_slug=dengue-964&Itemid=965

O planejamento das ações de controle de dengue no município é desenvolvido pelas equipes dos serviços de controle de zoonoses da Secretaria Municipal de Saúde e das Regionais¹. As equipes são responsáveis pela execução das atividades de campo, atribuição dos coordenadores, supervisores e dos agentes de combate a endemias que atuam em áreas de abrangências (a.a.), território de responsabilidade das Unidades Básicas de Saúde desde 1999². As ações de prevenção de dengue requerem ferramentas de vigilância vetorial eficientes e métodos sensíveis para prever ou detectar em tempo real um crescimento súbito da população de mosquitos³.

Estudos de avaliação de desempenho dos indicadores de infestação vetorial levaram o município de Belo Horizonte a adotar práticas complementares de vigilância e controle de *Ae. aegypti*⁵. Em 2002 as armadilhas de ovoposição passaram a ser instaladas em algumas regiões da cidade, inicialmente como projeto-piloto, e gradualmente em ampla cobertura no território, chegando em 2004 a cobertura de todo o município. Em 2010 foi criado o Índice de Vulnerabilidade da Dengue identificando potenciais áreas de risco para circulação do vírus. O indicador composto agregava ao LIRAA, outras variáveis, e pretendia orientar as atividades de prevenção e controle do vetor³. Os autores relataram a diminuição da força de transmissão do vírus da dengue nos anos de 2011 e 2012. Em 2012 um estudo de análise espacial⁶ de casos de dengue, no período de 1996 a 2011, procurou por padrões específicos de casos de dengue, usando dentre outras, as estatísticas de estimativa de *Kernel*. Os autores encontraram ondas de surtos de dengue

¹ SMSA. Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Saúde. Gerência de Vigilância em Saúde e Informação Gerência de Controle de Zoonoses. Manual técnico da Dengue: padronização das ações para o controle vetorial da dengue desenvolvidas no município de Belo Horizonte [Internet]. Belo Horizonte:2009

² CONASEMS. Conselho Nacional de Secretários Municipais de Saúde. 2010. A experiência de Belo Horizonte – MG O desafio do controle da dengue em Belo Horizonte. 2010. In: A DENGUE E O AGIR MUNICIPAL. [aces: out. 2020]. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1347-a-dengue-e-o-agir-municipal-7&category_slug=dengue-964&Itemid=965

³ Pessanha JEM. 2012. Mapa de vulnerabilidade para ocorrência de dengue, Belo Horizonte – MG. In: 12ª Expoepi: mostra nacional de experiências bem-sucedidas em epidemiologia, prevenção e controle de doenças. Anais: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 123 p. [acess: out 2020] http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/anais_12_Expoepi.pdf

⁵ Pessanha JEM et al. Ovitrap surveillance as dengues epidemic predictor in Belo Horizonte City, Brazil. J Health BiolSci [Internet]. 2014 jul [cited 2020 maio 20]; 2(2): 51-56. Available from: https://www.researchgate.net/publication/263505170_Ovitrap_surveillance_as_dengue_epidemic_predictor_in_Belo_Horizonte_City_Brazil.

⁶ Pessanha JEM, Caiaffa WT, Almeida MCdeM, Brandão ST, Proietti FA. Diffusion Pattern and Hotspot Detection of Dengue in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Journal of Tropical Medicine*, vol. 2012, Article ID 760951, 11 pages, 2012a. <https://doi.org/10.1155/2012/760951>

correlacionadas aos dados climáticos e de presença de vetores, com durações e intensidades diferentes, agrupamentos de casos reduzidos no espaço e no tempo.

Em outro estudo, Pessanha e colaboradores¹ analisaram a infestação vetorial pelo LI e pelas ovitrampas no período de 2002 a 2013 em Belo Horizonte. Os dados semanais de larva e média de ovos por ovitrampa demonstraram associação ($R= 0,72$) entre o número médio de ovos por ovitrampa e incidência por dengue em meses posteriores, na unidade de escala dos Regionais. Demonstrando a importância da vigilância vetorial por esse método simples, de bom poder preditivo, eficaz e facilmente adaptável à rotina dos serviços².

A última avaliação sobre uso de ovitrampas, ainda no município, de 2006 a 2018, constatou que a detecção de menor positividade da armadilha³, não foi um fator limitante na transmissão da dengue no município e reconheceu que outras variáveis devem ser observadas para explicar os padrões espaciais na incidência da dengue. No entanto, a observação de “áreas com positividade persistente sugere existência de condições diferenciadas para manutenção vetorial que merecem investigação³. Os resultados da infestação vetorial, segundo os indicadores LI e LIRAA, direcionam as ações de controle de *Ae. aegypti* para procedimentos complementares segundo a complexidade da região. Os percentuais de infestação apresentam variações ao longo dos anos, entre regionais e áreas de abrangência das Unidades Básicas de Saúde (UBS) do município (Figura 3). Completando a série histórica, os valores mais altos de 2017, 2018 e 2019 concentraram-se em janeiro com os respectivos percentuais, 1,3%, 2,4% e 2,6%⁴.

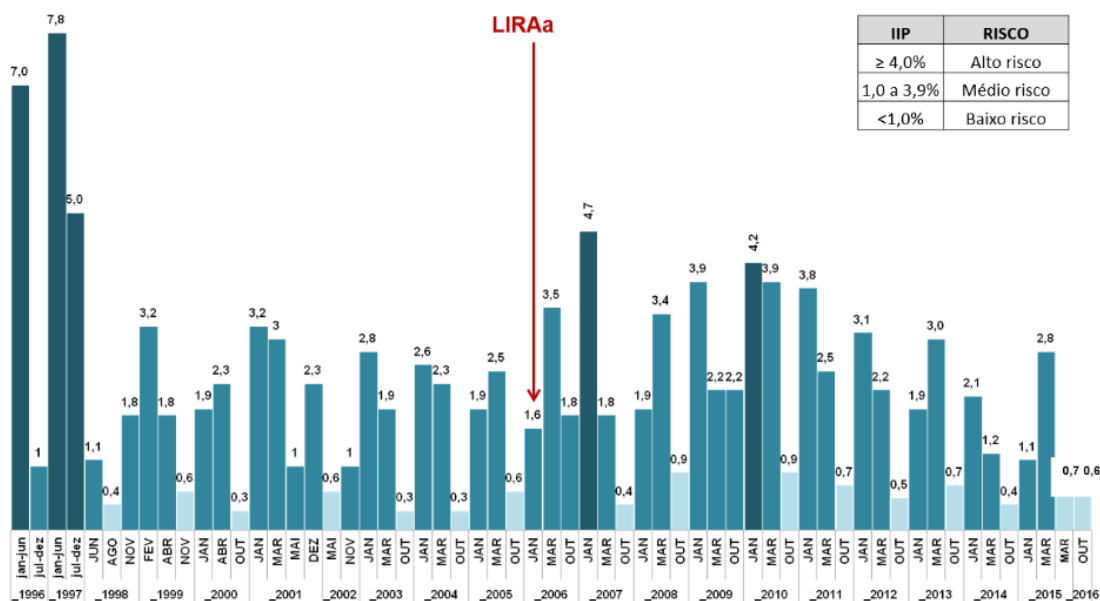
¹ Pessanha JEM, Caiaffa WT, Almeida MCdeM, Brandão ST, Proietti FA. Diffusion Pattern and Hotspot Detection of Dengue in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Journal of Tropical Medicine*, vol. 2012, Article ID 760951, 11 pages, 2012a. <https://doi.org/10.1155/2012/760951>

² BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. *Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 16, n. 4, p. 295-302, dez. 2007.

³ Schultes, O. L. (2020). Spatial Analysis of Dengue Incidence and *Ae. aegypti* Ovitrap Surveillance in Belo Horizonte, Brazil. *Tropical Medicine & International Health*.

⁴ Magalhães Júnior HM. A atuação do município de Belo Horizonte no controle da Dengue. In: Seminário: Combate à Dengue: descentralização, responsabilidade e controle. 2008. Brasília (DF). TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. [access: out 2020] <https://portal.tcu.gov.br/data/files/F3/E4/1C/69/AB75D410F10055D41A2818A8/783380.PDF>

Figura 3. Índices de Infestação Predial nas pesquisas larvárias realizadas entre 1996 e 2016, Belo Horizonte.



Fonte: Secretaria Municipal de Saúde - PBH

Nos anos epidêmicos de 1996 e 2010 e em janeiro de 2007 os índices de infestação vetorial se classificaram como de alto risco (superiores a 4%). A classificação de infestação de risco adotada pelo Ministério da Saúde¹, (< 1% satisfatório, 1% – 3,9% alerta e > 3,9% risco) não encontra suporte na literatura que permita correlacionar as infestações à ocorrência de dengue². Em 2016, um ano epidêmico na cidade, o índice de infestação foi registrado como de baixo risco, menos de 1 % de infestação, confirmando estudos que demonstraram ser esse indicador pouco sensível e seguro para indicar a transmissão da doença²

Atribui-se aos períodos de baixas ocorrências de dengue em Belo Horizonte (1998 a 2010), as ações combinadas de investigação da infestação vetorial e o tratamento de

¹ Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2009. 160 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

² Gomes AdeC. Medidas dos níveis de infestação urbana para aedes (stegomyia) aegypti e aedes (stegomyia) albopictus em Programa de Vigilância Entomológica. Inf. Epidemiol. Sus [Internet]. 1998 Set [citado 2020 Set 25]; 7(3): 49-57. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-16731998000300006&lng=pt.

foco, associado às medidas preventivas de educação ambiental e domiciliar^{1,2}. Hipóteses foram apresentadas pelos estudos desenvolvidos em Belo Horizonte como possível resultado do grau de imunidade de populações expostas a diferentes vírus em períodos alternados¹ e persistência de focos em determinadas regiões^{1, 3}. Depois da terceira epidemia, ano de 2010, as incidências demonstraram tendência de crescimento, os períodos entre epidemias se encurtaram em ciclos com intervalos de dois anos de baixas incidências entre os picos epidêmicos, seguindo uma tendência da doença no Brasil^{4, 5} comprometendo o desempenho do PNCD. As ações até então desenvolvidas no município não foram mais capazes de responder à complexidade epidemiológica da doença e o controle de seu vetor^{6,7,8}, mesmo com a adoção de estratégia de construção de indicadores de vulnerabilidade para a doença em 2012 com busca diferenciada de potenciais áreas de risco para grande circulação do vírus⁹.

Em síntese, o controle do *Ae. aegypti* é complexo, um vetor com alta capacidade de adaptação, de comportamento endofílico, presente no Brasil há quase 500 anos, requer amplo conhecimento sobre manejo integrado e inovações aos métodos tradicionais.

¹ Pessanha JEM, Caiaffa WT, Almeida MCdeM, Brandão ST, Proietti FA. Diffusion Pattern and Hotspot Detection of Dengue in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Journal of Tropical Medicine*, vol. 2012, Article ID 760951, 11 pages, 2012a. <https://doi.org/10.1155/2012/760951>

² Teixeira, Maria Glória et al. Dengue: twenty-five years since reemergence in Brazil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, supl. 1, p. S7-S18, 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009001300002&lng=en&nrm=iso>. access on 30 Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2009001300002>.

³ Cunha MDCM, Caiaffa WT, Oliveira CDL, Kroon EG, Pessanha JEM, Lima JA, Proietti FA. 2008. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiol. Serv. Saúde*. 17 (3): 217 – 230.

⁴ TEIXEIRA, Maria da Glória; BARRETO, Maurício Lima; GUERRA, Zouraide. Epidemiologia e medidas de prevenção do Dengue. *Inf. Epidemiol. Sus*, Brasília, v. 8, n. 4, p. 5-33, dez. 1999. Disponível em <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-16731999000400002&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 17 out. 2021. <http://dx.doi.org/10.5123/S0104-16731999000400002>.

⁵ Teixeira, Maria Glória et al. Dengue: twenty-five years since reemergence in Brazil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, supl. 1, p. S7-S18, 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009001300002&lng=en&nrm=iso>. access on 30 Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2009001300002>

⁶ Pessanha, José Eduardo Marques et al. Avaliação do Plano Nacional de Controle da Dengue. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 7, p. 1637-1641, July 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000700024&lng=en&nrm=iso>. access on 13 Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2009000700024>

⁷ Freitas, Rafael Maciel de, Valle, Denise. Challenges encountered using standard vector control measures for dengue in Boa Vista, Brazil. *Bulletin of the World Health Organization* Volume 92, Number 9, September 2014, 621-696.

⁸ Zara, Ana Laura de Sene Amâncio et al. Estratégias de controle do *Ae. aegypti*: uma revisão. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, June 2016. Available from

⁹ Pessanha JEM. 2012. Mapa de vulnerabilidade para ocorrência de dengue, Belo Horizonte – MG. *In: 12ª Expoepi: mostra nacional de experiências bem-sucedidas em epidemiologia, prevenção e controle de doenças*. Anais: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 123 p. [access: out 2020] http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/anais_12_Expoepi.pdf

Um conjunto de fatores foram aqui apresentados na expectativa de discutir e explicar a baixa efetividade dos programas de controle vetorial. No entanto, um elemento importante para a possível justificativa da manutenção das infestações vetoriais, junto as demais já colocadas, seja a precariedade de vínculos de trabalho^{1,2,3} dos agentes de controle de endemias. A consequência disto leva a desmotivação, rotatividade dos agentes no território, dificuldade de capacitação continuada de qualidade, compromete o envolvimento do agente com a comunidade. O retorno de altas infestações e casos de dengue e a baixa efetividade no controle do vetor, mesmo com a manutenção das estratégias de controle vetorial, tem relação ainda com a resistência ao agente larvicida identificado em Belo Horizonte a partir de 2006^{3,4}, tema amplamente discutido pela OMS desde os anos de 1968, que mereceu recente estudo. Alterações de suscetibilidade foram observadas em dois inseticidas a partir de testes realizados em 2017 e 2018 pelo Ministério da Saúde. Os resultados apontaram percentuais diferenciados de resistência por região, assim como de concentração eficaz. Fato que deve servir de alerta aos gestores públicos para a necessidade de incentivar novas práticas, além do uso de químicos⁵.

Nesse contexto, Belo Horizonte fez parceria com o projeto “Eliminar a Dengue: Desafio Brasil” da FIOCRUZ e o Ministério da Saúde. Na segunda etapa do projeto nacional outras duas cidades brasileiras, além daquelas já inseridas, Campo Grande (MS) e Petrolina (PE) receberão a liberação do *Ae. Aegypti* com o microrganismo *Wolbachia* na natureza⁶. Essas iniciativas serão possíveis a partir da mobilização da população, prática

¹ Evangelista, Janete Gonçalves et al. Agentes de combate às endemias: construção de identidades profissionais no controle da dengue. Trabalho, Educação e Saúde [online]. 2019, v. 17, n. 1.

² Matos, Geraldina da Costa Ribeiro, Silva, Jandira Maciel da e Silveira, Andréa Maria. Trabalho e saúde: a perspectiva dos agentes de combate a endemias do município de Belo Horizonte, MG. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional [online]. 2020, v. 45.

³ Pessanha JEM, Caiaffa WT, Almeida MCdeM, Brandão ST, Proietti FA. Diffusion Pattern and Hotspot Detection of Dengue in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Journal of Tropical Medicine*, vol. 2012, Article ID 760951, 11 pages, 2012a. <https://doi.org/10.1155/2012/760951>

⁴ Campos, NBD et al. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. 2019 International Journal of Environmental Health Research, DOI: 10.1080/09603123.2019.1656801

⁵ da Silva ALG et al. Controle do *Ae. aegypti* no Brasil. 2016. The Lancet, 387 (10023), 1052–1053. doi: 10.1016 / s0140-6736 (16) 00626-7

⁶ Fundação Oswaldo Cruz. Projeto 'Eliminar a Dengue: Desafio Brasil'. [acess: out. 2020] <http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1589&sid=137>

imprescindível de respeito aos costumes e liberdade de tomada de decisão da comunidade¹, assim como atitudes compartilhadas para reduzir a infestação dos mosquitos e a incidência das arboviroses por eles transmitidas.

A liberação do primeiro lote de mosquitos modificados em Belo Horizonte aconteceu no início de outubro de 2020 nos Bairros Jardim Leblon, Copacabana e Piratininga, em Venda Nova. O critério de escolha da região a receber o *Ae. aegypti* considerou as séries históricas de infestação local do vetor e incidência de dengue². Sabidamente, desde a primeira epidemia de dengue, o SUS de Belo Horizonte foi sistemático no cumprimento de protocolos de controle^{3,4,5,6,7} e junto às demais secretarias da administração municipal desenvolveram um trabalho em sintonia buscando estratégias complementares de diagnóstico do meio ambiente e controle de vetores, a exemplo das parcerias com a Secretaria de Limpeza Urbana e Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Saneamento Urbano⁸.

¹ Oliveira, R.L. D. Biologia e Comportamento do vetor. IN: Dengue: Teorias e Práticas. Valle D, Pimenta DN, Cunha RV, organizadores. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2015. 458 p. ISBN: 978-85-7541-456-9

² JEM. Jornal Estado de Minas. Mosquitos *Ae. aegypti* com bactéria *Wolbachia* foram soltos no Bairro Jardim Leblon na manhã desta segunda-feira. 5/10/2020. [acess: out 2020].

³ de Mattos Almeida MC, Caiaffa WT, Assunção RM, Proietti FA. Spatial vulnerability to dengue in a Brazilian urban area during 7-year surveillance. J Urban Health. May 2007; 84 (3): 334-45. doi: 10.1007 / s11524-006-9154-2. PMID: 17243024; PMCID: PMC2231833.

⁴ Almeida, MCdeM et al. Dinâmica intra-urbana das epidemias de dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1996-2002. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 24, n. 10, p. 2385-2395, Oct. 2008. [acess: oct. 2019]. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2008001000019&lng=en&nrm=iso <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008001000019>.

⁵ Coelho, Giovanini Evelim. Dengue: desafios atuais. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 17, n. 3, p. 231-233, set. 2008. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742008000300008&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2020.

⁶ Cunha, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008. [acess mar. 2017] http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742008000300007&lng=pt&nrm=iso.

⁷ de Menezes FC. Sistema de Informação de Leishmaniose Visceral (LV) em Belo Horizonte – Minas Gerais: avaliação do subcomponente Inquérito Canino no período de 2006 a 2010. Dissertação (Mestre em Ciências da Saúde). Ministério da Saúde Fundação Oswaldo Cruz. Centro de Pesquisas René Rachou, Belo Horizonte, 2011.

⁸ PBH/PMS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2004,2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2019. Secretaria Municipal de Política Urbanas, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. [acess:2020]. <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/Informacoes/publicacoes/plano-de-saneamento>.

No período de 2012 a 2017 o Plano Municipal de Saúde relatava a realização média de 5.008.576 de visitas/ano para realização dos ciclos de pesquisa (LI) e tratamento focal (TF), o que representou a cobertura de 84,42% dos domicílios do município¹.

O Programa de controle de *Ae. aegypti* custou ao Município de Belo Horizonte, o valor médio de aproximadamente R\$14.995.570,69, entre os anos de 2007 e 2008, sem computar o salário dos servidores próprios concursados. O repasse do financiamento anual do Ministério da Saúde, por meio do teto financeiro da Vigilância à Saúde no período foi de R\$ 11.473.499,00². Em 2018 o município contava com aproximadamente 1.500 Agentes de Combate a Endemias responsáveis pelos ciclos de monitoramento de LI e TF, além das atividades de instalação e retirada de ovitrampas, visitas em pontos estratégicos e as demais atividades de controle de zoonoses.

O financiamento do programa e o cumprimento de metas, justificam a defesa e a participação da sociedade no controle das ações de saúde coletiva no SUSBH, desenvolvimento de ações intersetoriais e o compromisso de transparência da administração pública³.

2.11 Ações intersetoriais para controle de *Aedes aegypti* em BH

As ações integradas de controle do *Ae. aegypti* adotadas em Belo Horizonte, em parceria com os demais setores da administração pública, obedecem às recomendações da Organização Pan-americana de Saúde (OPAS) descritas no documento “Estratégia de Gestão Integrada para Prevenção e Controle da Dengue na Região das Américas” de 2018⁴. Em síntese o documento aborda, na componente gestão ambiental, a

¹ PBH/PMS.SUS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saúde 2018 a 2021. Sistema Único de Saúde. Secretaria Municipal de Saúde. 2018.

² Magalhães Júnior HM. A atuação do município de Belo Horizonte no controle da Dengue. In: Seminário: Combate à Dengue: descentralização, responsabilidade e controle. 2008. Brasília (DF). TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. [acess: out 2020]
<https://portal.tcu.gov.br/data/files/F3/E4/1C/69/AB75D410F10055D41A2818A8/783380.PDF>

³ CONASEMS. Conselho Nacional de Secretários Municipais de Saúde. 2010. A experiência de Belo Horizonte – MG O desafio do controle da dengue em Belo Horizonte. 2010. In: A DENGUE E O AGIR MUNICIPAL. [acces: out. 2020].
https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1347-a-dengue-e-o-agir-municipal-7&category_slug=dengue-964&Itemid=965

⁴ PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. Integrated Management Strategy for Dengue Prevention and Control in the Region of the Americas. Washington, D.C.: PAHO;2018.

implementação de normas para redução da geração de criadouros incluindo legislações que regulamentam a geração desses na construção civil em áreas urbanas, com mecanismo de punição para o cidadão que cria reservatórios¹.

Organismo internacional lista os limites das estratégias de controle integrado, a saber, a falta de participação de atores-chaves, principalmente aqueles ligados a gestão da produção e qualidade da água, saneamento básico, coleta e destinação de resíduos de lixo, nas ações de controle de dengue¹. Entretanto, a busca pelo enfrentamento desta dificuldade ocorre desde 2004 em Belo Horizonte, durante a elaboração e execução do Plano de Saneamento Municipal³.

2.11.1 Saneamento e Saúde

A equipe responsável pela articulação intersetorial e elaboração do Plano de Saneamento Municipal (PMS) de 2004, técnicos das áreas de saneamento e saúde, compôs o Índice de Controle de Vetores (ICV) visando inserir o tema na avaliação da salubridade ambiental em Belo Horizonte^{2,3}. Dengue, por ser uma doença multifatorial, permitia a investigação de seus determinantes pelas várias secretarias, envolvendo temas como resíduos sólidos e drenagem urbana. Além de viabilizar uma metodologia de trabalho, a proposta ‘aproximava definitivamente as áreas, numa perspectiva de planejamento e execução de ações integradas’. O ICV monitorava a ocorrência de dengue representado pela diferença percentual entre a incidência de casos de uma área de bacia hidrográfica considerada e a incidência de casos do total de bacias do

¹ BH. Belo Horizonte. Lei nº 7.031, de 12 de janeiro de 1996. Dispõe sobre a normatização complementar dos procedimentos relativos à saúde pelo Código Sanitário Municipal e dá outras providências.

² PBH/PMS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2004,2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2019. Secretaria Municipal de Política Urbanas, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. [acess:2020]. <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/Informações/publicacoes/plano-de-saneamento>

³ TEIXEIRA, Diogo Araújo; PRADO FILHO, José Francisco do; SANTIAGO, Aníbal da Fonseca. Indicador de salubridade ambiental: variações da formulação e usos do indicador no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 543-556, June 2018. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000300543&lng=en&nrm=iso>. Access on 01 nov. 2020.

município¹. As justificativas para uso das incidências de dengue, e não de outras doenças vetoriais, residiam no número de casos desde a epidemia de 1998 (78.531 casos), na confiabilidade dos dados para análise, sua frequência atual e disponibilidade¹. O ICV passou a compor o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA), usado nos planos de saneamento dos anos subsequentes¹.

O ISA é utilizado por diferentes municípios do Brasil, foi criado em 1999 pelo Conselho Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo e adaptado para as realidades regionais podendo variar conforme as avaliações de contexto local². O ISA de Belo Horizonte de 2004 foi representado por cinco indicadores de primeira ordem; o índice de controle vetorial (IVC); de abastecimento de água (IAB); de esgotamento sanitário (IES); de resíduos sólidos (IRS) e de drenagem urbana (IDR) que possibilitam fazer comparações de seus resultados ao longo do tempo. Cada índice recebeu um valor ponderado, diferenciado segundo os riscos ambientais por bacia, os resultados variavam de zero a um, sendo o valor um (1) a melhor posição¹.

A partir de 2008 o monitoramento de dengue no PMS foi ampliado, considerando a possibilidade de ocorrência de *Chikungunya* e *Zika*. A data de entrada destes vírus no Brasil é polêmica, Valle et al. (2016)³ relatam o ocorrido em 2014 e 2015, respectivamente. O índice de controle de vetores passou a ser avaliado pelo Índice de Infestação por *Ae. aegypti* (IIAE) construído a partir do Índice de Densidade de Ovos (IDO), resultado do uso das ovitrampas no município. Dada sua importância, esse índice passou a compor, de forma independente e paralela aos demais, o bloco de indicadores de qualidade do saneamento de Belo Horizonte¹. Na interpretação do conjunto desses indicadores, em uma observação espacial no período de 2016 a 2019⁴ é possível

¹ PBH/PMS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2004,2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2019. Secretaria Municipal de Política Urbanas, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. [acess:2020]. <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/Informações/publicacoes/plano-de-saneamento>.

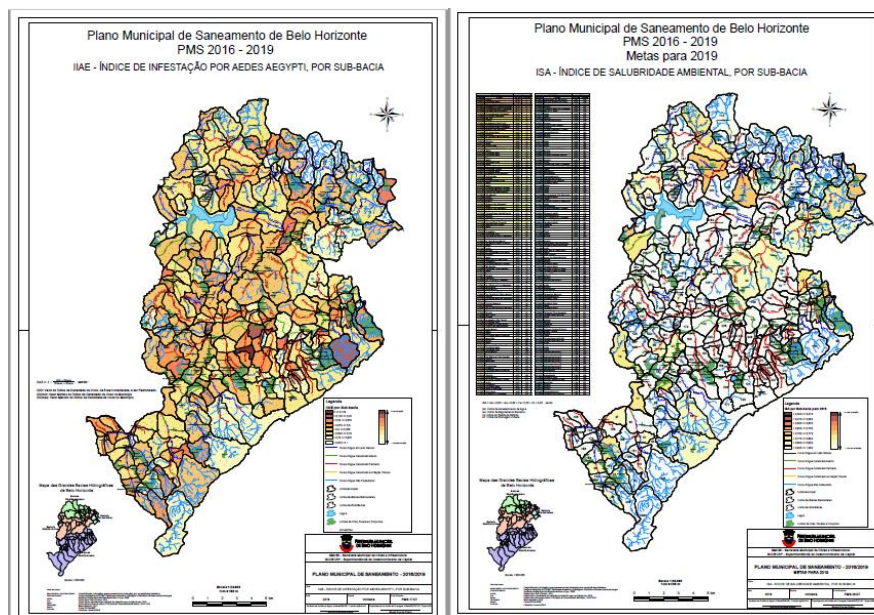
² TEIXEIRA, Diogo Araújo; PRADO FILHO, José Francisco do; SANTIAGO, Aníbal da Fonseca. Indicador de salubridade ambiental: variações da formulação e usos do indicador no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 543-556, June 2018.

³ Valle, Denise, Pimenta, Denise Nacif e Aguiar, Raquel. Zika, dengue e chikungunya: desafios e questões. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* [online]. 2016, v. 25, n. 2

⁴ PBH/PMS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2004,2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2019, 2020. Secretaria Municipal de Política Urbanas,

identificar as diferenças intraurbanas para infestação de *Ae. Aegypti*, esgotamento sanitário, resíduo sólido, drenagem urbana, e abastecimento de água. Avaliação sobre o direito a água e ao saneamento e sua relação às ocorrências das arboviroses é descrito por Queiroz (2021)¹.

Figura. 4 - Mapas do Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte, 2016 a 2019
Infestação vetorial e Salubridade ambiental



Fonte: <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/plano-de-saneamento>¹.

Estes instrumentos permitem diferentes análises por bacias e subbacias e poderão compor novos indicadores de qualidade de vida relacionado à dengue, úteis ao planejamento do controle da doença no município.

Superintendência de Desenvolvimento da Capital. [acess:2020]. <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/Informações/publicacoes/plano-de-saneamento>

¹ QUEIROZ, Josiane Teresinha Matos de, SILVA, Priscila Neves e HELLER, Léo. Novos pressupostos para o saneamento no controle de arboviroses no Brasil. Cadernos de Saúde Pública [online]. v. 36, n. 5 [Acessado 11 Novembro 2021], e00223719. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00223719>>. ISSN 1678-4464. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00223719>.

2.11.2. Legislação

Publicações da Câmara Municipal sobre o controle de dengue demonstravam a pertinência da componente legislação como suporte ao programa integrado de intervenção e controle vetorial. As legislações de destaque foram aprovadas desde 1996, o Código Sanitário¹, que previa a imposição da Lei sobre os responsáveis pelos focos de insalubridade ou criadouros de animais sinantrópicos. Os proprietários de estabelecimentos, e até residências, que impedissem o acesso da autoridade sanitária aos imóveis eram multados.

Em 1998 a desconcentração de profissionais da área da saúde para os Distritos Sanitários e para as Unidades Básicas de Saúde tinha como objetivo a assistência à população de Belo Horizonte atingida pela segunda epidemia de dengue da cidade².

O Comitê Municipal de mobilização contra a Dengue – CMMCD³ foi constituído em 2002 e conduzido pela Secretaria Municipal da Coordenação de Política Social, era composto por várias secretárias operacionais, a Universidade Federal de Minas Gerais e o Conselho Municipal de Saúde. A Secretaria de Saúde e a Assessoria de Comunicação Social tinham maior representatividade no comitê, cuja competência era coordenar a implementação das ações de educação em saúde e mobilização social voltadas ao controle da doença. A partir do desenvolvimento de campanhas de informação e de mobilização social, sua proposta orientava famílias sobre a responsabilidade pela manutenção de ambiente doméstico livre de potenciais criadouros do vetor. A melhoria da qualidade do trabalho de campo no combate vetorial se estruturou dada a integração dos órgãos de ações em comum.

¹ BH. Belo Horizonte. Lei nº 7.031, de 12 de janeiro de 1996. Dispõe sobre a normatização complementar dos procedimentos relativos à saúde pelo Código Sanitário Municipal e dá outras providências.

²BH. Belo Horizonte. Decreto nº 9.533, de 9 de março de 1998. Recomenda a desconcentração de pessoal da área da saúde para atender a população de Belo Horizonte atingida pelo Dengue, e dá outras providências.

³ BH. Belo Horizonte. Decreto nº 11.205, de 6 de dezembro de 2002. Constitui Comitê Municipal de mobilização contra a Dengue.

Em 2007 foi instituído, por Decreto, o Grupo Executivo para o Controle de Dengue¹(GECD) que ampliou as responsabilidades previstas pelo Comitê de 2002. A principal estratégia do GECD² no período foi a criação da Unidade de Recolhimento de Pneus (URP) pela Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) com o recolhimento entre 2007 a 2008 de 222.552 unidades. O recolhimento percorreu a Linha do Sistema de Trens Urbanos de Belo Horizonte (Metrô) e a Ferrovia Centro Atlântica³ em uma extensão aproximada de 28,1 km², acompanhando a Bacia do Ribeirão do Onça, entre os municípios de Contagem e Sabará^{4,5}.

Ainda sob orientação do GECD, ações diferenciadas foram realizadas com a SLU a partir dos indicadores epidemiológicos de dengue (casos e presença de vetor) que apontavam as áreas prioritárias para intervenção (Venda-Nova, Nordeste e Noroeste). Em 2007, houve limpeza e capina de áreas totalizando 360.000 m², oanel rodoviário do município recebeu atenção especial com o recolhimento de 267.400 kg de lixo em 880 m² de capina e 113.458 m² de roçada. Em 2008 foram coletados 2.379.040 Kg de resíduos em mutirões, limpeza e capina de áreas total de 720.000 m².

Uma ação especial na Regional Noroeste ampliou o Programa de Agente Comunitário de Limpeza (ACL), parceria entre o Distrito Sanitário e a SLU que percorreu 10

¹ BH. Belo Horizonte. Decreto nº 12622, de 9 de fevereiro de 2007. Institui o Grupo Executivo para o Controle da Dengue - GECD.

²Magalhães Júnior HM. A atuação do município de Belo Horizonte no controle da Dengue. In: Seminário: Combate à Dengue: descentralização, responsabilidade e controle. 2008. Brasília (DF). TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. [acess: out 2020] <https://portal.tcu.gov.br/data/files/F3/E4/1C/69/AB75D410F10055D41A2818A8/783380.PDF>

³CBTU. Companhia Brasileira de Trens Urbanos. Belo Horizonte. Malha Viária. 2014. [acess: out. 2020]. <https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/sistemas-cbtu/belo-horizonte>.

⁴ SMOBI. Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura. Conselho Municipal de Saneamento – COMUSA. 5ª Conferência Municipal de Saneamento. O Saneamento em Belo Horizonte: Realidade Atual, Desafios e Perspectivas de Avanços. Belo Horizonte, 15 de dezembro de 2018. [acess: out. 2020]. https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/Apresenta%C3%A7%C3%A3o_5%C2%AA%20COMUS_FINAL.pdf

⁵ PBH/PMS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2004,2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2019. Secretaria Municipal de Política Urbanas, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. [acess:2020]. <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/Informações/publicacoes/ plano-de-saneamento>.

favelas¹. O programa iniciou em 2004 como projeto piloto na Vila Pedreira Prado Lopes, região noroeste. Os serviços de limpeza urbana, coleta domiciliar e limpeza de vias, em vilas e favelas eram executados pelos moradores residentes, a partir de capacitação dos agentes. O custo dessa ampliação representou para a administração pública R\$ 1.410.449,00 em 2008. Assim, além dos benefícios da prestação dos serviços de limpeza urbana à comunidade, o projeto levou melhoria da qualidade de vida aos moradores, inserção social e geração de renda aos agentes comunitários². Ainda sob a coordenação do GECD, a Secretaria Municipal de Saúde, a SLU, a Defesa Civil e a Superintendência de Obras da Capital (Sudicap) se responsabilizaram pela capacitação de técnicos da construção civil do município, para criar multiplicadores sobre o tema¹, considerando a importância dos pátios de obras com criadouros de *Ae. aegypti*^{3, 4}.

Entidades como Sindicato da Construção Civil do Estado de Minas Gerais e o Sindicato da Indústria da Construção Pesada do Estado de Minas Gerais foram parceiros na contratação de educadores treinados pela SMSA, e na produção de material educativo específico para a área³. A Câmara do Mercado Imobiliário colaborou no controle de focos ao mapear imóveis fechados no município, em parceria com os serviços de controle de zoonoses se antecipavam em abrir para vistorias, residências ou estabelecimentos comerciais desocupados². As parcerias com as empresas da construção civil e mercado imobiliário se mantiveram nos anos seguintes com projetos especiais como “Semana A de Atitude Contra a Dengue” e a “Campanha sim nós temos a chave”⁵. Até 2008 as parcerias se ampliaram para as áreas de assistência envolvendo

¹ PBH/PMS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2004,2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2019. Secretaria Municipal de Política Urbanas, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. [acess:2020]. <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/Informações/publicacoes/plano-de-saneamento>.

² CONASEMS. Conselho Nacional de Secretários Municipais de Saúde. 2010. A experiência de Belo Horizonte – MG O desafio do controle da dengue em Belo Horizonte. 2010. *In: A DENGUE E O AGIR MUNICIPAL*. [acces: out. 2020]. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1347-a-dengue-e-o-agir-municipal-7&category_slug=dengue-964&Itemid=965

³CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) AGÊNCIA CBIC. 18/01/2016. Construção Civil se mobiliza contra a dengue. [acess: out. 2020] <https://cbic.org.br/construcao-civil-se-mobiliza-contra-a-dengue/>

⁵ JEM. Jornal Estado de Minas. Cobertura e marquises de imóveis de BH viram potenciais criadouros de *Ae. aegypti*. 01/02/2016. O Estado de Minas flagrou verdadeiras piscinas de água de chuva sobre prédios do Centro. [acess: out. 2020]. https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/02/01/interna_gerais,730189/o-em-fla-grou-pis-ci-nas-de-agua-de-chu-va-so-bre-pre-di-os-no-cen-tro.shtml

Empresa de Plano de Saúde com a divulgação do protocolo de atendimento ao paciente aos médicos do município¹.

Em 2009 o município se colocou como articulador das ações para o controle do *Ae. aegypti* com os municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte, a Secretaria de Estado de Saúde e outros órgãos do Estado de Minas Gerais¹, ação política divulgada pelo Decreto 13.488. Houve ampliação dos representantes do Grupo Executivo, incluindo os Administradores Regionais e as subsecretarias de Regulação e Limpeza Urbana e os Gerentes dos Distritos Sanitários, com destaque para a alteração da coordenação do GECD, que nesse momento passou ao Secretário Municipal de Saúde, e a inclusão do Gabinete Militar. Estas alterações foram fundamentais considerando a amplitude dos fatores de risco para a ocorrência de dengue no território e as responsabilidades descentralizadas das autoridades sanitárias, além do reconhecimento técnico das áreas de Assistência, Vigilâncias e Sistema de Informação, em especial Vigilância Epidemiológica, Sanitária e de Controle de Zoonoses².

A Lei nº10.141 de 2011 instituiu o Programa de Combate e Prevenção à Dengue² e classificou a graduação das infrações frente à manutenção de focos encontrados em quaisquer imóveis habitados ou não, públicos e privados. O cidadão teria cinco dias para se adequar após a intimação da irregularidade. Na ocorrência de reincidências, a legislação previa a duplicação dos valores das multas e o não cumprimento da Lei infringia aos estabelecimentos comerciais ou industriais a cassação do alvará de funcionamento². O teor dessa legislação já fora apresentado no Código Sanitário de 1996. O código e a Lei 10.141 (2011) deram suporte à ação denominada “resgate casa fechada” e posteriormente “entrada forçada”³. Ação resultante do uso poder de polícia da administração pública frente ao proprietário de imóveis que negligenciava a ocorrência de focos de vetor em sua propriedade, o valor da multa era em 2010 de aproximadamente R\$ 6.000,00.

¹ BH. Belo Horizonte. Decreto nº 13.488 de 19 de janeiro de 2009. Dispõe sobre o Grupo Executivo para o Controle da Dengue - GECD.

² BH. Belo Horizonte. Lei nº 10.141 de 24 de março de 2011. Institui o Programa de Combate e Prevenção à Dengue

³ CONASEMS. Conselho Nacional de Secretários Municipais de Saúde. 2010. A experiência de Belo Horizonte – MG O desafio do controle da dengue em Belo Horizonte. 2010. *In: A DENGUE E O AGIR MUNICIPAL*. [aces: out. 2020].

O controle rígido e a intenção de erradicação da doença e combate aos focos da dengue em obras da construção civil foram determinados pela Lei nº 10.918 de 2016¹. A força da ação possivelmente foi motivada pela grande epidemia do ano, que até março, mês da publicação da Lei, apresentara quase 15 mil casos no ano. Os infratores teriam a obra interditada e a posterior liberação mediante a eliminação de focos e pagamento de multas. Os valores recolhidos pela execução dessa lei seriam destinados a ações de controle de dengue no Município. A população foi chamada a denunciar os focos originários destas obras², o ano de 2016 contabilizou 146.694 casos de dengue. A ação “entrada forçada” recebeu mais um suporte legal a partir do Decreto 17.012 de 2018, que criou o Grupo Executivo para Intensificação de Combate ao *Ae. Aegypti*. A decisão do legislativo municipal ocorreu frente ao risco de transmissão de outras arboviroses além de dengue, como *Chikungunya*, *Zika* e Febre amarela urbana.

Dois exemplos concretos podem encerrar essa apresentação das experiências positivas de Belo Horizonte que serviram de modelo para outros municípios no país, o primeiro diz sobre o uso de ovitrampas como instrumento de monitoramento vetorial. Essa ação foi implantada em 2002 em toda a capital³. Em 2001 as ovitrampas foram indicadas pelo Ministério da Saúde para municípios não infestados⁴. Nova recomendação de uso, ampliando para o diagnóstico vetorial ocorreu somente em 2014, a partir das pesquisas de efetividade realizadas pela Fiocruz⁵. O exemplo pioneiro de ordenamento jurídico da ação “resgate casa fechada” usada em Belo Horizonte em 2008, com orientação do Ministério da Saúde desde 2006 constituiu farta referência, foi suporte para processos

¹ BH. Belo Horizonte. Lei nº 10.918, de 17 de março de 2016. Dispõe sobre a criação do Compromisso de Controle e Erradicação da Dengue e dá outras providências.

² BH. Belo Horizonte Decreto nº 17.021, de 28 de novembro de 2018. Institui o Grupo Executivo para Intensificação de Combate ao *Ae. aegypti*.

³ Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH). Secretaria Municipal de Saúde. Gerência de Vigilância em Saúde e Informação Gerência de Controle de Zoonoses. Manual técnico da Dengue: padronização das ações para o controle vetorial da dengue desenvolvidas no município de Belo Horizonte [Internet]. Belo Horizonte: PBH; 2009 [citado 2019 out 19]. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/saude/2018/publicacoes-da-vigilancia-em-saude/manual_dengue_padronizacao_acoes_controle_vetorial_dengue_BH.pdf.

⁴ Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2009. 160 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

⁵ Brasil. Nota Técnica nº 3/2014/IOCFIOCRUZ/Diretoria, de 22 de maio de 2014. Avaliação de armadilhas para a vigilância entomológica de *Ae. aegypti* com vistas à elaboração de novos índices de infestação. [acess: jan. 2018] http://www.fiocruz.br/ioc/media/nota_tecnica_ioc_3.pdf.

administrativos e tornou-se reconhecida para o controle de dengue em 2016 pela Medida Provisória nº 712¹.

Deve-se ressaltar a importância de base legal para assegurar ao cidadão o direito à saúde. Assim como o controle de dengue, experiências sobre o uso do poder de polícia administrativa em relação às condições de manutenção da saúde e prevenção de doenças foi amplamente discutido no enfrentamento da pandemia de COVID-19. Exercido por estados e municípios, desde 2020, as limitações geraram importantes discussões que devem subsidiar programas de educação em saúde.

2.12. Instrumentos da epidemiologia espacial aplicados no controle de dengue, geoprocessamento de eventos.

O estudo da distribuição espacial de eventos e doenças e seus determinantes sociais, como as variáveis socioambientais, incentivado pelas tecnologias de informação e informática na rede de serviços de saúde é conhecido como Epidemiologia Geográfica². Os autores asseguram que tais estudos oferecem a “compreensão dos fatores socioeconômicos e ambientais, entre outros, que determinam as condições de vida e o estado de saúde da população”¹.

No Brasil esta linha de investigação surgiu no início do século XX a partir dos trabalhos de sanitaristas que realizavam interpretações ecológicas das relações entre o homem e o ambiente em que viviam, denominada à época de geografia médica³, direcionada às endemias rurais.

Os conhecimentos de bioestatística e cartografia aproximaram a epidemiologia das doenças infecciosas à geografia, inicialmente sem promover a intersectorialidade entre as áreas, e permitiu a descrição dos padrões de distribuição regional das doenças². No decorrer do tempo, as análises da localização espacial de eventos, com o uso da

¹ Brasil. Medida Provisória nº712, de 29 de janeiro de 2016. Dispõe sobre a adoção de medidas de vigilância em saúde quando verificada situação de iminente perigo à saúde pública pela presença do mosquito transmissor do Vírus da Dengue, do Vírus Chikungunya e do Zika Vírus. Diário Oficial da União, segunda-feira, 1 de fevereiro de 2016. Brasília – DF.

² BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Simone M. Santos, Wayner V. Souza, organizadores. - Brasília : Ministério da Saúde, 2007. 120 p. : il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) (Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 3)

³ LACAZ, C. S.; BASRUZZI, R. G. & SIQUEIRA, w.(org.) Introdução à geografia médica do Brasil. São Paulo, Edgard Blücher/Edusp, 1972.

estatística espacial, possibilitou a modelagem da ocorrência destes fenômenos e a identificação de padrões¹.

A epidemiologia geográfica, ao usar tecnologias de coleta de dados e gerar informação demográfica, reconhece as condições de risco do território permitindo o planejamento das intervenções, processo conhecido como geoprocessamento¹. Técnica que prevê o “sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informações Geográficas”².

2.12.1. Análise exploratória tempo-espacial de casos de dengue 1996 a 2020.

Em Belo Horizonte buscou-se conhecer os padrões de distribuição temporal e espacial dos casos de dengue de 1996 a 2019 em relação ao contexto socioeconômico. Análise exploratória dos dados de dengue e os possíveis determinantes do ambiente biofísico, considerou as infestações por *A. aegypti*, monitoradas por ovitrampas e o Índice de Vulnerabilidade Social³ (IVS) para avaliar a ocorrência de aglomerados espaço-temporais de surtos de dengue.

A descrição das análises partiu de traçados gráficos de diferentes períodos, a saber: 1. Série temporal de incidência de dengue de 1996 a 2019 por semana epidemiológica. 2. Incidência média segundo semanas epidemiológicas dos anos epidêmicos (1998 a 2019) para o município e as regionais administrativas. 3. Três recortes temporais, I.1996 a 2002; II.2003 a 2008; III.2009 a 2019 e dois recortes espaciais: (A) Região Norte [Regionais Noroeste (No), Nordeste (Ne), Norte (N), Pampulha (P) e Venda Nova (VN)] e (B) Região Sul [Regionais Barreiro (B), Centro Sul (CS), Oeste (O), Leste (L) e Noroeste (No)] para a construção dos diagramas de controle. A Regional Noroeste foi mantida nos dois recortes espaciais devido à sua localização estrategicamente central,

¹ NARDI, Susilene Maria Tonelli ; PASCHOAL, JOSÉ ANTONIO ARMANI ; PEDRO, HELOISA DA SILVEIRA PARO ; PASCHOAL, VÂNIA DEL?ARCO ; SICHIERI, EDUVALDO PAULO . Geoprocessamento em Saúde Pública: fundamentos e aplicações. REVISTA DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ , v. 72, p. 205, 2013

² BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Simone M. Santos, Reinaldo Souza-Santos, organizadores. - Brasília : Ministério da Saúde, 2007. 148 p. : il. - (Série B. Textos Básicos de Saúde) (Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 2)

³ Secretaria Municipal de Saúde. (2013). Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS-BH) 2012. Prefeitura de Belo Horizonte. [asse:2020] https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/saude/2018/publicacoes-da-vigilancia-em-saude/indice_vulnerabilidade2012.pdf#7s8d6f87

aos valores observados muito próximos aos do município e ainda às alterações de divisão geopolítica ocorridas nos limites dessa regional durante o período de estudo. Os diagramas foram construídos tendo como limites do canal endêmico a mediana e o terceiro quartil da incidência média semanal de casos prováveis (casos notificados, subtraídos os descartados) dos anos não epidêmicos¹. Este indicador foi o escolhido por mostrar os menores valores na construção dos limites endêmicos, objetivando maior sensibilidade.

2.12.1.1 Elementos das análises exploratórias

As análises espaciais (campo dos estudos ecológicos)² foram realizadas considerando como unidades de análise espacial o município e as áreas de abrangência para o período de 1996 a 2019. Foram analisados os casos confirmados de dengue no município e as taxas de incidência segundo área de abrangências, calculadas por 100 mil habitantes, com base na estimativa populacional conforme os critérios explicitados a seguir.

Foram utilizados como unidade de análise temporal ciclos sazonais para os quais o banco de dados foi organizado por semana epidemiológica (SE) de ocorrência dos casos, compondo cada ciclo o período compreendido entre a SE 44 de um ano a SE 43 do ano posterior. A escolha deste período justifica-se pela sazonalidade da doença e observação da distribuição de casos ao longo dos anos.

Os mapas de dengue de cada ciclo tiveram sua construção dividida em dois períodos a partir das variáveis: população do censo 2000; configuração espacial das áreas de abrangência do ano 2003 e IVS 2003 para os casos de dengue correspondentes ao período de 1996 a 2006. População do censo 2010; configuração espacial das áreas de abrangência do ano de 2019 (ano atual) e o IVS de 2012 com referência aos casos de dengue ocorridos no intervalo de 2007 a 2019.

¹ BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2009. 160 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos.

² O'Sullivan David, Unwin David. Geographic Information Analysis, 2nd Edition. Copyright © 2010 by John Wiley & Sons.

Por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 10 foi possível a construção de um banco de dados geográficos (casos de dengue georeferenciados), edição vetorial em formato shapefile (.shp) e configuração de layouts que associaram as respectivas bases cartográficas: as nove Regionais Administrativas da Prefeitura de Belo Horizonte; áreas de abrangência 2003 e 2019; Zona de Preservação Ambiental – ZPAM definida pela Lei nº 7.166 de 1996; IVS 2003 e 2012. E finalmente a ocorrência dos 549.584 casos de dengue do período 1996 a 2019, com a respectiva indicação do vírus circulante no período (DENV - 1, 2, 3 e 4).

A análise espacial permite a visualização e descrição de dados espaciais por mapas e representações gráficas, de modo a identificar o padrão de distribuição espacial ao longo do tempo da doença¹.

A análise descritiva espacial dos dados foi produzida para cada ciclo; mapas de pontos dos casos de dengue; mapas temáticos de incidência de dengue segundo as áreas de abrangência dos centros de saúde e mapas de incidência de *Kernel* (estimador de densidade espacial). Para análise de dependência espacial foram utilizados os Índices de autocorrelação de Moran Global e Local².

O estimador de *Kernel*³ é uma técnica de alisamento que gera uma superfície de densidade para a identificação visual das áreas de maior densidade de casos, representadas por áreas mais escuras no mapa (pontos quentes), e os pontos mais claros, menor densidade. Os mapas de *Kernel* foram utilizados para obter estimativas da distribuição espacial dos casos de dengue no município em todo o período avaliado, o que permitiu a detecção de áreas com maior e menor intensidade destes eventos além de permitir identificar áreas de transição entre elas, técnica comumente utilizada em demais eventos de análises espaciais².

Estimou-se a densidade de *Kernel* quantificando as relações dos casos (pontos) dentro de um raio (R) de influência, considerando uma função estatística e analisou os padrões pela densidade de casos de dengue (pontos), identificou áreas com maior concentração

¹ Druck, S., Carvalho, M. S., Câmara, G., Monteiro, A. M. ed. tec. Análise espacial de dados geográficos. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2004, 209p.

² BAILEY, T. and A. GATTREL. Spatial Data Analysis by Example. London, Longman, 1995.

³ Druck, S., Carvalho, M. S., Câmara, G., Monteiro, A. M. ed. tec. Análise espacial de dados geográficos. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2004, 209p.

de casos, tendo como unidade de análise a AA. No entanto, esse indicador tem limite, pois não considera a distribuição da população onde os casos de dengue (pontos) estão inseridos, assim foi necessário calcular a Razão de *Kernel*, ou mapa de calor, para todos os anos da série. A superfície populacional foi ponderada a partir de um raio de busca de 1.500 casos de dengue e estimativa de população em agrupamento de 3.000 metros. A razão de *kernel* representa a razão entre o *kernel* dos casos pelo *kernel* da população¹.

RK = Densidade estimada para os eventos / Densidade estimada para a população no determinado agrupamento.

Empregou-se a análise de dependência espacial (autocorrelação dos casos de dengue no espaço) pela estatística I de Moran e o Indicador Local de Associação Espacial (LISA), para todos os ciclos da série de incidência de dengue segundo as áreas de abrangências, estimando incidência bruta e incidência Bayesiana, demonstrado em mapas

O índice de Moran Global representa uma medida de autocorrelação espacial global entre todos os componentes do conjunto analisado e mede o grau de correlação entre pares de variáveis, ponderando pela proximidade geográfica². As incidências foram calculadas por setor censitário e mostradas nos mapas temáticos. A autocorrelação espacial mede o comportamento da incidência da variável dengue com ela mesmo e seus vizinhos no espaço. Se os eventos são próximos e semelhantes, a autocorrelação é positiva (+1) e significativa (valor de $p \leq 0,05$), a variável terá um valor alto e os seus vizinhos também (alta/alta). Se os eventos são próximos e diferentes, a autocorrelação é negativa (-1), inversa, tem valor baixo assim como seus vizinhos (baixo/baixo).

Os indicadores globais de autocorrelação espacial (Moran I) fornecem uma única medida para o conjunto de todos os setores censitários, caracterizando toda a região estudada. Quando o valor da estatística do teste for zero indica que a distribuição ocorre ao acaso entre as áreas¹. A incidência Bayesiana foi utilizada para suavizar flutuações aleatórias da variável entre as unidades de análise espacial para todos os ciclos da série temporal, previamente descritos. O pseudo-p valor foi calculado com simulação com 99 permutações para o teste global¹.

¹ DRUCK, S., CARVALHO, M. S., CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M. ed. tec. Análise espacial de dados geográficos. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2004, 209p.

² BAILEY, T. and A. GATTREL. Spatial Data Analysis by Example. London, Longman, 1995.

O estimador bayesiano empírico global calcula uma média ponderada entre a taxa bruta da localidade e a taxa global da região. Já o empírico local inclui efeitos espaciais, calculando a estimativa localmente, utilizando somente os vizinhos geográficos da área em que se deseja estimar a taxa, convergindo em direção a uma média local em vez de uma média global. As taxas suavizadas são menos instáveis, pois consideram no seu cálculo não só a informação da área, mas também de sua vizinhança (matriz de vizinhança). Mapas baseados nessas estimativas são mais interpretativos e informativos.

O Moran local, indicador de associação espacial local (LISA) pesquisa o grau de dependência, ou covariância espacial entre os pontos. Esse indicador foi utilizado para todos os ciclos da série. O pseudo-p valor foi calculado com simulação com 999 permutações para os mapas LISA. A matriz de continuidade da Rainha foi usada para definir os vizinhos, regiões que apresentem fronteiras comuns¹.

Clusters significativos de alta-alta (AA) e baixa-baixa (BB) incidência de dengue foram identificados para cada mapa LISA univariado. Esses agrupamentos anuais significativos foram somados por tipo de agrupamento para criar mapas com a frequência de agrupamento por AA e BB incidência de dengue em agrupamentos de anos, conforme metodologia adaptada proposta por Schultes².

Importante informar o critério de classificação do Ministério da Saúde: áreas de baixa incidência (taxa de incidência menor que 100 casos por 100.000 habitantes), áreas de

¹ Toledo, Celina Roma Sánchez de et al. Vulnerabilidade à transmissão da leishmaniose visceral humana em área urbana brasileira. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 51, 49, 2017. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102017000100239&lng=en&nrm=iso>. Access on 02 Nov. 2020. Epub May 15, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1518-8787.2017051006532>

² Schultes, O. L. (2020). Spatial Analysis of Dengue Incidence and *Ae. aegypti* Ovitrap Surveillance in Belo Horizonte, Brazil. *Tropical Medicine & International Health*.

³Situação Epidemiológica da Dengue até dezembro de 2006 (semana epidemiológica Nº 52). https://bvsm.sau.de.gov.br/bvs/publicacoes/boletim_dengue_dez2006.pdf

⁴ KULLDORFF Martin (1997) A spatial scan statistic, *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 26: 6, 1481-1496, DOI: [10.1080 / 03610929708831995](https://doi.org/10.1080/03610929708831995)

média incidência (intervalo entre 100 a 300 casos por 100.000 habitantes), áreas de alta incidência (maior que 300 casos por 100.000 habitantes)¹.

Outra ferramenta de análise espacial usada foi a estatística Scan² (varredura) que permitiu nova análise espaço-temporal ao avaliar se o evento pontual e unidirecional (dengue) era aleatório ou se demonstrava cluster. A estatística Scan é uma análise de distribuição de probabilidade, que utiliza de modelos de Poisson e permutação espaço-tempo. A informação dos eventos da área foi associada a um único ponto dentro do polígono (centroides), traçado ao seu redor um raio em forma de janelas circulares. Os parâmetros utilizados para análise dos eventos espaciais obedeceram às seguintes características: tamanho máximo do aglomerado igual a 50% da população exposta e 999 replicações, os aglomerados não deveriam se sobrepor. A unidade de tempo contemplou anos epidêmicos e os limites interepidêmicos (2007 e 2008 – 2010 – 2011 e 2012 – 2013 – 2014 e 2015 – 2016 – 2017 e 2018 -2019). Para cada janela circular calculou-se o número esperado de ocorrência de dengue, constituía-se aglomerados se o valor encontrado dentro da janela fosse maior ou menor que o esperado. Aglomerados de casos significativos numa região representam maior risco de ocorrência de dengue, quando comparado às demais áreas³, estimado pelo risco relativo dentro e fora do círculo.

Para construção dos mapas de pontos, mapas temáticos de incidência de Kernel e Razão de *Kernel* foi utilizado o software aberto QGIS 3.12.3. Para análise do Índice de Moran e LISA univariados foi utilizado o programa GeoDa (versão 1.14.0). O software livre SaTScan foi utilizado na análise de varredura.

2.12.1.2 Ovitrapas - Análise de adequação da metodologia de proposta para o monitoramento

Para a análise de instalação e de distribuição espacial das ovitrampas, utilizou-se o registro do número e do percentual de instalações com a presença de ovos de *Ae. aegypti* por área de abrangência de 2007 a 2019; e a contagem quinzenal de ovos no período. Foram propostos sete indicadores de monitoramento vetorial por ciclo/ano de estudo, município e regionais administrativas: i. número de ovitrampas instaladas, ii. médias de instalações por ovitrampa, iii. Positividade, iv. média de ovos por ovitrampas, v. distância média até a ovitrampa mais próxima, vi. porcentagem de ovitrampas que se moveram anualmente e vii. distância média de movimentação das ovitrampas ao longo do período de estudo. Os quatro primeiros indicadores examinaram as características gerais de instalação e uso para monitoramento vetorial; os três seguintes examinaram a distribuição espacial e a movimentação individual de ovitrampas ao longo do tempo, sempre registrada na primeira semana anual para cada ano de estudo. A distância euclidiana foi utilizada para calcular a distância até a ovitrampa vizinha mais próxima e a distância percorrida desde o ano anterior. Os resultados destes indicadores foram comparados entre as regionais administrativas para análise da adequação da metodologia do monitoramento em todo o município.

2.12.1.2.1 Análise de intervalo entre positividade de ovitrampas e incidência de dengue

O monitoramento das ovitrampas no município prevê a coleta de ovos em toda a cidade a cada duas semanas; portanto, a incidência de dengue, a contagem média de ovos e a sua positividade, foram calculadas nesse intervalo. A correlação entre agrupamentos de duas semanas foi testada com defasagens de duas a 16 semanas para a cidade. As relações entre a incidência de dengue e positividade de ovos e incidência de dengue e contagem média de ovos foram testadas. O teste de ordem classificada tau-b de Kendall foi usado para avaliar a associação devido à distribuição não normal das três variáveis. O intervalo entre incidências de dengue ocorre sempre nas semanas 44 e 45, começando com a definição anual descrita anteriormente. O primeiro intervalo de índice de ovos dependia da defasagem usada. Por exemplo, o primeiro intervalo, com uma lacuna de duas semanas, usou o índice de ovos das semanas 42 e 43, enquanto o primeiro intervalo com lacunas de quatro semanas, usou o índice de ovos das semanas 40 e 41. As atividades de coleta de ovos são interrompidas ao final de cada ano por duas semanas, nos feriados de Natal e Ano Novo e durante o feriado do carnaval, em

fevereiro ou março¹. A análise de correlação de classificação global exigiu pelo menos 500 observações, de no mínimo quatro regiões da cidade, a cada período de duas semanas, garantindo assim a representação geográfica. Períodos que não atenderam esses critérios (n = 13) foram removidos da análise.

Regionais

A análise temporal também foi usada para avaliar a defasagem entre o índice de ovos e a incidência de dengue por regional administrativo. Foram selecionados dois anos para análise, um ano não epidêmico (2015) e um ano epidêmico (2016)². Ambos os anos foram selecionados devido à alta incidência anual de dengue em todas as regiões. A incidência de dengue e os índices de ovos foram agrupados em períodos de duas semanas. Para garantir a representação espacial adequada, períodos de duas semanas, de regiões com menos de 50% da instalação de armadilhas de ovos, foram removidos da análise (2015: n = 21; 2016: n = 25). Todas as análises temporais foram realizadas em R (versão 3.6.1).

Em relação aos casos de dengue, os mapas de pontos foram produzidos no ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 3.12.3, assim como análise de *Kernel*. As análises de autocorrelação espacial pelos índices Moran global (I) e Moran local (LISA) foram realizadas no software GeoDa1.14.0 (<https://geodacenter.github.io/>). O software livre SaTScan foi utilizado na análise de varredura.

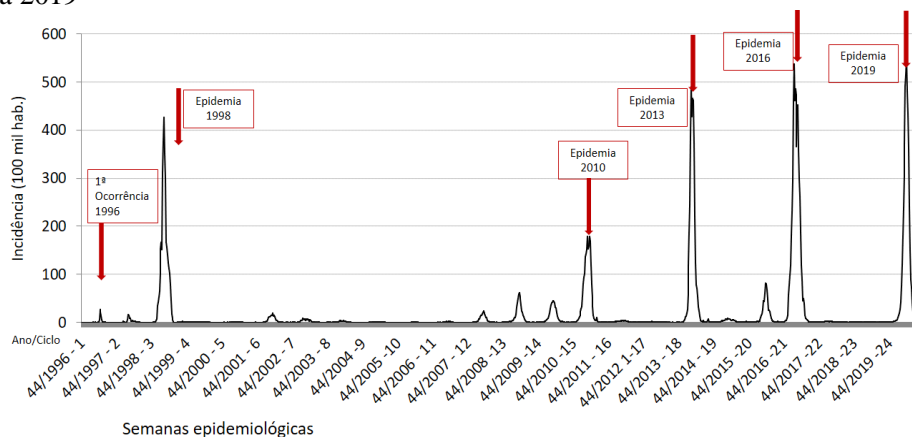
A série histórica da dengue no município (Figura 5) demonstrou a ocorrência de cinco ciclos epidêmicos além do surto inicial. Na primeira metade da série temporal estudada (1996 a 2006) houve dois surtos (1996 e 1997) e um ciclo epidêmico (1998). Na segunda metade da série (2008 a 2019) observa-se aumento na carga da doença com ocorrência de quatro ciclos epidêmicos e variação nos vírus circulantes. No ano 2010

¹ Schultes, O. L. (2020). Spatial Analysis of Dengue Incidence and *Ae. aegypti* Ovitrap Surveillance in Belo Horizonte, Brazil. *Tropical Medicine & International Health*.

² Campos NBD, Morais MHF, Ceolin APR, Cunha MCM, Nicolino RR, Schultes OL, et al. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. *International Journal of Environmental Health Research* [Internet]. 2019 ago [cited 2020 maio 20]. Available from: https://ase.tufts.edu/commhealth/documents/pubStu_schultes_22years.pdf. doi: 10.1080/09603123.2019.1656801

ocorreu a segunda epidemia, a de menor magnitude da série, com incidência máxima de 200 casos por 100 mil habitantes por semana epidemiológica, resultado de média transmissão. Ao longo da década de 2010 ocorreram mais três ciclos epidêmicos (2013, 2016 e 2019) com intervalos de dois anos e aumento das incidências médias anuais. Em 2010 a taxa de incidência foi de 2.053 casos, em 2013 de 3.949, em 2016 passou a 6.176 e em 2019 foi de 4.894,5 casos por 100 mil habitantes, resultado de alta transmissão, caracterizando grandes variações entre os ciclos. As epidemias de 2010 e 2016 (Figura 5) foram precedidas por crescimento gradual de casos, sendo que 2008, 2009 e 2015 apresentaram semanas de maior incidência que os demais anos interepidêmicos. A partir de 2008 observou-se a existência de casos confirmados de dengue em todas as semanas de todos os ciclos.

Figura 5. Série temporal de incidência de dengue, por semana epidemiológica, Belo Horizonte, 1996 a 2019

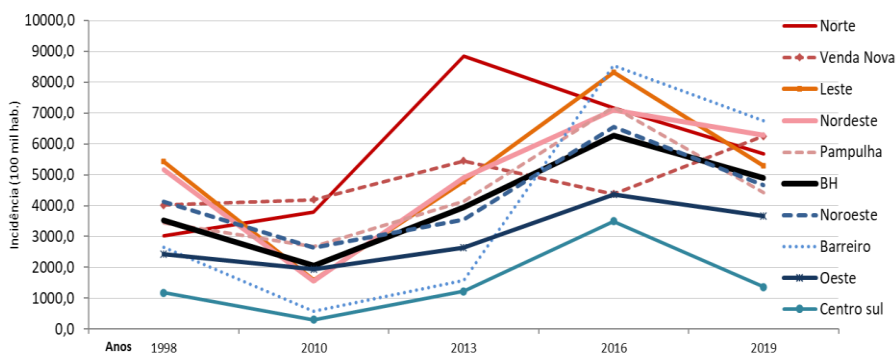


Fonte: Si

nan/GVIGE/SMSA/PBH

Os valores da incidência nos ciclos epidêmicos estratificados (Figura 6) segundo as regionais administrativas explicitam a diferença da morbidade por dengue entre o norte e o sul da cidade. Exceção feita aos anos de 1996 e 1997, considerados surtos de transmissão circunscrita a algumas áreas de abrangência. As regionais Norte, Venda Nova e Leste superaram as incidências médias do município e da maioria das regionais, situação também demonstrada pelas diferentes análises espaciais desenvolvidas.

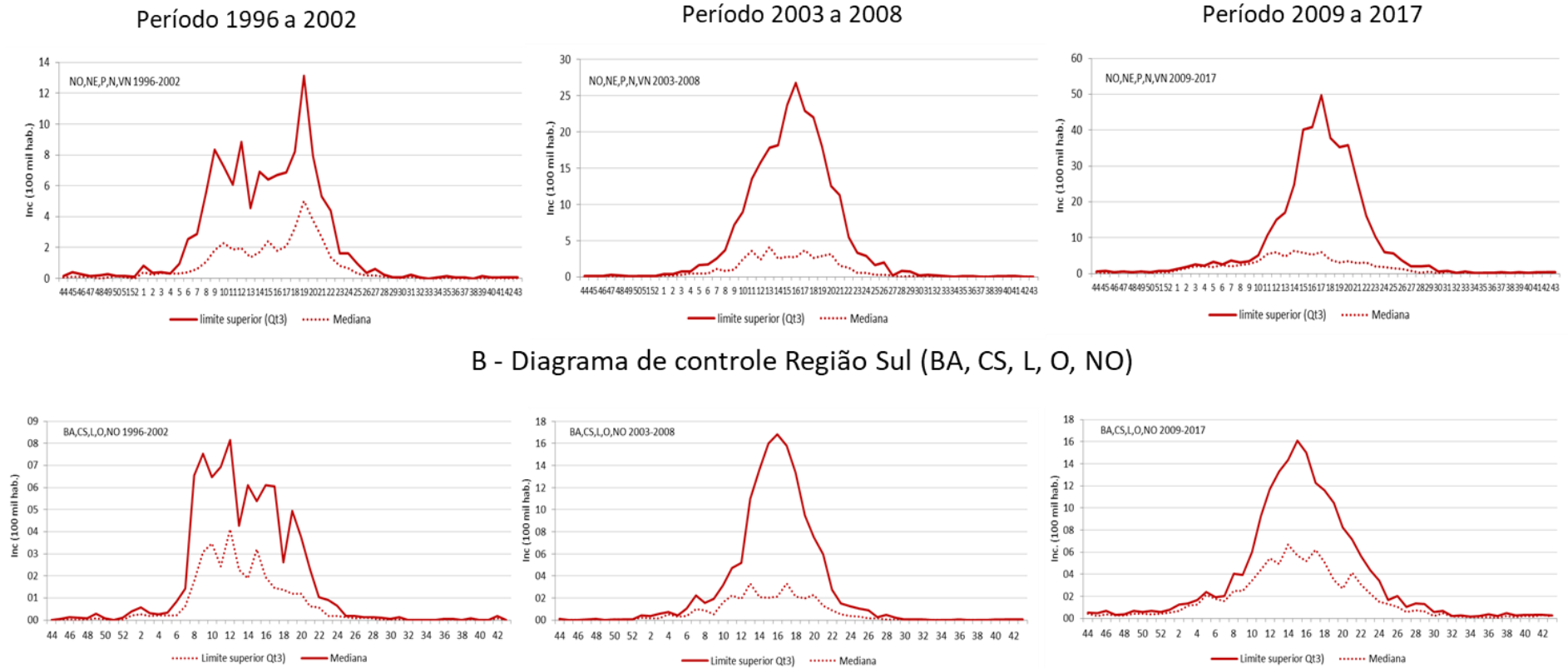
Figura 6. Incidência média de dengue em Belo Horizonte, 1998, 2010, 2013, e 2016 segundo Regionais.



Fonte: Sinan/GEVGE/SMSA/PBH

Os gráficos do Diagrama de Controle destacam (Figura 7) a instalação da hiperendemia no município e a diferença sobre as populações ao norte e ao sul da cidade. No último período o limite superior é mais de três vezes maior (60 casos/100mil) ao norte do que ao sul (18/100 mil).

Figura 7. Diagramas de controle de dengue, período de 1996 a 2017 (A), para a região ao Norte (B), incluídas as Regionais, Nordeste, Norte, Venda Nova, Pampulha e Noroeste; mesmo método ao SUL com a Regionais Barreiro, Centro Sul, Leste Oeste e Noroeste.



Fonte: Sinan/GVIGE/SMSA/PBH

2.12.1.2.2. Análise espacial de dengue no território

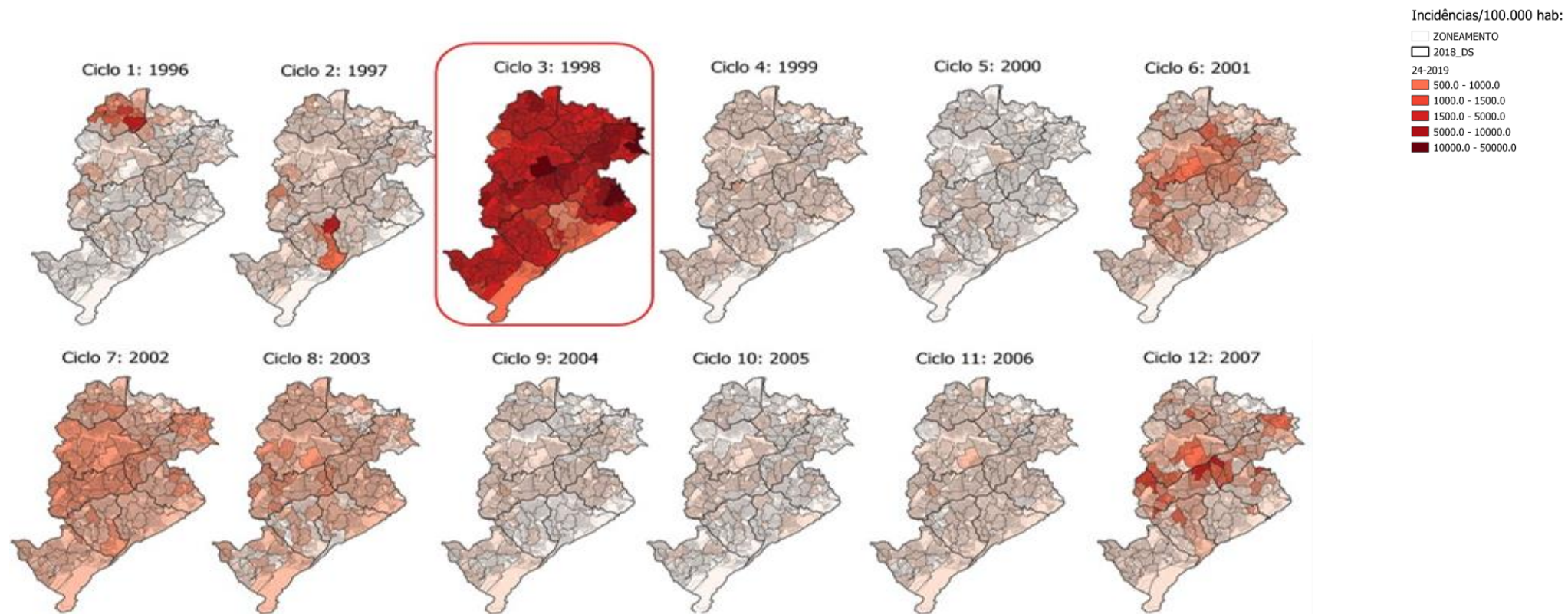
As áreas de abrangência foram analisadas detalhadamente, entretanto, devido à extensão do texto os resultados serão apresentados de forma generalizada por Regional Administrativo, e as áreas de abrangências, vilas e favelas estão em anexo.

Os resultados dos mapas de pontos dos casos de dengue no período (não apresentados), sem pretensão de análise estatística espacial, deram origem a uma série de hipóteses para justificar os deslocamentos de casos de dengue na cidade. A pergunta que norteou os autores tratava das características do espaço urbano que poderiam interferir na oscilação da transmissão.

A estimativa de intensidade pontual não foi suficiente para responder às questões formuladas, mas permitiu a visualização das áreas de maior acúmulo de casos segundo a distribuição desigual da população no município, assim procederam-se as análises dos mapas de incidência.

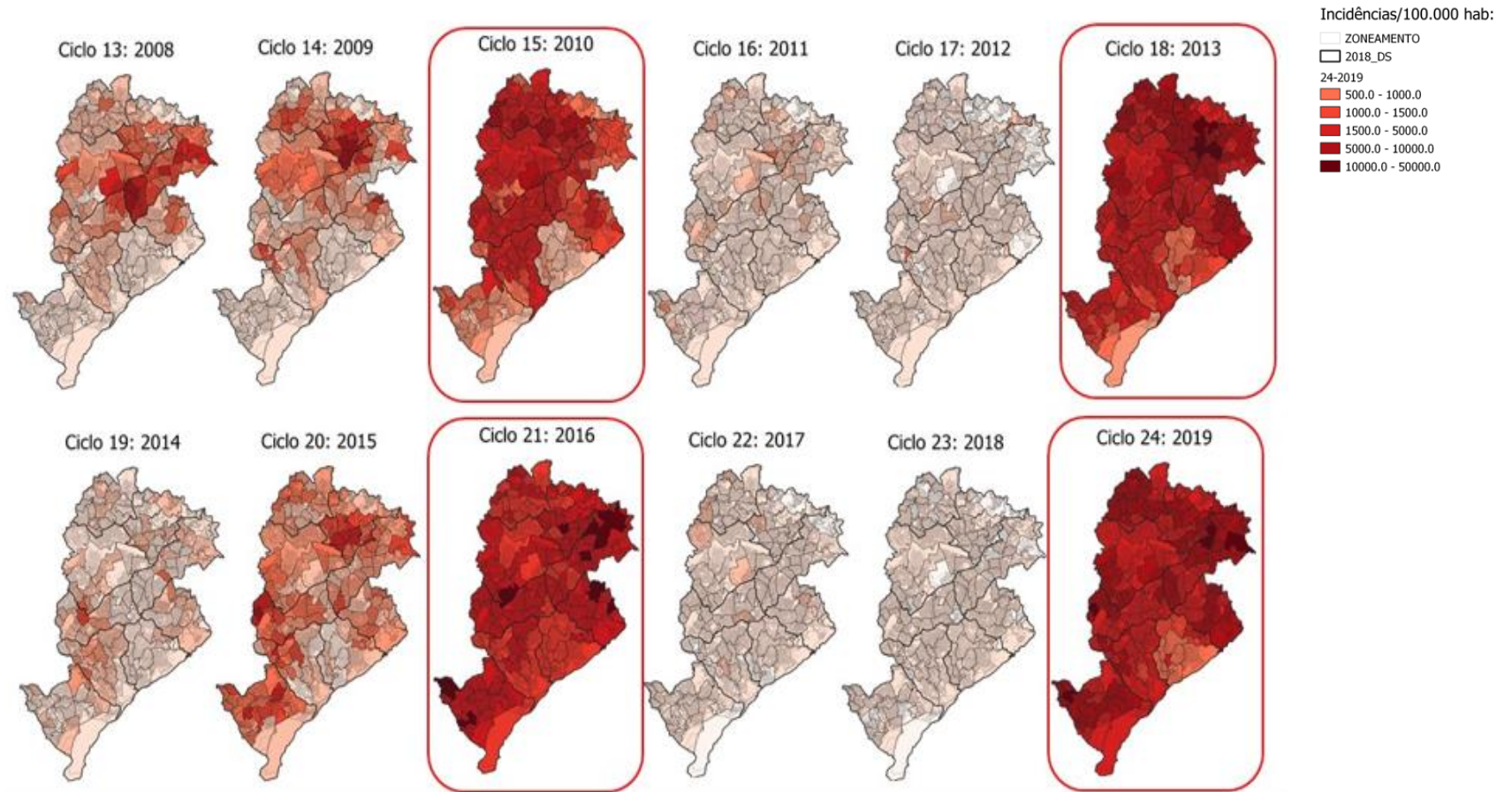
Os mapas de incidência bruta (Figura 8) segundo áreas de abrangência demonstraram áreas com incidências muito elevadas e de maior risco de ocorrência de dengue ao longo dos anos, predominantemente na região norte e principalmente na segunda metade da série temporal, inclusive nos anos não epidêmicos de 2007, 2008, 2009 e 2015.

Figura 8. Incidência bruta de dengue por área de abrangência em Belo Horizonte, 1996 a 2019.



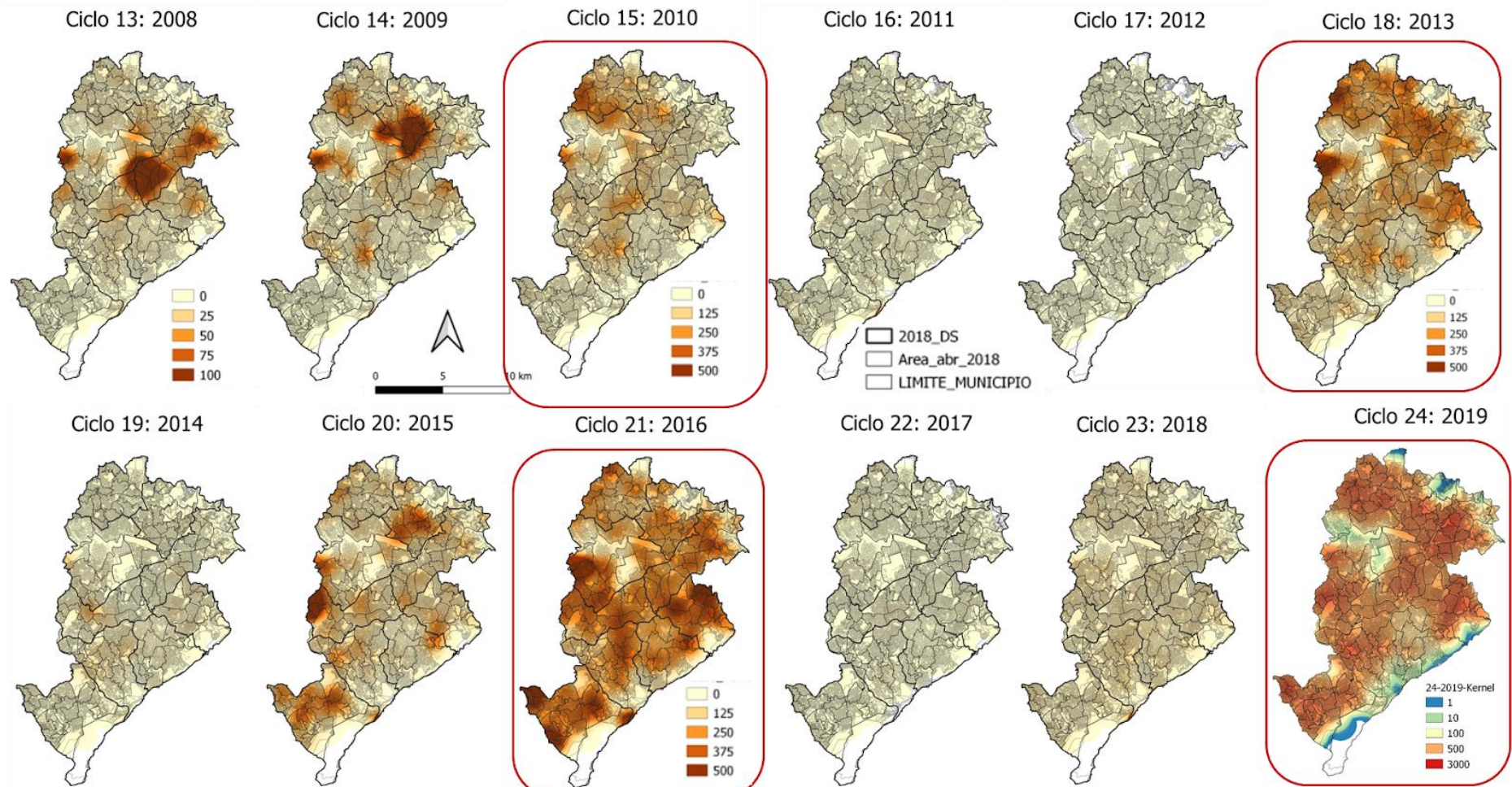
Fonte: Sinan/GEVGE/SMSA/PBH

Figura 8. (continuação) Incidência bruta de dengue por área de abrangência em Belo Horizonte¹, 1996 a 2019.



¹Fonte: Sinan/GEVGE/SMSA/PBH

Figura 9. Razão de *Kernel* para dengue em Belo Horizonte, período 1996 a 2019, com destaque para os anos que apresentaram maior risco.



Fonte: Sinan/GEVGE/SMSA/PBH

anos epidêmicos

A estatística de Razão de *Kernel*

A estatística de Razão de *Kernel* demonstrou a ocorrência de dengue, pela taxa de estimativa de incidência, no período de 1996 a 2019. A Figura 9 apresenta 12 dos 24 anos da série que demonstraram maior intensidade da taxa. Manchas escuras, denominadas manchas de calor, denotam a intensidade da incidência; quanto maior a intensidade, mais escuras serão as manchas. Nesta secção também será apresentada a síntese dos achados por Regional Administrativo, o detalhamento por área de abrangência está em anexo.

Nos 24 anos estudados, doze deles apresentaram maior concentração de ocorrência de dengue, segundo as manchas de calor demonstradas no conjunto de mapas. A partir da segunda metade da década de 2000, todas as regionais passaram a apresentar aglomerados de casos anuais, exceto as regionais Centro Sul e Barreiro no ano 2010.

Para manter o padrão de interpretação, os mapas de razão de *Kernel* foram descritos em dois recortes espaciais, os eventos ao norte e ao sul do município por ano de ocorrência, interseções entre regionais e áreas de abrangência, acrescidas nessas as vilas e favelas existentes (anexo). As manchas de calor podem se estender aos municípios vizinhos, são hipóteses a considerar, pois, a base cartográfica de estudo se deteve ao município de Belo Horizonte.

As manchas de calor ao norte da cidade nos doze anos de maior concentração de ocorrência de dengue, demonstraram notadamente a reincidência de aglomerados espaciais de casos envolvendo interseções entre regionais e os municípios de Contagem, Ribeirão das Neves, Vespasiano e Santa Luzia, limites a oeste e norte de Belo Horizonte. (Figura 9).

O recorte sul da cidade seguiu uma linha alternada de manchas de calor que perpassou as Regionais Leste, Centro-Sul e Oeste, com interseções nos limites dessas regionais e áreas de abrangência com destaques para o Aglomerado da Serra e Morro das Pedras, ao longo dos anos de maior ocorrência.

Estatística de Moran local (LISA)

Segundo a estatística de Moran local (LISA) observou-se dependência espacial local (magnitude da autocorrelação espacial entre as áreas) para dengue no município, em todos os anos da série estudada, exceto no ano de 2000. A informação que se busca é quanto uma área de abrangência é parecida com sua área de abrangência vizinha próxima e diferente da área de abrangência vizinha distante, em relação às incidências de dengue. No ano de 1996 registrou-se padrão significativo de associação espacial, predominante na Regional de Venda Nova, envolvendo nove áreas de abrangências ao redor da AA Andradas, região que caracterizou a primeira epidemia da cidade (Figura 10), e algumas AA da Regional Norte contribuíram na configuração dessa associação. A Regional Oeste foi o cenário de ocorrência de dengue em 1997, com cinco AA envolvidas demonstrando relação de dependência espacial, correlação positiva. Em 1998, ano da segunda epidemia da cidade, três áreas apresentaram correlação positiva, duas áreas na Regional Nordeste, uma delas limite com a Regional Noroeste e a terceira área de dependência espacial na Regional Leste, limite ao município de Sabará.

Ao longo de oito anos (2001 a 2008), é possível identificar o predomínio de dependência espacial na região central do município, principalmente na Regional Noroeste, ou seja, existiu uma correlação positiva e forte entre os casos de dengue em relação aos casos de áreas de abrangência próximas, vizinhas em relação às incidências de dengue. A partir de 2009 as áreas com dependência espacial são vistas em outras regionais, destaque ainda para regionais ao norte, principalmente até o ciclo epidêmico de 2011 (Figura 10), em que apresenta correlação positiva para área ao sul da Regional Noroeste.

De 2001 a 2008 as áreas de dependência espacial se repetiram, ou seja, a incidência suavizada dos casos era semelhante às áreas vizinhas. A Regional Norte apresenta autocorrelação positiva de áreas a partir de 2009 e se mantém em 2010, 2011, 2013, 2015, 2018 e 2019, (os eventos são próximos e semelhantes).

Na epidemia de 2010, a correlação positiva entre a vizinhança ocorreu em quase todas as áreas de abrangências da Regional de Venda Nova e três AAs da Regional Pampulha. Comportamento que se repetiu na epidemia de 2013, associado a algumas áreas de abrangência da Regional Nordeste. Nesse mesmo ano uma única área isolada na Regional Leste apresentou dependência espacial. Em 2014, ano interepidêmico, a

Regional Barreiro apresentou áreas de dependência pela primeira vez na história de ocorrência de dengue em Belo Horizonte, este comportamento se repetiu em 2015. As incidências deste regional em 2014 foi de 85,6/100 mil hab. e em 2015 aumentou em 12 vezes 1.068/100 mil hab.

Na maior epidemia de todos os tempos, em 2016, três áreas foram destaque apresentando correlação espacial ao norte da Regional Nordeste, limite com a Norte, na Regional Leste, limite com Sabará, e na Regional Barreiro, limite com o município de Contagem.

Nos dois anos seguintes as áreas de dependência são bem menores, uma única área na Regional de Venda-Nova em 2017 e outras pequenas áreas isoladas nos Regionais Norte, Leste, Noroeste e Oeste.

Em 2019, dez áreas de abrangência da Regional Nordeste, limite com a Regional Norte demonstraram relação de dependência espacial. Na Regional Noroeste uma única área de abrangência isolada se destacou e na Regional Barreiro um conjunto de quatro AA apresentaram dependência espacial ao limite com Contagem.

Figura 10. Dependência espacial local, por área de abrangência, da incidência suavizada de dengue em Belo Horizonte, 1996 a 2007 (continua).

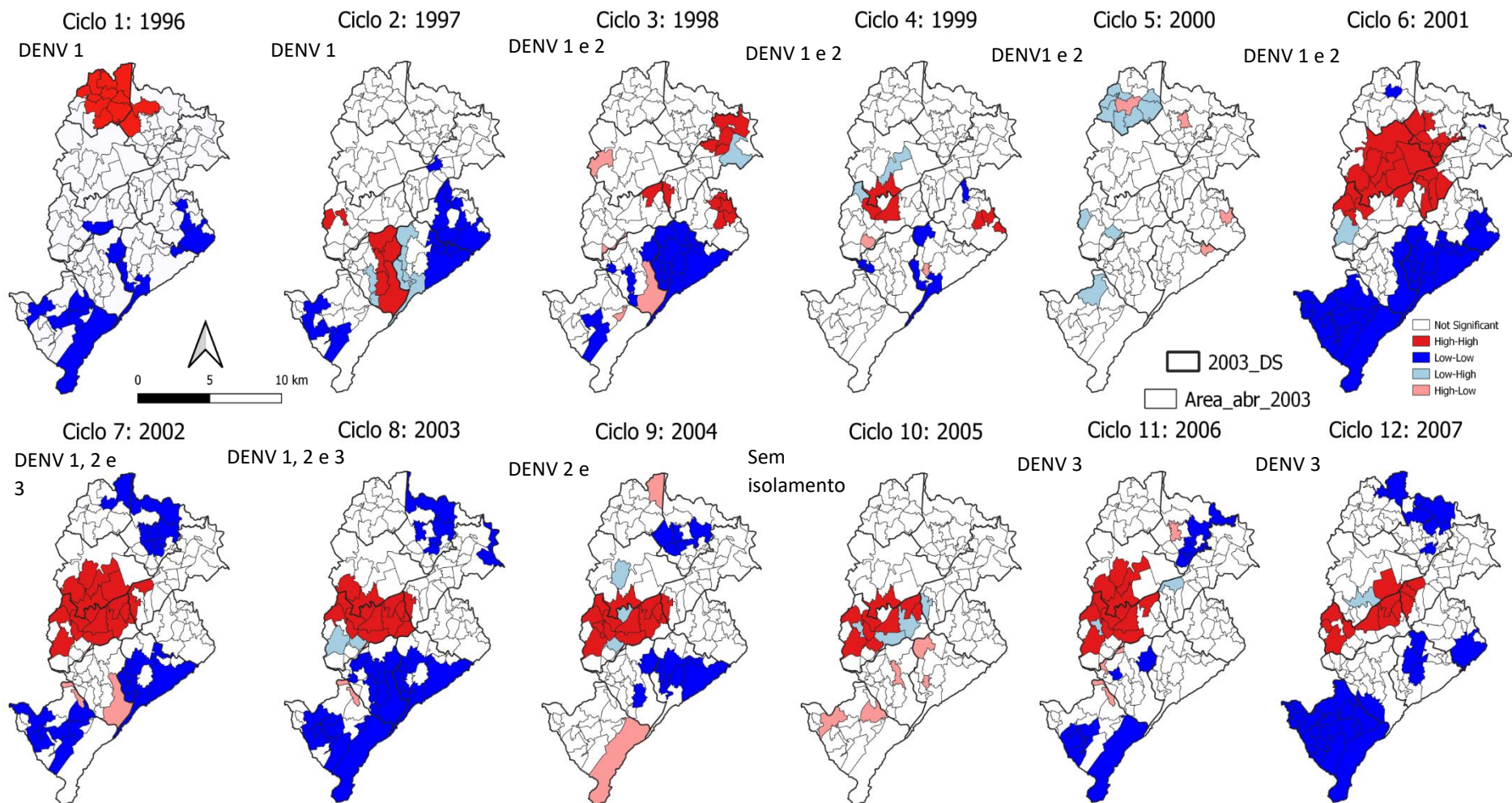
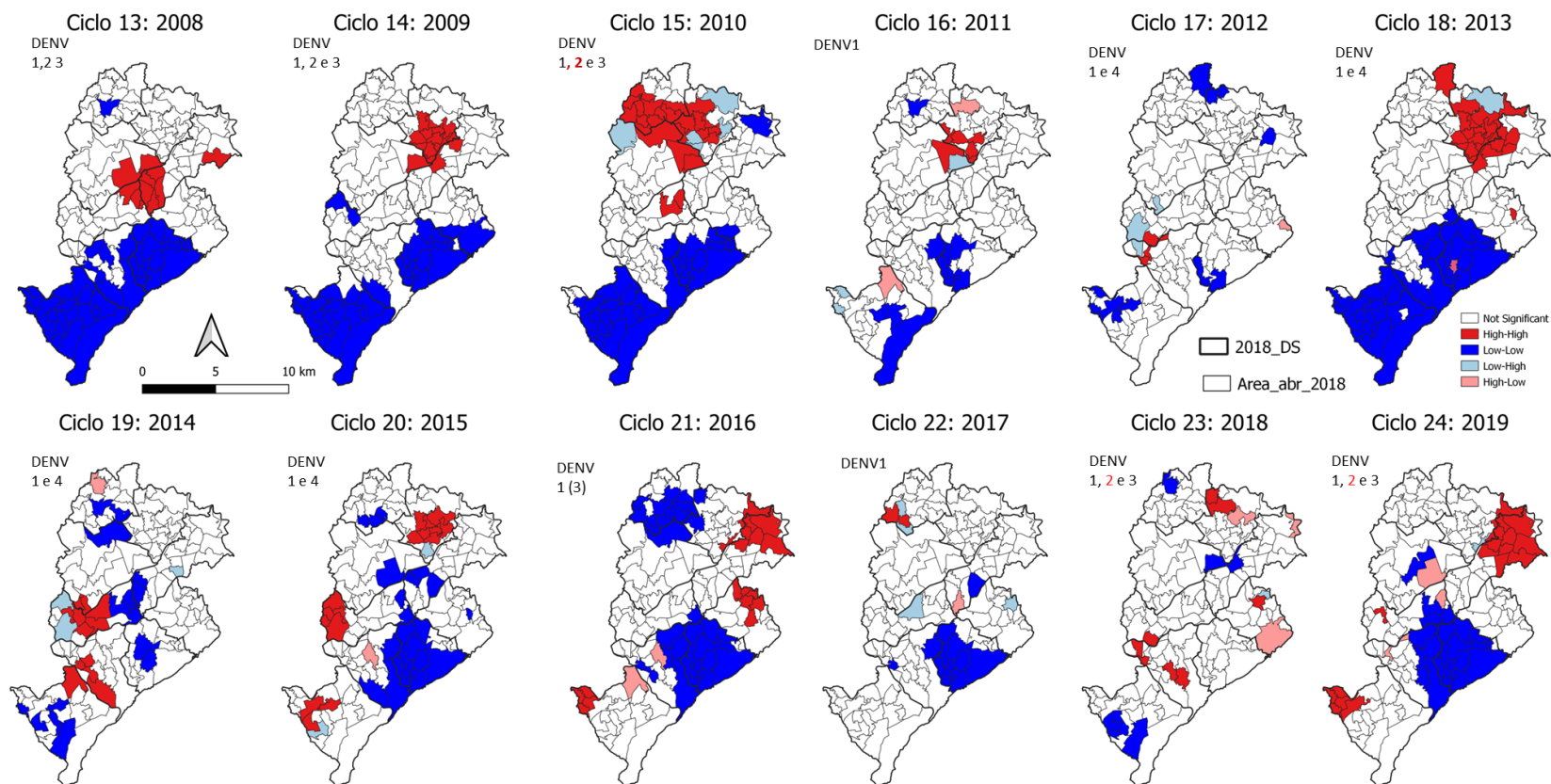


Figura 10. (continuação) Dependência espacial local, por área de abrangência, da incidência suavizada de dengue em Belo Horizonte, 2008 a 2019.



Fonte: Sinan/GEVGE/SMSA/PBH

Em síntese, os modelos de autocorrelação espacial, em vários anos, demonstraram a semelhança no padrão de ocorrências das incidências de dengue, demonstrando comportamento de dependência, correlação positiva, entre áreas ao centro e ao norte da cidade. Estas áreas de abrangência apresentaram altas taxas de incidência por dengue, e estiveram cercadas por outras áreas de abrangência vizinhas que também apresentam altas taxas (Hight-Hight).

A região ao sul da cidade também apresentou correlação positiva, áreas com baixas taxas de incidências eram semelhantes às baixas taxas das áreas vizinhas durante 22 anos, com destaque para a Regional Barreiro e Centro Sul.

Os resultados das análises de autocorrelação por AA, vilas e favelas, estão apresentados de forma detalhada em anexo. Este material pode ser objeto de estudo dos profissionais de campo, agentes comunitários de saúde, agentes de controle de endemias e seus supervisores, interessados em pesquisar sobre situações locais, variáveis socioambientais e econômicas relacionadas na determinação causal da ocorrência de dengue, que podem ser semelhantes e múltiplas.

A estatística de varredura espaço-temporal.

A comparação da dinâmica de transmissão de dengue no período 2007 a 2019 pela estatística de varredura é medida pelo risco relativo. Anos pré-epidêmicos, epidêmicos e interepidêmicos (Figura 11) foram submetidos a análise e os resultados demonstraram 22 clusters significativos, com o risco relativo variando de 2,65 em 2010 e 22,88 em 2013, ressalta-se que estes clusters ocorreram em dois anos epidêmicos.

A medida de risco relativo mais elevada no período 2007 a 2009 foi identificada em um cluster central na interseção das Regionais Norte, Nordeste, Leste, Noroeste e Pampulha (RR 18,4). Importante registrar que esse mesmo cluster se repetiu em 2011 (RR 11,55).

O maior risco relativo (RR 22,8) de toda a série estudada ocorreu na interseção das Regionais de Venda Nova, Norte, Pampulha e pequena área da Nordeste. Este evento ocorreu em 2013, ano de circulação do vírus DENV-1 (47% das amostras isoladas) e

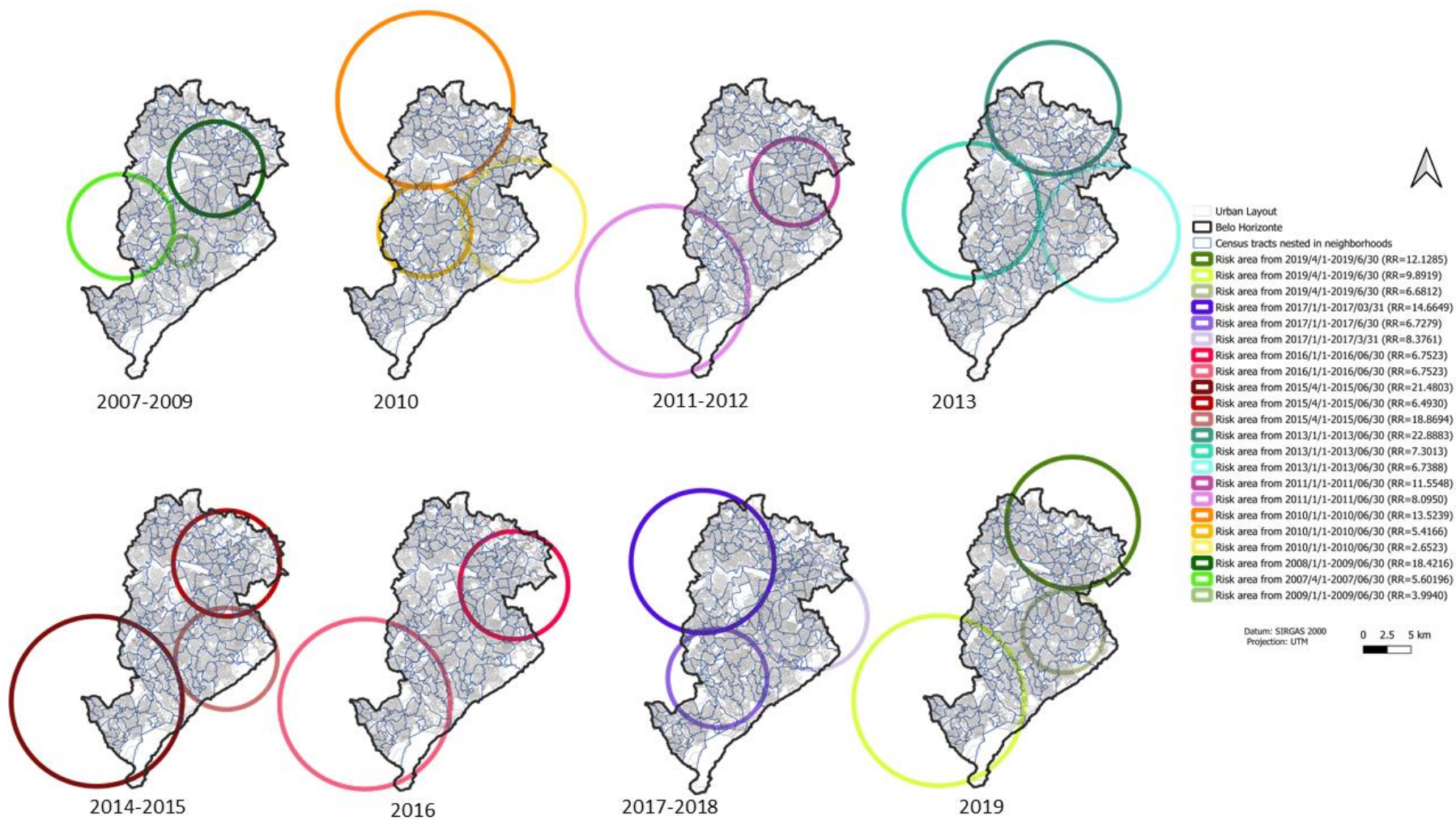
entrada e predominância do DENV-4 (53%)¹. Os moradores dessa região tiveram quase 23 vezes o risco de adquirir dengue do que os moradores ao sul da cidade. Enquanto para os moradores das regiões centrais essa probabilidade foi de aproximadamente 7 vezes. Este risco foi alterado no ano seguinte e os regionais até então de menor risco se manifestaram em 2014 e 2015, com dois clusters importantes, as Regionais Barreiro (RR 21,4) e Centro Sul (RR18,8), sendo esse período o único da série a manter alto risco ao sul da cidade, comparado ao norte da cidade.

A Regional Centro Sul abriga uma importante favela, o Aglomerado da Serra, que se destacou apresentando clusters de varredura reincidentes nos anos de 2010, 2013, 2014 e 2015, 2017 e 2019 respectivamente com os seguintes riscos relativos; 2,65; 7,73; 18,86; 8,37 e 6,68, ou seja, as pessoas residentes nessa área apresentaram probabilidade diferentes de adquirir dengue, quando comparadas àquelas de outras áreas da cidade.

Na Regional Leste, limite de Belo Horizonte com o município de Sabará, uma única mancha de calor chamou atenção em 2008. Os clusters de varredura mostraram risco relativo que variava de 2,65 (2010) a 18,86 (2015/2015).

¹PBH. Prefeitura de Belo Horizonte. Boletim da Vigilância em Saúde, dezembro de 2013. Publicação em 2014. <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/saude/2018/publicacoes-da-vigilancia-em-saude/boletim-gvsi-dengue.pdf>

Figura 11. Análise de varredura, explorando anos pré epidêmicos, epidêmicos e interepidêmicos de dengue em Belo Horizonte, 2007 a 2019.



Fonte: Sinan/GEVGE/SMSA/PBH

Na epidemia do ano de 2016, quando prevaleceu o DENV-1 em maior circulação no município, os clusters ao norte (RR 6,7) e ao sul (RR5,7) apresentaram riscos aproximados. Em 2019, com o retorno do DENV-2 silencioso desde 2010, outra epidemia se instalou no município e os valores de risco variaram de 6,68 a 12,12, entretanto, os três clusters cobriram quase toda a cidade, com exceção da Regional Pampulha e a parte oeste da Regional de Venda Nova, ressalta-se que o DENV-2 não era identificado na cidade desde a epidemia de 2010.

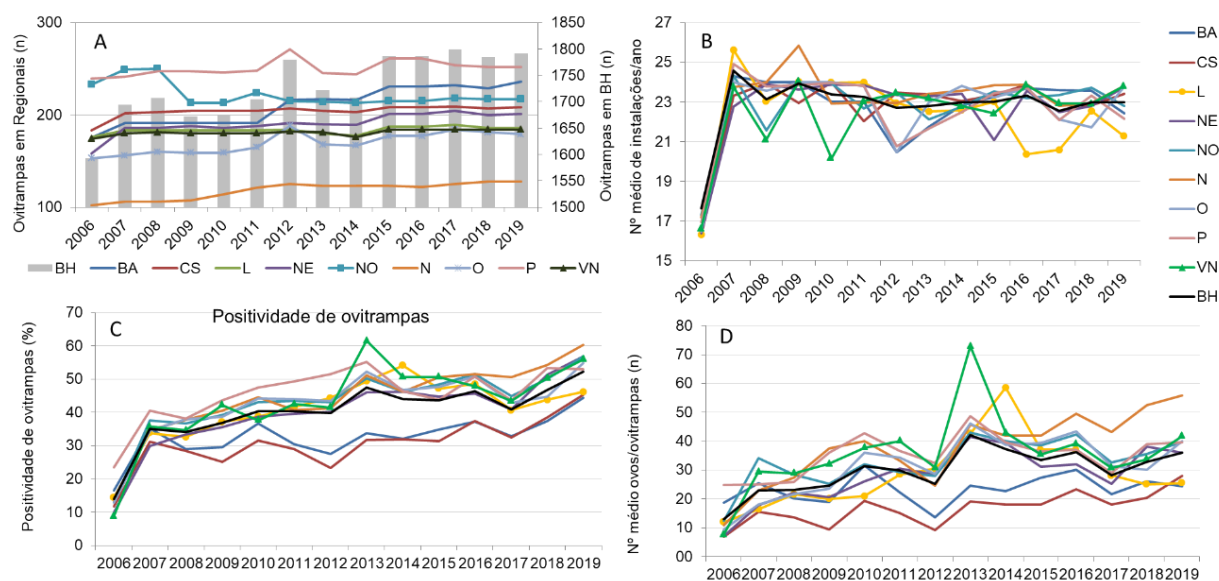
2.12.1.2.3. Análise das Ovitrapas no território

Sobre as ovitrapas encontrou-se que o número de instalações no município aumentou (12,4%) ao longo do período, de 1.593 armadilhas em 2006 para 1.791 em 2019, de forma variada entre as regionais. Os dados disponíveis, após o ano de consolidação da implantação em todo o município (2006), demonstram o número médio consistente de 23 instalações anuais, excetuando a Regional de Venda-Nova com menor número de instalações em 2008 e 2010; e Leste em 2016 e 2017 (Figura 12A, 12B).

A positividade média e o número médio de ovos no município (Figura 12C, 12D) aumentaram ao longo do período de 34,2% para 52,3% e de 23 a 42 ovos/ovitrampas, respectivamente, da mesma forma que observamos o aumento das incidências anuais de dengue em anos epidêmicos (Figura 5) e nos canais endêmicos construídos nos diagramas de controle para os períodos e regiões da cidade (Figura 7). Entre as regionais a positividade variou de 31,3% na Centro Sul para 46,2% na Pampulha e o número médio de ovos de aproximadamente 17 na Regional Centro Sul a 39 na Norte. As Regionais Barreiro e Centro Sul apresentaram os menores valores para os dois indicadores ao longo do período, enquanto Venda Nova mostrou valores maiores em alguns anos para os dois indicadores (Figura 12C, 12D).

Na maioria das regiões e anos, a distância média para a armadilha mais próxima foi entre 250 m e 350 m, indicando que as ovitrapas estão distribuídas de forma homogênea no território. A região Noroeste apresentou maior proximidade entre as ovitrapas nos primeiros três anos, mas as redistribuiu em 2009, permitindo que essa região reduzisse o número delas e mantivesse a área sob monitoramento (dados não mostrados).

Figura 12: Características da instalação e indicadores de monitoramento em BH e Regionais: A - Número de ovitrampas instaladas; B - Número médio de instalações por ovitrampa; C - Positividade de ovitrampas; D - Nº médio de ovos/ovitrampas



Fonte: SMODO/DIZO/SMSA/PBH

Quanto à movimentação das ovitrampas houve, em média, menos de duas realocações ao longo do período para o município. Entre as regionais observamos diferenças nestes indicadores, com a maior taxa de realocação ocorrendo no Barreiro e a mais baixa na Regional Oeste. A maioria das ovitrampas (88,0%) moveu-se pelo menos uma vez durante o período de estudo; a regional Noroeste apresentou o maior percentual de ovitrampas que não se moveram (16%) (Tabela 4). Em média, 20,0% das ovitrampas se moveram mais de 200 m de sua posição inicial de instalação, indicando deslocamento para fora do raio de cobertura original. A percentagem de ovitrampas que percorreram mais de 200 m foi superior no Barreiro (66%), comparado a qualquer outra região (8% a 26%) (Tabela 5).

Tabela 4: Caracterização da movimentação de ovitrampas durante o período de 2007 a 2019, segundo regionais

Regional	Ovitrampas movimentadas durante período de estudo (%)		
	Sem movimentação	Movimentação < 200 m	Movimentação > 200 m
Barreiro	6,2	27,4	66,4
Centro Sul	5,5	82,3	12,3
Leste	5,2	85,8	9,3
Nordeste	5,7	86,6	7,7
Noroeste	16,0	58,2	25,9
Norte	7,5	80,5	12,0
Oeste	12,2	73,7	14,1
Pampulha	12,0	68,8	19,3
Venda Nova	5,7	83,9	10,4

Fonte: SMODO/DIZO/SMSA/PBH

Tabela 5: Média de distância (metros) de movimentação de ovitrampas em anos subsequentes segundo regionais, de 2007 a 2019

Anos	Distância média (metros) de movimentação de ovitrampas considerando localização no ano anterior								
	Barreiro	Sul	Leste	Nordeste	Noroeste	Norte	Oeste	Pampulha	Venda Nova
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2008	0.0	6.2	2.9	65.7	80.2	67.6	21.1	27.8	0.3
2009	4.1	8.3	1.8	0.6	15.9	1.8	32.5	0.2	0.4
2010	38.2	23.7	7.3	0.6	17.2	2.9	0.4	3.4	3.1
2011	10.5	0.6	0.6	23.9	3.7	25.5	24.5	1.1	0.0
2012	58.5	28.9	28.4	65.5	170.4	67.8	25.9	32.5	24.7
2013	523.1	40.4	20.1	2.6	2.0	6.9	0.4	115.1	5.3
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0
2017	156.7	68.9	56.7	48.2	98.8	94.6	98.6	66.4	67.5
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2019	243.9	1.9	0.7	10.6	1.4	0.3	1.7	7.2	0.0

Fonte: SMODO/DIZO/SMSA/PBH

Nos resultados apresentados a seguir determinou-se o intervalo que melhor caracterizasse a defasagem sazonal entre contagem média de ovos, índice de positividade de ovitrampa e incidência de dengue.

O teste de ordem de classificação Kendall-tau global mostrou uma relação temporal inconsistente entre a contagem média de ovos e a incidência de dengue ao longo do período de estudo (Tabela 6). O intervalo temporal com a associação mais forte, em qualquer ano variou de duas (2) semanas em 2017 e 2018 a doze (12) semanas em 2007. Geralmente, os atrasos de seis (6), oito (8) e dez (10) semanas tiveram a correlação positiva mais forte. A defasagem de oito (8) semanas apresentou correlação relativamente alta na maioria dos anos de estudo, embora tenha sido a defasagem com a associação mais forte em apenas dois anos (2008 e 2014). Dos três anos com a menor incidência total de dengue, 2011 mostrou um padrão semelhante aos outros anos, 2012 mostrou pouca ou nenhuma correlação em todos os atrasos e 2017 mostrou uma forte correlação no atraso de duas semanas, o que não foi observado em nenhum outro ano. Os anos epidêmicos de 2010, 2013 e 2016 mostraram correlação positiva entre seis (6) e doze (12) semanas, com correlação particularmente forte em 2010 e 2016. Em 2018, foi observada fraca correlação a nenhuma correlação em todos os atrasos.

Uma relação temporal semelhante, também inconsistente foi observada entre a positividade de ovos e a incidência de dengue, com as defasagens mais fortes variando de duas (2) semanas em 2012, 2017 e 2018 a doze (12) semanas em 2007 (Tabela 6). Na maioria dos anos ($n = 9$), a positividade de ovitrampas teve uma correlação mais forte

com a incidência de dengue do que a contagem média de ovos. No entanto, essa relação foi menos consistente, pois a associação mais forte entre a incidência de dengue e a positividade de ovitrampas foi observada apenas entre as defasagens de seis (6) e dez (10) semanas em sete anos.

Tabela 6: Correlações entre incidência de dengue e contagem média de ovos (densidade de ovos) e positividade de ovitrampa segundo “global Kendall-tau rank order test” em uma série de intervalos temporais. (Células demarcadas mostram intervalos com associações mais fortes para os diferentes anos ($p > 0.05$). Células em branco – valores sem significância).

Ano	Incidência Dengue / 100,000	Densidade de ovos							
		2 SE	4 SE	6 SE	8 SE	10 SE	12 SE	14 SE	16 SE
2007	211.8	0.383	0.470	0.594	0.649	0.686	0.699	0.637	0.482
2008	524.8	0.502	0.631	0.674	0.692	0.600	0.532	0.428	0.311
2009	493.3	0.467	0.587	0.707	0.720	0.733	0.613	0.467	0.333
2010	2063.4	0.312	0.478	0.587	0.710	0.775	0.725	0.572	0.406
2011	67.2	0.458	0.575	0.594	0.625	0.569	0.514	0.422	0.280
2012	23.7	0.458	0.231	0.298	0.305	0.163	0.058	-0.058	-0.138
2013	3947.2	0.420	0.558	0.667	0.616	0.623	0.529	0.377	0.196
2014	123.6	0.393	0.540	0.620	0.660	0.593	0.540	0.433	0.287
2015	635.0	0.362	0.543	0.652	0.674	0.696	0.543	0.435	0.341
2016	6262.0	0.547	0.693	0.787	0.773	0.707	0.507	0.387	0.267
2017	42.8	0.739	0.688	0.536	0.442	0.319	0.094	-0.058	-0.167
2018	224.2	0.507	0.457	0.406	0.254	0.159	0.138	0.058	-0.051

Year	Incidência Dengue / 100,000	Positividade de ovitrampa							
		2 SE	4 SE	6 SE	8 SE	10 SE	12 SE	14 SE	16 SE
2007	211.8	0.342	0.446	0.588	0.680	0.748	0.778	0.711	0.557
2008	524.8	0.545	0.662	0.754	0.772	0.668	0.575	0.434	0.305
2009	493.3	0.420	0.540	0.673	0.780	0.847	0.700	0.527	0.393
2010	2063.4	0.391	0.543	0.638	0.761	0.696	0.659	0.522	0.370
2011	67.2	0.520	0.600	0.532	0.526	0.471	0.366	0.274	0.206
2012	23.7	0.649	0.508	0.403	0.446	0.354	0.212	0.120	0.003
2013	3947.2	0.312	0.493	0.659	0.754	0.717	0.609	0.514	0.319
2014	123.6	0.513	0.607	0.620	0.580	0.473	0.340	0.247	0.113
2015	635.0	0.370	0.565	0.659	0.710	0.688	0.522	0.428	0.319
2016	6262.0	0.560	0.720	0.813	0.800	0.707	0.520	0.387	0.253
2017	42.8	0.746	0.696	0.514	0.391	0.268	0.072	-0.065	-0.232
2018	224.2	0.536	0.471	0.362	0.210	0.130	0.138	0.029	-0.080

Fonte: SMODO/DIZO/SMSA/PBH

As defasagens temporais também foram usadas para descrever a relação entre a incidência de dengue e os índices de ovos por regional. Um ano não epidêmico (2015) e um ano epidêmico (2016) foram selecionados para esta análise. Em 2015, a associação mais forte foi observada nos intervalos de seis (6) e dez (10) semanas em todas as regionais usando a contagem média de ovos e para quase todas as regionais ($n = 8/9$)

usando positividade de ovitrampas (Tabela 7). Os valores de correlação foram semelhantes entre os dois indicadores para as medidas mais altas em cada regional, mas a alta positividade da ovitrampa ocorreu numa maior frequência de defasagens para cada regional, indicando uma relação temporal menos precisa.

As associações mais fortes ocorreram para a média de ovos, com intervalo de oito semanas, na Regional Oeste e para a frequência absoluta de positividade de ovitrampas, intervalos de seis e oito semanas, nas Regionais Nordeste e Oeste, respectivamente. Pampulha e Venda Nova apresentaram valores fracos de associação em todos os intervalos, para ambos os indicadores.

Tabela 7: Correlações entre incidência de dengue e contagem média de ovos (densidade de ovos) e positividade de ovitrampa segundo “global Kendall-tau rank order test” em ano interepidêmico (2015). (Células demarcadas mostram intervalos com associações mais fortes para os diferentes anos ($p > 0.05$). Células em branco – valores sem significância).

Regional	Incidência Dengue/ 100,000	Densidade de ovos							
		2 SE	4 SE	6 SE	8 SE	10 SE	12 SE	14 SE	16 SE
Barreiro	931.8	0.390	0.608	0.747	0.718	0.696	0.572	0.375	0.302
Centro									
Sul	218.6	0.290	0.464	0.569	0.705	0.675	0.637	0.577	0.381
Leste	439.2	0.309	0.505	0.606	0.701	0.621	0.512	0.374	0.294
Nordeste	560.7	0.408	0.522	0.724	0.645	0.557	0.373	0.338	0.241
Noroeste	1024.9	0.258	0.454	0.512	0.555	0.708	0.505	0.439	0.396
Norte	1365.6	0.281	0.521	0.550	0.630	0.521	0.485	0.397	0.361
Oeste	428.8	0.348	0.529	0.681	0.775	0.725	0.645	0.493	0.370
Pampulha	473.7	0.174	0.297	0.319	0.399	0.406	0.283	0.275	0.254
Venda									
Nova	423.7	0.214	0.269	0.467	0.475	0.578	0.444	0.451	0.349

Regional	Incidência Dengue/ 100,000	Positividade de ovitrampa							
		2 SE	4 SE	6 SE	8 SE	10 SE	12 SE	14 SE	16 SE
Barreiro	931.8	0.441	0.601	0.732	0.732	0.703	0.536	0.339	0.281
Centro									
Sul	218.6	0.287	0.453	0.582	0.687	0.650	0.665	0.612	0.438
Leste	439.2	0.335	0.480	0.618	0.713	0.596	0.524	0.400	0.335
Nordeste	560.7	0.443	0.592	0.794	0.645	0.540	0.355	0.303	0.145
Noroeste	1024.9	0.298	0.509	0.553	0.596	0.698	0.524	0.415	0.349
Norte	1365.6	0.404	0.608	0.645	0.659	0.579	0.485	0.361	0.251
Oeste	428.8	0.442	0.594	0.717	0.768	0.703	0.565	0.384	0.275
Pampulha	473.7	0.080	0.159	0.152	0.246	0.312	0.232	0.297	0.348
Venda									
Nova	423.7	0.250	0.290	0.417	0.393	0.433	0.329	0.369	0.321

Fonte: SMODO/DIZO/SMSA/PBH

Fortes correlações foram observadas ($\tau > 0,7$) em todas as nove regiões em 2016, para ambos os indicadores (Tabela 8). As correlações mais fortes ocorreram entre os intervalos de seis (6) e dez (10) semanas para seis das nove regionais quando usado a contagem média de ovos, e para oito das nove regiões quando da positividade da ovitrampa. A correlação mais forte na região Leste ocorreu na defasagem de 12 semanas

para ambos os indicadores. Em geral, a incidência de dengue apresentou valores de associação semelhantes para os dois indicadores de ovitrampas.

Associações particularmente fortes ($\tau > 0,8$) foram observadas para contagem média de ovos no Barreiro, Nordeste e Norte nas defasagens de oito (8), dez (10) e dez (10) semanas, respectivamente, e para positividade de ovitrampas no Barreiro e Leste com oito (8) e doze (12) semanas de defasagem, respectivamente, em ano epidêmico.

Tabela 8: Correlações entre incidência de dengue e contagem média de ovos (densidade de ovos) e positividade de ovitrampa segundo “global Kendall-tau rank order test” em ano epidêmico (2016). (Células demarcadas mostram intervalos com associações mais fortes para os diferentes anos ($p > 0,05$). Células em branco – valores sem significância).

Regional	Incidência Dengue/ 100,000	Densidade de ovos							
		2 SE	4 SE	6 SE	8 SE	10 SE	12 SE	14 SE	16 SE
Barreiro	8543.0	0.520	0.707	0.733	0.813	0.747	0.533	0.427	0.267
Centro Sul	3512.9	0.485	0.596	0.668	0.668	0.779	0.644	0.557	0.406
Leste	8283.4	0.543	0.543	0.714	0.714	0.714	0.771	0.695	0.543
Nordeste	7101.7	0.526	0.668	0.779	0.779	0.826	0.715	0.526	0.383
Noroeste	6557.7	0.403	0.548	0.657	0.701	0.708	0.621	0.432	0.265
Norte	7188.8	0.478	0.684	0.763	0.763	0.810	0.668	0.526	0.383
Oeste	4372.3	0.584	0.737	0.686	0.701	0.534	0.410	0.279	0.091
Pampulha	7197.8	0.531	0.705	0.665	0.665	0.634	0.483	0.412	0.253
Venda Nova	4380.3	0.613	0.692	0.755	0.755	0.676	0.502	0.407	0.202

Regional	Incidência Dengue/ 100,000	Positividade de ovitrampa							
		2 SE	4 SE	6 SE	8 SE	10 SE	12 SE	14 SE	16 SE
Barreiro	8543.0	0.487	0.660	0.740	0.807	0.753	0.553	0.447	0.313
Centro Sul	3512.9	0.498	0.657	0.737	0.737	0.769	0.633	0.538	0.347
Leste	8283.4	0.587	0.587	0.759	0.759	0.759	0.826	0.730	0.558
Nordeste	7101.7	0.431	0.605	0.700	0.700	0.684	0.636	0.478	0.368
Noroeste	6557.7	0.505	0.657	0.759	0.795	0.744	0.534	0.381	0.214
Norte	7188.8	0.515	0.689	0.768	0.768	0.784	0.650	0.491	0.349
Oeste	4372.3	0.606	0.751	0.759	0.693	0.526	0.396	0.229	0.083
Pampulha	7197.8	0.578	0.713	0.713	0.713	0.650	0.531	0.412	0.253
Venda Nova	4380.3	0.589	0.668	0.794	0.794	0.715	0.573	0.447	0.257

Fonte: SMODO/DIZO/SMSA/PBH

Considerando o conjunto de fatores ligados a ocorrência de dengue torna-se imprescindível entender os padrões de difusão espacial e temporal da transmissão da dengue. Investigar as incidências locais e as condições ambientais envolvidas nas epidemias revela aos gestores públicos os pontos críticos que devem receber ação prioritária.

Aglomerados de casos de dengue, resultado da autocorrelação espacial, mostraram em anos epidêmicos e interepidêmicos a predominância de pontos quentes na região centro e norte da cidade. Considerando a longa série histórica estudada (1996 a 2020), percebe-se um movimento dos pontos quentes com dispersão e aglomeração, e instalação da hiperendemia da doença^{1,2,3}.

Semelhanças e diferenças de incidência de dengue entre áreas vizinhas sugerem, dentre outros elementos, a participação dos sorotipos virais em ciclos epidêmicos⁴. A entrada dos vírus no município ocorreu nos seguintes anos: DENV-1 em 1996, DENV-2 em 1998⁵, DENV-3 em 2002 e DENV-4 em 2011⁶. O resultado da interação hospedeiro suscetível, infestação vetorial e variáveis socioambientais^{7,8,1,2} pode explicar as ondas de pontos quentes que percorreram a cidade.

¹ San Martín JL, Brathwaite O, Zambrano B, Solórzano JO, Bouckennooghe A, Dayan GH., and Guzmán MG. The Epidemiology of Dengue in the Americas Over the Last Three Decades: A Worrisome Reality. *Am J Trop Med Hyg*. Jan 2010; 82: 128 - 13525

² Leta, Samson; Beyene, Ttarikujibat; de Clercq, Eva M.; Amenu, Kebede; kraemer, Moritz U.G.; REVIE, Crawford W. Globalriskmapping for major diseases transmitted by *Ae. aegypti* and *Aedes albopictus*. *International Journal of Infectious Diseases*. VL- 67, 25 -35. 2018.

³ CAMPOS NBD, MORAIS MHF, CEOLIN APR, CUNHA MCM, NICOLINO RR, SCHULTES OL, et al. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. *International Journal of Environmental Health Research*. 2019 ago.

⁴ RABELO, ACL et al. Caracterização dos casos confirmados de dengue por meio da técnica de linkage de bancos de dados, para avaliar a circulação viral em Belo Horizonte, 2009-2014. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* [online]. 2020, v. 29, n. 3

⁵ CUNHA, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008.

⁶ PESSANHA JEM, BRANDÃO ST, ALMEIDA MCM, CUNHA MCM, SONODA IV, BESSA, MAS, et al. Ovitrap surveillance as dengue epidemic predictor in Belo Horizonte City, Brazil. *J Health BiolSci*. 2014 jul; 2(2): 51-5

⁷ Ellis, Brett R. and Wilcox, Bruce A. The ecological dimensions of vector-borne disease research and control. *Cadernos de Saúde Pública* [online]. 2009, v. 25, suppl 1

⁸ TOLEDO ME, RODRIGUEZ A, VALDES L, CARRION R, CABRERA G, BANDERAS D, et al. Evidências sobre o impacto da gestão ambiental comunitária na transmissão da dengue em Santiago de Cuba. *Trop Med Int Health*. 2011 Jun;16(6):744-7. pmid:214184

Dependência espacial decorrente, entre outras causas, dos níveis variados de susceptibilidade dos indivíduos, é tema abordado por diferentes autores^{1,2,3,4}. Resultados da análise de autocorrelação espacial mostraram uma alta agregação na epidemia de dengue em distritos metropolitanos de Taiwan, relacionada às áreas residências de alta densidade populacional no pico da transmissão e sua dispersão no tempo para outras regiões^{5,6}.

¹VIENNET E, RITCHIE SA, WILLIAMS CR, FADDY HM, HARLEY D (2016) Responses to public health and challenges for controlling dengue transmission in high-income countries: four case studies. *PLoS Negl Trop Dis* 10 (9): e0004943.

²MACÊDO SFD, SILVA KA, VASCONCELOS RBD, SOUSA IVD, MESQUITA LPS, BARAKAT RDM, FERNANDES HMC, QUEIROZ ACM, SANTOS GPG, FILHO VCB, CARRASQUILLA G, CAPRARA A, BY OLIVEIRA LIMA JW. Expansion of the Eco-Bio-Social Strategy to Control *Ae. aegypti* in Highly Vulnerable Areas in Fortaleza, Brazil: A Cluster, Non-Randomized Controlled Trial Protocol. *International Journal of Environmental Research and Public Health* . 2021; 18 (3).

³TEIXEIRA MdaG, BARRETO ML, GUERRA Z. Epidemiologia e medidas de prevenção do Dengue. *Inf. Epidemiol. Sus.* Brasília , v. 8, n. 4, p. 5-33, dez. 1999

⁴PESSANHA JEM. A dengue em Belo Horizonte e o Observatório do Milênio. IN: Ferreira, Rodrigo Nunes e Castro, Rosane Catarina de (coord.). *Revista do Observatório do Milênio de Belo Horizonte*. Uma publicação do Observatório do Milênio de Belo Horizonte. 2015. p.111-124. Ano 6, 4. ed. Agência Traço Leal Comunicação.

⁵CHUANG, T. W., NG, K. C., NGUYEN, T. L., & CHAVES, L. F. (2018). Epidemiological Characteristics and Space-Time Analysis of the 2015 Dengue Outbreak in the Metropolitan Region of Tainan City, Taiwan. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 396. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030396>

⁶GUZMAN, M., GUBLER, D., IZQUIERDO, A. et al. Dengue infection. *Nat Rev Dis Primers* 2, 16055 (2016). <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.55>

As maiores incidências de dengue ao norte da cidade de Belo Horizonte apontam para a necessidade de investimentos diferenciados do poder público. O Plano Municipal de Saneamento relata os baixos indicadores de saneamento básico e drenagem pluvial para a região norte¹, exemplo de condições favoráveis à infestação vetorial e ocorrência de dengue². A drenagem urbana é uma estrutura complexa, sua ausência expõe indivíduos ao risco de alagamento ocasionando várias doenças, entre elas dengue³. Sua presença, dada a densidade da malha de captação, e a relação com o peridomicílio, também é condição de risco. Seidahmed et al. (2018)³ encontraram uma correlação positiva entre densidade do sistema de drenagem urbana, o número de casos de dengue, criadouros de *Ae. Aegypti* e residências construídas no plano horizontal, comparadas aos prédios, na escala de bairro.

¹ PBH/PMS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2016, 2019. Secretaria Municipal de Política Urbanas, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. 2016 [access:2020]. <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/Informações/publicacoes/plano-de-saneamento>.

² QUEIROZ, Josiane Teresinha Matos de, SILVA, Priscila Neves e HELLER, Léo. Novos pressupostos para o saneamento no controle de arboviroses no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* [online]. v. 36, n. 5.

³ SEIDAHMED OME, LU D, CHONG CS, NG LC, ELTAHIR EAB. Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. *Geohealth*. 2018 Jan 26;2(1):54-67. doi: 10.1002/2017GH000080. PMID: 32159000; PMCID: PMC7007139.

Ao discutir local de moradia, destaque é dado aos trabalhos de MacCormack-Gelles et al. (2018)¹. Os autores analisaram (modelo de regressão longitudinal) uma série histórica de cinco anos de casos de dengue em Fortaleza, Brasil, (2011 a 2015), e as variáveis socioambientais, estruturais (ocupação do solo) e climáticas. Os resultados demonstraram padrões sazonais distintos entre anos interepidêmicos e epidêmicos, com transmissão persistente entre os períodos. A continuidade do controle vetorial, com ênfase para pequenas áreas, principalmente naquelas de maior vulnerabilidade socioeconômica, vilas e favelas, foi fortemente recomendado.

Kikuti et al. (2015)² estudando o risco de dengue em moradores de favela em Salvador, Brasil, já apontara a condição de vulnerabilidade social, agravada pela dificuldade de acesso dos pacientes aos serviços de saúde pública local. Os registros oficiais de Belo Horizonte relatam a existência de 215 vilas e favelas no município que abrigam um total de 451.395 habitantes³. Este cenário impõe a urgência de intervenções sociais e de saúde nestas regiões, não obrigatoriamente para o controle de dengue. Fatores diversos comprovam a baixa qualidade de vida destas populações⁴, denunciados pela exposição

¹ MACCORMACK-GELLES B, LIMA NETO AS, SOUSA GS, NASCIMENTO OJ, MACHADO MMT, WILSON ME, et al. (2018) Epidemiological characteristics and determinants of dengue transmission during epidemic and non-epidemic years in Fortaleza, Brazil: 2011-2015. *PLoS Negl Trop Dis* 12(12): e0006990. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006990>

² Kikuti M, Cunha GM, Paploski IAD, Kasper AM, Silva MMO, Tavares AS, et al. (2015) Distribuição Espacial da Dengue em uma Favela Urbana Brasileira: Papel do Gradiente Socioeconômico no Risco de Doenças. *PLoS Negl Trop Dis* 9 (7): e0003937. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003937>

³ ARAGÃO Thêmis Amorim, SANTOS Mariana Rodrigues Santos. URBANIZAÇÃO DE VILAS E FAVELAS EM BELO HORIZONTE: Reflexos de uma trajetória de planejamento e gestão urbana. in: *Urbanização de favelas no Brasil: um balanço preliminar do PAC*. Org. Adauto Lúcio Cardoso, Rosana Denaldi. 1 ed. Rio de Janeiro, Letra Capital. 2018. ISBN 978-857785-623-7

⁴ RILEY LW, KO AI, UNGER A, REIS MG. Slum health: diseases of neglected populations. *BMC Int Health Hum Rights*. 2007 Mar 7;7:2. doi: 10.1186/1472-698X-7-2. PMID: 17343758; PMCID: PMC1829399

aos diferentes agravos^{1,2} recentemente confirmados frente a exposição ao SARS-CoV-2^{3,4}.

A observação da autocorrelação espacial das incidências de dengue por área de abrangência neste estudo (1996 a 2019) apontou o predomínio do efeito de dependência espacial da incidência entre áreas vizinhas na região central e norte do município (2001 a 2008), com destaque para a Regional Noroeste. Denota-se que essa regional tem a maior população da cidade com 331.362 habitantes, com a segunda maior densidade populacional 8,96 hab. por km², depois da Regional de Venda Nova, 9,26, também situada ao norte. A região norte da cidade concentra o maior número de conjuntos habitacionais, situação semelhante à descrita por Chuang et al. (2018)⁵. Em sua origem a região viveu uma expansão desordenada, provocada pela ocupação de áreas impróprias para moradia, construídas em morros íngremes ou às margens de córregos. Atualmente está constituída por situações diferentes; bairros de melhor infraestrutura urbana e moradores de melhor condição econômica, em contraposição às vilas e favelas ainda existentes, que abrigam populações carentes em precárias habitações⁶.

¹ de Salles Dias MA, de Lima Friche AA, Mingoti SA, da Silva Costa DÁRA, de Souza Andrade AC, Freire FM, de Oliveira VB, Teixeira Caiaffa W. Mortality from Homicides in Slums in the City of Belo Horizonte, Brazil: An Evaluation of the Impact of a Re-Urbanization Project. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Jan 8;16(1):154.

² HENSON Rosie Mae, ORTIGOZA Ana, MARTINEZ-FOLGAR Kevin, BAEZA Fernando Baeza, CAIAFFA Waleska, VERGARA Alejandra Vives, ROUX Ana V. Diez, LOVASI Gina Lovasi, Evaluating the health effects of place-based slum upgrading physical environment interventions: A systematic review (2012–2018), *Social Science & Medicine*, Volume 261, 2020,113102, ISSN 0277-9536,

³ UFMG/OSUBH . Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte da Universidade Federal de Minas Gerais (OSUBH/UFMG). InfoCovid-OSUBH: 2020 https://www.medicina.ufmg.br/coronavirus/wp-content/uploads/sites/91/2020/11/InfoCOVID10_Edi%C3%A7%C3%A3oREV2-1.pdf

⁴ FLEURY, Sonia e MENEZES, Palloma. Pandemia nas favelas: entre carências e potências. *Saúde em Debate* [online]. 2020, v. 44, n. spe4 [Acessado 6 Novembro 2021], pp. 267-280.

⁵ CHUANG, T. W., NG, K. C., NGUYEN, T. L., & CHAVES, L. F. (2018). Epidemiological Characteristics and Space-Time Analysis of the 2015 Dengue Outbreak in the Metropolitan Region of Tainan City, Taiwan. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 396. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030396>

⁶ <https://bairrosdebelohorizonte.webnode.com.br/regi%C3%A3o%20norte/>

A estatística de correlação espacial, a estimativa de densidade de *Kernel* e o risco relativo, demonstrado na análise de varredura, direcionam a discussão para indicação de estratégias de controle de dengue diferenciadas, conforme as particularidades das regiões da cidade. Durante a série estudada para a estatística de Razão de *Kernel*, a presença de cluster se manifestou em doze anos; são marcantes as reincidências desses aglomerados em várias áreas de abrangências dos regionais com interseções territoriais.

O surgimento de novas regiões, a exemplo do Regional do Barreiro, com intensidade variável de aglomeração de casos, a partir de 2015, pode demonstrar a mobilidade do vírus, caminhando em direção às populações desprotegidas para a infecção, ou seja, de baixa imunidade coletiva, e vulneráveis socioeconomicamente, situações confirmadas por diferentes autores ^{1,2,3,4}. Aglomerados reincidentes demonstraram um padrão, uma indicação de riscos que deve ser usada na construção diferenciada das estratégias de controle sobre os determinantes de dengue ^{2,4,5}.

¹ PESSANHA JEM. A dengue em Belo Horizonte e o Observatório do Milênio. IN: Ferreira, Rodrigo Nunes e Castro, Rosane Catarina de (coord.). Revista do Observatório do Milênio de Belo Horizonte. Uma publicação do Observatório do Milênio de Belo Horizonte. 2015. p.111-124. Ano 6, 4. ed. Agência Traço Leal Comunicação.

² Kikuti M, Cunha GM, Paploski IAD, Kasper AM, Silva MMO, Tavares AS, et al. (2015) Distribuição Espacial da Dengue em uma Favela Urbana Brasileira: Papel do Gradiente Socioeconômico no Risco de Doenças. PLoS Negl Trop Dis 9 (7): e0003937. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003937>

³ GUZMAN, M., GUBLER, D., IZQUIERDO, A. et al. Dengue infection. Nat Rev Dis Primers 2, 16055 (2016). <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.55>

⁴ MACCORMACK-GELLES B, LIMA NETO AS, SOUSA GS, NASCIMENTO OJ, MACHADO MMT, WILSON ME, et al. (2018) Epidemiological characteristics and determinants of dengue transmission during epidemic and non-epidemic years in Fortaleza, Brazil: 2011-2015. PLoS Negl Trop Dis 12(12): e0006990. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006990>

⁵ CHUANG, T. W., NG, K. C., NGUYEN, T. L., & CHAVES, L. F. (2018). Epidemiological Characteristics and Space-Time Analysis of the 2015 Dengue Outbreak in the Metropolitan Region of Tainan City, Taiwan. International journal of environmental research and public health, 15(3), 396. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030396>

O Manejo Integrado de Vetores definido como “um processo decisório racional para otimizar o uso de recursos para o controle de vetores”¹ oferece aos municípios e às Administrações Regionais a oportunidade para a adoção de diferentes métodos, mesmo reconhecendo os desafios do controle integrado.

A falta de experiência administrativa e técnica de gestores frente aos mandatos descontínuos de gestão e a desestruturação de serviços de saúde pública são apontadas como uma das principais causas da falha no controle de dengue^{2,3,4}. Seguidas dos cortes de recursos públicos⁵ e dos escassos e eficientes modelos de promoção e mobilização social⁶, da comprovação limitada do controle vetorial^{4,6} do pouco investimento em desenvolvimento de capacidades técnicas e da pressão contínua por respostas mágicas³, às repetidas epidemias. Tamanho desafio remete aos gestores públicos a necessidade de revisão das obrigações do Estado e de sua responsabilidade na área social⁷.

Apontar áreas de abrangência, vilas e favelas de maior reincidência de dengue pode direcionar a busca pelas características sociodemográficas e ambientais daquelas

¹ OMS. Organização Pan-Americana da Saúde. Documento operacional para a execução do manejo integrado de vetores adaptado ao contexto das Américas. Washington, D.C.: OPAS; 2019. [access: out. 2020] https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51762/9789275720998_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y

² CORREA PRL, FRANCA E, BOGUTCHI TF. Infestação pelo *Ae. aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. Rev. Saúde Pública, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 33-40, Jan. 2005

³ GUBLER DJ. Dengue, Urbanization and Globalization: The Profane Trinity of the 21st Century (st). Trop Med Health. December 2011; 39 (4 Supplement): 3-11. doi: 10.2149 / tmh.2011-S05. Epub August 25, 2011. PMID: 22500131; PMCID: PMC3317603.

⁴ Zara A LdeSA et al. Estratégias de controle do *Ae. aegypti*: uma revisão. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, June 2016.

⁵ VIENNET E, RITCHIE SA, WILLIAMS CR, FADDY HM, HARLEY D (2016) Responses to public health and challenges for controlling dengue transmission in high-income countries: four case studies. PLoS Negl Trop Dis 10 (9): e0004943.

⁶ BOWMAN LR, DONEGAN S, MCCALL PJ (2016) Is Dengue Vector Control Deficient in Effectiveness or Evidence?: Systematic Review and Meta-analysis. PLoS Negl Trop Dis 10(3): e0004551. doi:10.1371/ journal.pntd.0004551

⁷ BAGLINI V et al. Atividades de controle do dengue na visão de seus agentes e da população atendida, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 1142-1152, Aug. 2005.

comunidades e a realização de intervenções locais. Associação de incidência de dengue com maior vulnerabilidade social, ou menor renda, foi demonstrada em municípios ao sul do país¹, assim como menor renda². Dependência espacial para ocorrência de dengue em regiões próximas às favelas no Rio de Janeiro sugere que as baixas condições sociais dessas regiões favorecem a transmissão e manutenção de altas incidências, resultante da “deficiência da oferta e acesso a bens e serviços essenciais para a população”. Situação descrita desde 2001³, confirmada em 2014⁴, semelhante aos cenários de Niterói em 2009⁵ e Salvador⁶ em 2015. Em Cingapura, na década de 1960, as favelas apresentavam o maior índice de infestação por *Ae. aegypti*, e foram necessários 50 anos para mudança desse cenário, e a partir das ações de planejamento urbano elas desapareceram⁷.

As observações acima merecem atenção especial, principalmente quando o conjunto de mapas de ocorrência de dengue em Belo Horizonte apontam para regiões específicas da

¹ BAVIA MFN, DE ARRUDATB. *et al.* Epidemiological study on dengue in southern Brazil under the perspective of climate and poverty. *Sci Rep* **10**, 2127 (2020).

² CARVALHO S, MAGALHAES MdeAFM, MEDRONHO RdeA. Análise da distribuição espacial de casos da dengue no município do Rio de Janeiro, 2011 e 2012. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 51, 79, 2017.

³ OLIVEIRA RM, VALLA VV. As condições e as experiências de vida de grupos populares no Rio de Janeiro: repensando a mobilização popular no controle do dengue. *Cad Saúde Pública*. 2001 Supl 17:77-88.

⁴ VILANI, R. M.; MACHADO, C. J. S. e ROCHA, É. T. S. (2014). Saneamento, dengue e demandas sociais na maior favela do Estado do Rio de Janeiro: a Rocinha. *Vigilância Sanitária em Debate*. Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, pp. 18-29

⁵ FLAUZINO RF et al. Spatial heterogeneity of dengue fever in local studies, City of Niterói, Southeastern Brazil. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 43, n. 6, p. 1035-1043, Dec. 2009

⁶ Kikuti M, Cunha GM, Paploski IAD, Kasper AM, Silva MMO, Tavares AS, et al. (2015) Distribuição Espacial da Dengue em uma Favela Urbana Brasileira: Papel do Gradiente Socioeconômico no Risco de Doenças. *PLoS Negl Trop Dis* 9 (7): e0003937. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003937>

⁷ SEIDAHMED OME, LU D, CHONG CS, NG LC, ELTAHIR EAB. Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. *Geohealth*. 2018 Jan 26;2(1):54-67. doi: 10.1002/2017GH000080. PMID: 32159000; PMCID: PMC7007139

cidade com repetição de altas incidências e dependência espacial, e importantes concentrações em áreas de vilas e favelas. Os clusters ou manchas de calor demonstradas nas concentrações de casos de dengue na Regional Centro Sul são em número reduzido. No entanto, reincidentes nas favelas, esta região abriga a maior favela do município¹ e apresenta importante heterogeneidade social. Este fato poderia explicar a heterogeneidade espacial, as pessoas residentes nessa área apresentaram probabilidade diferentes de adquirir dengue, quando comparadas àquelas de outras regiões. Cenários de alta densidade populacional e vulnerabilidade social, são comuns para a ocorrência de dengue, clássicos da ausência de políticas públicas².

Discutir as circunstâncias das ocorrências de dengue nos limite geográficos da cidade fundamenta a política de gestão intermunicipal. Merece destaque a reincidência de dengue em interseções com o município de Contagem, a Oeste de Belo Horizonte. A área de abrangência Confisco, na Regional Pampulha limite com Contagem, apresentou nas análises de Razão de *Kernel*, mancha de calor durante oito anos, dentre os doze anos de maior incidência da doença na cidade. Os casos de dengue do município de Contagem estão registrados a partir de 2001³. O crescente número se dá a partir de 2010, coincidindo no tempo e em sua magnitude com os anos epidêmicos de Belo Horizonte. Estes fatos impõem aos administradores públicos uma gestão integrada com a Região Metropolitana de Belo Horizonte⁴, mas depende da continuidade de negociação das diretrizes intermunicipais de controle vetorial⁵.

A Regional leste de Belo Horizonte, com aglomerados de incidência para dengue de menor densidade, apresentou menor risco relativo, exceto no ano 2014/2015, anos

¹ MATTOS MF. O Risco nas/das margens: A ocupação Pomar do Cafezal no Discurso da Governabilidade. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Antropologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Minas Gerais. 2018.

² QUEIROZ, Josiane Teresinha Matos de, SILVA, Priscila Neves e HELLER, Léo. Novos pressupostos para o saneamento no controle de arboviroses no Brasil. Cadernos de Saúde Pública [online]. v. 36, n. 5

³ MINAS GERAIS. Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Diretoria de Informações Epidemiológicas. Superintendência de Vigilância Epidemiológica. Subsecretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais Sinan/Cpde/Die/Sve/Subvs/SesMG. Sistema de casos notificados (suspeitos/confirmados) de dengue por local de notificação - Minas Gerais.

⁴ CONASEMS. Conselho Nacional de Secretários Municipais de Saúde. 2010. A experiência de Belo Horizonte – MG O desafio do controle da dengue em Belo Horizonte. 2010. In: A DENGUE E O AGIR MUNICIPAL

⁵ PESSANHA JEM. A dengue em Belo Horizonte e o Observatório do Milênio. IN: Ferreira, Rodrigo Nunes e Castro, Rosane Catarina de (coord.). Revista do Observatório do Milênio de Belo Horizonte. Uma publicação do Observatório do Milênio de Belo Horizonte. 2015. p.111-124. Ano 6, 4. ed. Agência Traço Leal Comunicação.

interepidemicos. Estas variações contribuíram para compreensão das possíveis diferenças das causas da transmissão dentre, e entre os anos interepidêmicos e epidêmicos, em pequenas áreas do território, e podem direcionar a ações que impeçam a sustentação da circulação do vetor e dos vírus¹. Esta regional faz limite com Sabará e Nova Lima, têm áreas de preservação ambiental, baixa densidade populacional, menor conurbação, características que podem explicar o cenário epidemiológico².

O movimento de aglomerados de casos de dengue no tempo e espaço, de forma alternada entre regionais e áreas de abrangências de Belo Horizonte, marcou a variabilidade de risco entre o norte e sul da cidade, observação descrita pelos técnicos da SMS/PBH em 2008³ e 2012⁴, resultado da multicausalidade dos fatores associados. Esses autores, dentre outras variáveis, pesquisaram o tipo de habitação dos moradores em moradias horizontais (casas/barracão) e verticais (prédios). Semelhante ao encontrado em Cingapura⁵ com incidência de dengue e infestação vetorial entre

¹MACCORMACK-GELLES B, LIMA NETO AS, SOUSA GS, NASCIMENTO OJ, MACHADO MMT, WILSON ME, et al. (2018) Epidemiological characteristics and determinants of dengue transmission during epidemic and non-epidemic years in Fortaleza, Brazil: 2011-2015. PLoS Negl Trop Dis 12(12): e0006990. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006990>

²CUNHA MDCM et al. Disentangling associations between vegetation greenness and dengue in a Latin American city: Findings and challenges. Landsc Urban Plan. 2021 Dec;216:None. doi: 10.1016/j.landurbplan.2021.104255. PMID: 34675450; PMCID: PMC8519391.

³CUNHA, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008.

⁴PESSANHA JEM, CAIAFFA WT, ALMEIDA MCM, BRANDÃO ST, PROIETTI FA. Diffusion pattern and detection of dengue hotspots in Belo Horizonte, MG, Brazil. J Trop Med. 2012; 760951. doi: 10.1155 / 2012/760951. Epub March 12, 2012. PMID: 22536269; PMCID: PMC3317074.

⁵SEIDAHMED OME, LU D, CHONG CS, NG LC, ELTAHIR EAB. Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. Geohealth. 2018 Jan 26;2(1):54-67. doi: 10.1002/2017GH000080. PMID: 32159000; PMCID: PMC7007139

moradores de edificações de baixa estrutura e prédios demonstrando diferença espacial. Os autores atribuem os resultados de maior positividade à maior exposição ao vetor em edificações de baixa estrutura; a biologia do vetor em relação a ovoposição preferencialmente perto da fonte de alimentação e a predominância de criadouros na extensa rede de drenagem urbana, situações predominantes em estruturas sem manutenção e danificadas¹. A polarização do risco de adoecer por dengue entre o norte e sul do município de Belo Horizonte foi indiretamente descrita por Campos et al. (2019)² ao demonstrar o risco relativo das incidências de dengue, três vezes maior, em relação às áreas de maior vulnerabilidade à saúde (IVS)³ nos anos epidêmicos de 2010, 2013 e 2016. A região Norte do município, mais especificamente as Regionais Norte e Venda Nova apresentam os mais altos percentuais de áreas de abrangência classificadas como de alta vulnerabilidade à saúde³. Situação que demarca, em algum momento, a trajetória entre vírus circulante, assim como outros agentes, a exemplo do vírus SarsCov-2⁴. A vulnerabilidade socioeconômica em Belo Horizonte está relatada no IVS³ e coaduna aos indicadores de saneamento do Plano Municipal de Saneamento⁵. Apesar da alta cobertura desses serviços, parte da população moradora em áreas de vilas

¹ SEIDAHMED OME, LU D, CHONG CS, NG LC, ELTAHIR EAB. Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. *Geohealth*. 2018 Jan 26;2(1):54-67. doi: 10.1002/2017GH000080. PMID: 32159000; PMCID: PMC7007139

² CAMPOS NBD, MORAIS MHF, CEOLIN APR, CUNHA MCM, NICOLINO RR, SCHULTES OL, et al. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. *International Journal of Environmental Health Research*. 2019 ago

³ PBH .Prefeitura de Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Saúde. (2013a). Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS-BH) 2012. Prefeitura de Belo Horizonte

⁴ UFMG/OSUBH . Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte da Universidade Federal de Minas Gerais (OSUBH/UFMG). InfoCovid-OSUBH: 2020 https://www.medicina.ufmg.br/coronavirus/wp-content/uploads/sites/91/2020/11/InfoCOVID10_Edi%C3%A7%C3%A3oREV2-1.pdf

⁵ PBH/PMS. Prefeitura de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2016, 2019. Secretaria Municipal de Política Urbanas, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. 2016 [acess:2020].

⁶ REZENDE SC, HELLER L. O saneamento no Brasil: políticas e interfaces. 2 a Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG; 2008

⁷ NAHAS MIP et al. Desigualdade e discriminação no acesso à água e ao esgotamento sanitário na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 35, n. 4, p. 1-17, 2019.

e favelas ainda está descoberta. A formação desses espaços urbanos tem determinações históricas ligadas as iniquidades das políticas sociais^{1,7}.

As favelas são aglomerados urbanos que ocuparam as regiões de menor valorização imobiliária devido ao seu perfil geográfico, declividade acentuada ou baixadas. Apresentam sistemas de drenagem deficientes e recebem toda a água pluvial da parte elevada da cidade², situação que potencializa o risco para manutenção de reservatórios para *Ae. aegypti*³, favorece os ambientes de transmissão e penalizam as populações vulneráveis⁴. Um inquérito sorológico para dengue, em Iquitos (Peru), com análise de varredura⁵, considerou temporadas epidemiológicas os ciclos sazonais de resultados laboratoriais, no período de 1999 a 2003, monitorando a ocorrência de diferentes vírus. Os autores encontraram diferentes padrões de aglomerações por regiões, dependentes do vírus circulante no tempo (período epidêmico e interepidêmico), sugerindo a existência de escala de vizinhança alternativa. No presente trabalho observa-se a expansão da dengue na cidade associada aos diferentes sorotipos circulantes ao longo do tempo, também com dependência espacial variando pelo território.

A Regional Barreiro, região mais ao sul do município e com áreas de maior altitude⁶ foi a última a ser atingida pelas epidemias de dengue e apresentou, no período estudado, a menor persistência de ocorrência de casos, mesmo com maiores disponibilidades de

² GOMES UAF, HELLER L. Saneamento Básico em Vilas e Favelas: qual o papel da regularização fundiária? Revista VeraCidade – Ano IV - Nº 5 – Outubro de 2009

³ SEIDAHMED OME, LU D, CHONG CS, NG LC, ELTAHIR EAB. Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. *Geohealth*. 2018 Jan 26;2(1):54-67. doi: 10.1002/2017GH000080. PMID: 32159000; PMCID: PMC7007139

³ QUEIROZ, Josiane Teresinha Matos de, SILVA, Priscila Neves e HELLER, Léo. Novos pressupostos para o saneamento no controle de arboviroses no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* [online]. v. 36, n. 5. 2021

⁵ LIEBMAN KA et al. “Spatial dimensions of dengue virus transmission across interepidemic and epidemic periods in Iquitos, Peru (1999-2003).” *PLoS neglected tropical diseases* vol. 6,2 (2012): e1472. doi:10.1371/journal.pntd.0001472.

⁵ PBH. Mapa altimétrico de Belo Horizonte. 2013. Secretaria Municipal de Desenvolvimento. Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano

⁶ ASSIS WL, ABREU MLde. O clima urbano de Belo Horizonte: análise têmporo-espacial do campo térmico e hígrico. *Revista de C. Humanas, Viçosa*, v. 10, n. 1, p. 47-63, jan./jun. 2010.

susceptíveis do que as regiões ao centro e ao norte. As regionais da Pampulha, Venda Nova, Norte, Nordeste e parte da Regional Leste apresentam as menores altitudes do município⁵ com temperaturas e umidade mais altas¹.

As quatro primeiras regionais foram seguidamente castigadas por elevadas incidências de dengue, ainda que em anos interepidêmicos, inclusive com importantes aglomerados de casos de dengue em áreas próximas de vilas e favelas, semelhantes aos resultados do Rio de Janeiro² e Salvador³.

A altitude não pode ser avaliada individualmente como variável determinante de infestação vetorial e incidência de dengue^{4,5}, mesmo que “normalmente a espécie não

² VILANI, R. M.; MACHADO, C. J. S. e ROCHA, É. T. S. (2014). Saneamento, dengue e demandas sociais na maior favela do Estado do Rio de Janeiro: a Rocinha. *Vigilância Sanitária em Debate*. Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, pp. 18-29

² Kikuti M, Cunha GM, Pappalardo IAD, Kasper AM, Silva MMO, Tavares AS, et al. (2015) Distribuição Espacial da Dengue em uma Favela Urbana Brasileira: Papel do Gradiente Socioeconômico no Risco de Doenças. *PLoS Negl Trop Dis* 9 (7): e0003937. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003937>

³ LIEBMAN KA et al. “Spatial dimensions of dengue virus transmission across interepidemic and epidemic periods in Iquitos, Peru (1999-2003).” *PLoS neglected tropical diseases* vol. 6,2 (2012): e1472. doi:10.1371/journal.pntd.0001472.

⁴ HERRERA-BASTO E, PREVOTS DR, ZARATE ML, SILVA JL e SEPULVEDA-AMOR J. (1992). Primeiro surto relatado de dengue clássica a 1.700 metros acima do nível do mar no estado de Guerrero, México, junho de 1988, *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* , 46 (6), 649-653.

⁵ RODRIGUEZ GH, DE LA HOZ RF. Dengue e dengue e comportamento de vetores em Cáqueza, Colômbia, 2004. *Rev. salud pública* , Bogotá, v. 7, n. 1, pág. 1-15, março de 2005

⁶ BRAGA IA, VALLE D. *Ae. aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília , v. 16, n. 4, p. 179-293, dez. 2007

⁷ LOZANO-FUENTES, S., et al.(2012). The dengue virus mosquito vector *Ae. aegypti* at high elevation in Mexico. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 87(5), 902–909.

seja encontrada em zonas acima mil metros^{1,2}, altas altitudes e ocorrência de dengue foram descritas no México³ em 2012.

Fato que instiga a avaliação das condições de manutenção das infestações em determinadas regiões e seu deslocamento para as áreas vizinhas. A variação dos vírus circulantes ao longo dos anos, analisada junto à dispersão geográfica de dengue, resulta no esgotamento de susceptíveis e é um forte fator da variação da doença^{4,5,6,7}. Em Belo Horizonte, os inquéritos soro epidemiológicos realizados em 2000 e 2006, apontaram a Regional Venda Nova como região de maior risco para dengue^{8,9}. Pesquisadores locais demonstraram a heterogeneidade das regiões intraurbanas na transmissão da dengue, com deslocamento de ocorrência predominantemente entre norte e centro do município, entre áreas de expansão e silêncio, com importante diferença de infestação vetorial^{6,10}, fato demonstrado neste estudo, inclusive com riscos diferenciados da doença nestas áreas.

O Risco diferenciado de ocorrência de dengue no território remete a discussão da infestação vetorial e das estratégias de controle. Belo Horizonte realiza os protocolos de diagnóstico de infestação vetorial e tratamento de focos desde 1996; iniciou a instalação de ovitrampas, como rotina de monitoramento de infestação do vetor em 2002¹¹. A série histórica desse monitoramento reforça a importância da discussão das características de sua instalação e utilização neste estudo: grande massa de dados consistentes após adequações, condizentes com as realidades vivenciadas pelas

⁴ TEIXEIRA MdaG, BARRETO ML, GUERRA Z. Epidemiologia e medidas de prevenção do Dengue. *Inf. Epidemiol. Sus.* Brasília, v. 8, n. 4, p. 5-33, dez. 1999

⁵ PESSANHA JEM. A dengue em Belo Horizonte e o Observatório do Milênio. IN: Ferreira, Rodrigo Nunes e Castro, Rosane Catarina de (coord.). Revista do Observatório do Milênio de Belo Horizonte. Uma publicação do Observatório do Milênio de Belo Horizonte. 2015. p.111-124. Ano 6, 4. ed. Agência Traço Leal Comunicação

⁶ VIENNET E, RITCHIE SA, WILLIAMS CR, FADDY HM, HARLEY D (2016) Responses to public health and challenges for controlling dengue transmission in high-income countries: four case studies. *PLoS Negl Trop Dis* 10 (9): e0004943.

⁴ GUZMAN, M., GUBLER, D., IZQUIERDO, A. et al. Dengue infection. *Nat Rev Dis Primers* 2, 16055 (2016). <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.55>

⁸ CUNHA, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008.

⁶ PESSANHA JEM, CAIAFFA WT, KROON EG, PROIETTI FA. Dengue em três distritos sanitários de Belo Horizonte, Brasil: inquérito soropidemiológico de base populacional, 2006 a 2007. *Rev Panam Salud Publica*. 2010;27(4):252-8

¹⁰ CORREA PRL, FRANCA E, BOGUTCHI TF. Infestação pelo *Ae. aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 33-40, Jan. 2005.

¹¹ PBH. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Saúde. Gerência de Vigilância em Saúde e Informação Gerência de Controle de Zoonoses. Manual técnico da Dengue: padronização das ações para o controle vetorial da dengue desenvolvidas no município de Belo Horizonte [Internet]. Belo Horizonte: PBH; 2009

transformações da malha urbana do território no tempo. Elas e mostraram instrumentos de fácil adaptação na rotina do controle vetorial^{1, 2} alertam para o risco da ocorrência de dengue^{9,3}, resultado condizente com o observado neste estudo. Outro artigo em 2020, ainda em Belo Horizonte, avaliou a dependência espacial da positividade de ovitrampas e incidência de dengue usando o índice de Moran global e local entre 2007 a 2018. Os pesquisadores encontraram variação de percentuais de positividade (35,7% a 46,8%) e padrões espaciais consistentes ao longo do tempo, sugerindo que certas áreas da região norte podem ter criadouros persistentes⁴. Esses resultados reforçam as hipóteses levantadas no estudo de soroprevalência realizado em 2000 na cidade⁵, que ao discutir as diferenças regionais de ocorrência da doença, levantou a importância dos focos geradores; aqueles mais antigos numa região, que agregariam fêmeas de *Ae. aegypti* de uma mesma família que, repetitivamente, fazem a postura nos mesmos reservatórios.

A presença de aglomerados de casos de dengue (1996 a 2010) e de áreas com maior presença de ovos de *Ae. aegypti*⁶, foram localizadas em regiões de baixas altitudes e de maiores temperaturas em Belo Horizonte⁷. Porém, em estudo publicado em 2020¹ encontrou-se baixa detecção de *Ae. aegypti* por ovitrampas, o que não limitou a transmissão de dengue, assim como áreas com maiores positivities de ovos não foram necessariamente as de maiores incidências de dengue.

Os resultados apresentados nesse estudo evidenciam a complexidade do ciclo epidemiológico e os desafios existentes no enfrentamento da dengue, principalmente em grandes cidades. A associação da mobilidade de hospedeiros, vetores e vírus nos 24 anos estudados, possivelmente explicaria o movimento^{1, 8,1,2,3} de interação entre infecções por dengue e infestações por *Ae. aegypti* ao longo do período analisado.

¹ ALBUQUERQUE BCDE, PINTO RC, SADAHIRO M et al. Relationship between local presence and density of *Ae. aegypti* eggs with dengue cases: A spatial analysis approach. *Trop Med Int Health*. 2018; 23: 1269–1279

² CODEÇO CT, LIMA AWS, ARAÚJO SC, LIMA JBP, MACIEL-DE-FREITAS R, HONÓRIO NA, et al. (2015) Surveillance of *Ae. aegypti*: Comparison of House Index with Four Alternative Traps. *PLoS Negl Trop Dis* 9(2): e0003475. doi:10.1371/journal.

¹¹ PESSANHA JEM, BRANDÃO ST, ALMEIDA MCM, CUNHA MCM, SONODA IV, BESSA, MAS, et al. Ovitrap surveillance as dengue epidemic predictor in Belo Horizonte City, Brazil. *J Health BiolSci*. 2014 jul; 2(2): 51-56

⁴ SCHULTES OL, MORAIS MLF, CUNHA MCM, SOBRAL A, CAIAFFA W.T (2020). Spatial Analysis of Dengue Incidence and *Ae. aegypti* Ovitrap Surveillance in Belo Horizonte, Brazil. *Tropical Medicine International Health*.

⁵ CUNHA, M.C. M. et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília*, v. 17, n. 3, p. 217-230, set. 2008.

⁶ PESSANHA JEM, CAIAFFA WT, ALMEIDA MCM, BRANDÃO ST, PROIETTI FA. Diffusion pattern and detection of dengue hotspots in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *J Trop Med*. 2012; 760951. doi: 10.1155 / 2012/760951. Epub March 12, 2012. PMID: 22536269; PMCID: PMC3317074.

⁷ ASSIS WL, ABREU MLde. O clima urbano de Belo Horizonte: análise tempo-espacial do campo térmico e hídrico. *Revista de C. Humanas, Viçosa*, v. 10, n. 1, p. 47-63, jan./jun. 2010.

⁸ ALMEIDA MCDM, ASSUNÇÃO RM, PROIETTI FA, CAIAFFA WT. 2008. Dinâmica intra-urbana das epidemias de

Os esforços efetivados para o controle de *Ae. Aegypti*, com implementação de diferentes estratégias, não se mostraram suficientes para alterar o panorama das epidemias e conter a expansão da carga de dengue, principalmente na última década^{4,5,6}.

As estatísticas espaciais de observação de incidências poderiam fomentar políticas antecipatórias de promoção e prevenção de transmissão de dengue⁷, prioritariamente em áreas de maior vulnerabilidade socioeconômica⁸.

A Assembleia Geral das Nações Unidas e o Conselho de Direitos Humanos aprovou em 2010 um referencial para o planejamento básico como pressuposto do direito à água e ao esgotamento sanitário⁹. Estes autores têm a convicção de que a coleta de lixo, a drenagem urbana, a pavimentação de ruas e calçadas, a manutenção de áreas verdes, a melhoria das habitações, dentre outros, são pressupostos de qualidade de vida, e deveriam compor o rol dos direitos humanos, pois certamente contribuiriam para a promoção da saúde de populações vulneráveis^{6,10}.

Dengue é uma doença multifatorial e sua ocorrência tempo-espaial tem relações com as características ecológicas, biológicas e sociais do território habitado^{11,12}. Assim a

dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1996-2002. (2008) Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro. 24 (10): 2385-2395.

¹ PESSANHA JEM, BRANDÃO ST, ALMEIDA MCM, CUNHA MCM, SONODA IV, BESSA, MAS, et al. Ovitrap surveillance as dengue epidemic predictor in Belo Horizonte City, Brazil. J Health BiolSci. 2014 jul; 2(2): 51-56

⁷ VIENNET E, RITCHIE SA, WILLIAMS CR, FADDY HM, HARLEY D (2016) Responses to public health and challenges for controlling dengue transmission in high-income countries: four case studies. PLoS Negl Trop Dis 10 (9): e0004943.

⁸ CAMPOS NBD, MORAIS MHF, CEOLIN APR, CUNHA MCM, NICOLINO RR, SCHULTES OL, et al. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. International Journal of Environmental Health Research. 2019 ago

⁴ PESSANHA JEM et al. Avaliação do Plano Nacional de Controle da Dengue. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 25, n. 7, p. 1637-1641, July 2009.

⁵ GUBLER DJ. Dengue, Urbanization and Globalization: The Profane Trinity of the 21st Century (st). Trop Med Health. December 2011; 39 (4 Supplement): 3-11. doi: 10.2149 / tmh.2011-S05. Epub August 25, 2011. PMID: 22500131; PMCID: PMC3317603.

⁶ ZARA A LdeSA et al. Estratégias de controle do Ae. aegypti: uma revisão. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, June 2016.

⁷ ALMEIDA MCDM, ASSUNÇÃO RM, PROIETTI FA, CAIAFFA WT. 2008. Dinâmica intra-urbana das epidemias de dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1996-2002. (2008) Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro. 24 (10): 2385-2395.

⁵ CARVALHO S, MAGALHAES MdeAFM, MEDRONHO RdeA. Análise da distribuição espacial de casos da dengue no município do Rio de Janeiro, 2011 e 2012. Rev. Saúde Pública, São Paulo, v. 51, 79, 2017

⁹ QUEIROZ, Josiane Teresinha Matos de, SILVA, Priscila Neves e HELLER, Léo. Novos pressupostos para o saneamento no controle de arboviroses no Brasil. Cadernos de Saúde Pública [online]. v. 36, n. 5. 2021

¹⁰ CUNHA MDCM et al.. Disentangling associations between vegetation greenness and dengue in a Latin American city: Findings and challenges. Landsc Urban Plan. 2021 Dec;216:None. doi: 10.1016/j.landurbplan.2021.104255. PMID: 34675450; PMCID: PMC8519391.

¹¹ ELLIS, Brett R. and Wilcox, Bruce A. The ecological dimensions of vector-borne disease research and control. Cadernos de Saúde Pública [online]. 2009, v. 25, suppl 1

¹² MACÊDO SFD et al. Expansion of the Eco-Bio-Social Strategy to Control Ae. aegypti in Highly Vulnerable Areas in Fortaleza, Brazil: A Cluster, Non Randomized Controlled Trial Protocol. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021; 18 (3).

manutenção das ações de vigilância de infectados, de manejo integrado de vetores^{9, 1} e da vigilância genômica são fundamentais para orientar políticas públicas no monitoramento das epidemias em tempo real.

Denota-se, no período estudado, que as incidências de dengue, registradas no município desde 1996, têm dependência espacial, apresentam padrão de distribuição temporal e espacial, com predomínio de aglomeração de casos nas regiões ao norte da cidade, com deslocamento entre áreas de abrangência e regionais administrativas diferenciadas no tempo. As estatísticas espaciais demonstraram ainda concentração de incidência recorrente em determinadas áreas de abrangências, principalmente na região central e norte, comparadas as regiões ao sul da cidade. Denota-se que áreas de vilas e favelas são reincidentes às ocorrências de dengue em Belo Horizonte. As armadilhas de ovoposição apresentaram padrões espaciais ao longo do tempo, sugerindo que certas áreas da região norte podem ter criadouros persistentes, devem ser identificados e eliminados. O conjunto de técnicas de análise espacial, usado na investigação de rotina pode levar a identificação de variáveis que certamente contribuirão para o reconhecimento das relações entre hospedeiros, vetores e vírus. Os estudos deste trabalho permitem sugerir ao município a adoção de protocolos diferenciados de controle, as ações devem ocorrer, principalmente, antes dos períodos epidêmicos, com uso de ferramentas existentes de vigilância, e sua análise. Regiões de vilas e favelas, devem receber atenção prioritária com estratégias direcionadas às realidades locais. A direcionalidade das intervenções intersetoriais do poder público se sustenta no reconhecimento das iniquidades socioambientais. A educação em saúde para a redução de ambientes de reprodução do *Ae. Aegypti* é a base das atividades integradas de controle, até a possibilidade de instrumentos complementares como a imunização por vacinas polivalentes e a confirmação da efetividade de controle vetorial alternativo, como a promoção do uso de mosquitos infectados por *Wolbachia*^{2, 3, 1} em estudo no município.

¹⁰ OMS. Organização Pan-Americana da Saúde. Documento operacional para a execução do manejo integrado de vetores adaptado ao contexto das Américas. Washington, D.C.: OPAS; 2019. [access: out. 2020] https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51762/9789275720998_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y

² Indriani C, Tantowijoyo W, Rancès E et al. Reduced dengue incidence following deployments of *Wolbachia*-infected *Ae. aegypti* in Yogyakarta, Indonesia: a quasi-experimental trial using controlled interrupted time series analysis [version 1; peer review: 2 approved]. *Gates Open Res* 2020, 4:50 (<https://doi.org/10.12688/gatesopenres.13122.1>)

³ WMP. World Mosquito Program. Copyright 2020 Monash University. ABN 12 377 614 012. [access: out. 2020] <http://www.eliminatedengue.com/brasil/bairros-parceiros>

Modelo Conceitual

No modelo conceitual exposto a seguir (Figura 13), dentre todas as variáveis comumente discutidas, a presença do vetor/vírus e a temperatura, causas necessárias e suficiente, são evidências marcantes de associação com a doença². Ao pesquisar sobre os demais fatores da paisagem da dengue pretende-se ampliar o conhecimento sobre a multicausalidade da doença. O espaço urbano em constante mudança interfere nos padrões demográficos e sociais (por exemplo, migração/imigração), demandas para a saúde pública (levantamento de imunidade individual e coletiva/tipos de vírus circulando) e infraestrutura básica (saneamento/control de vetores), além de circunstâncias políticas e econômicas. Estas interações envolvendo processos humanos e naturais (biótico e abiótico) movem as relações causais do adoecimento por dengue, fatores moduladores e efeitos que coletivamente constituem um ecossistema^{3, 4}. Posta a complexidade da multicausalidade, quais são os desafios para a saúde pública. Do ponto de vista político, espera-se do Sistema Único de Saúde a introdução de estratégias de prevenção inovadoras (vacina, controle biológico do *Ae. aegypti*), de mitigação de danos (planos de contingência) e avanços das medidas preventivas⁵ (monitoramento e controle de infestação vetorial). Entretanto, devemos eleger as informações sobre os fatores da paisagem da dengue que podem ser agregadas aos modelos tradicionais de controle vetorial para a redução das incidências da doença^{2, 3}. A participação da comunidade em eventos de prevenção da dengue impacta positivamente no controle das infestações e na ocorrência da doença⁶. Mobilização social é uma variável muito

¹ PBH libera *Ae. aegypti* com Wolbachia em todas as regionais da cidade. 31/05/2021. <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/pbh-libera-aedes-aegypti-com-wolbachia-em-todas-regionais-da-cidade>

¹ de Sousa, Selma Costa; Carneiro, Mariângela; Eiras, Álvaro Eduardo; Bezerra, Juliana Maria Trindade; Barbosa, David Soeiro. Factors associated with the occurrence of dengue epidemics in Brazil: a systematic review. Revista Panamericana de Salud Publica (print), v. 45, p. 1-9, 2021.

³ Brett RE e Bruce AW. 2009. The ecological dimensions of vector-borne disease research and control. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 25 Sup 1:S155-S167.

⁴ Johansen IC, DoCarmo RL, Correia AL, Bueno MDCD. 2018. Environmental and demographic determinants of dengue incidence in Brazil. Rev. Salud Publica [Internet]. [accessed 25 jun 2019]. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012400642018000300346&lng=en.

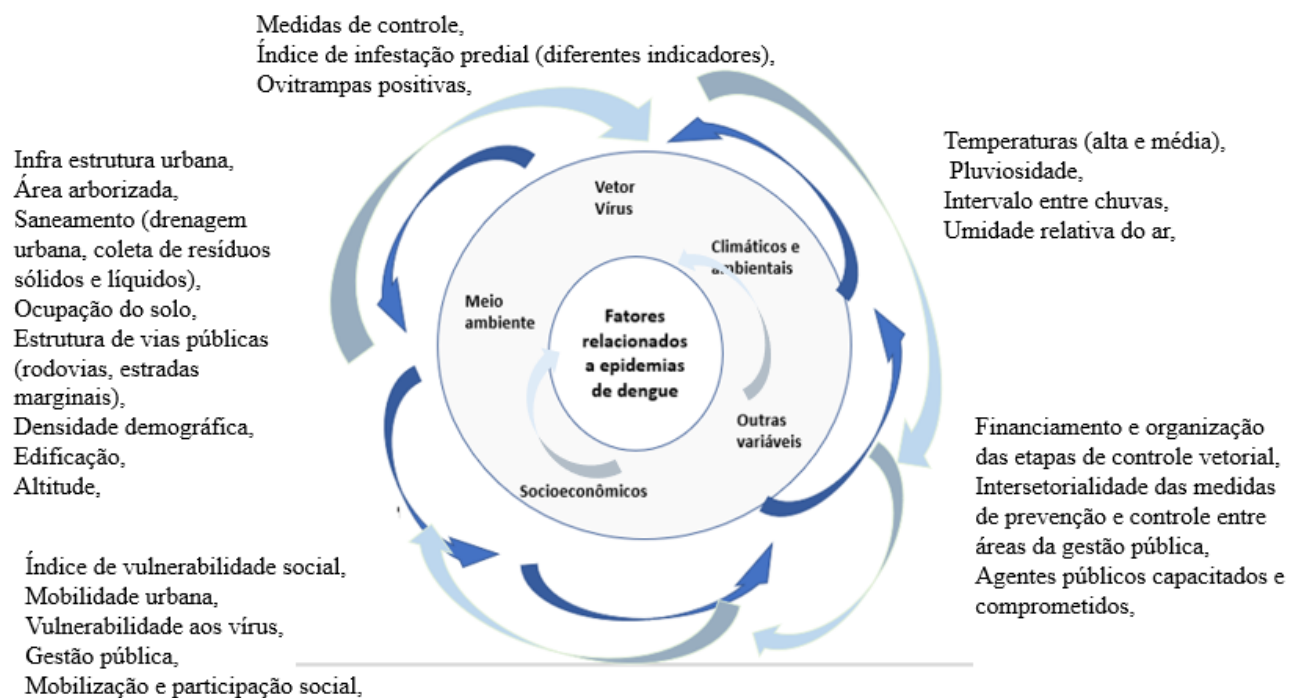
⁵ 16ª Mostra. Aqui Tem Sus. Catálogo de Experiências Exitosas 2019, BRASIL. <https://www.conasems.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Catalogo-16a-Mostra-Brasil-aqui-tem-SUS-1-1.pdf>

⁶ Macêdo SF, Silva KA, Vasconcelos RB, Sousa IV, Mesquita LPS, Barakat RDM, Fernandes HMC, Queiroz ACM, Santos GPG, Filho VCB, Carrasquilla G, Caprara A, de Oliveira Lima JW. Scaling up of Eco-Bio-Social Strategy to Control *Ae. aegypti* in Highly Vulnerable Areas in Fortaleza, Brazil: A Cluster, Non-Randomized Controlled Trial

discutida na área da educação em saúde, mas a promoção desta estratégia para a implantação de medidas preventivas é descontínua e sofre influência das gestões públicas, principalmente na área econômica e social¹.

Espera-se que os estudos sobre a distribuição temporal e espacial de dengue em Belo Horizonte, com previsão do comportamento temporal e interpretações sobre o impacto da paisagem no adoecimento, mobilizem gestores para a construção de políticas de saúde saudáveis compartilhadas pelo estado com a comunidade. Os objetivos e os métodos discutindo a importância das modelagens utilizadas nesse trabalho são apresentados nas próximas seções.

Figura 13. Modelo Conceitual proposto pelo autor – condicionantes à ocorrência de dengue



Fonte: adaptado de Sousa, S. C. et al 2021².

Protocol. Int J Environ Res Public Health. 2021 Jan 31;18(3):1278. doi: 10.3390/ijerph18031278. PMID: 33572650; PMCID: PMC7908398.

¹ Lima, E. C.; Vilasboas, A. L. Q. Implantação das ações intersetoriais de mobilização social para o controle da dengue na Bahia, Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 27, n. 8, ago. 2011.

² de Sousa, Selma Costa; Carneiro, Mariângela; Eiras, Álvaro Eduardo; Bezerra, Juliana Maria Trindade; Barbosa, David Soeiro. Factors associated with the occurrence of dengue epidemics in Brazil: a systematic review. Revista Panamericana de Salud Publica (print), v. 45, p. 1-9, 2021.

3. Justificativa

A constituição do conhecimento em epidemiologia¹ parte de premissas básicas; a distribuição das doenças não é aleatória, e os fatores e processos de determinação podem ser identificados pela investigação sistemática de grupos populacionais, no espaço e tempo². Os autores caminham pela epidemiologia descritiva e perguntam o que os estudos analíticos irão perseguir, como e porque os eventos acontecem? Em vinte e quatro anos de dengue na capital (1996 a 2020), envolvendo pelo menos 554.357 pessoas³, e ainda considerando os casos assintomáticos e aqueles não notificados, não há como deixar de insistir pela busca das evidências científicas sobre o controle da doença, que passam pelo conhecimento do território. Qual a influência do ambiente urbano para a ocorrência de dengue? As estratégias de investigação e controle têm mostrado resultados? O município tem age antecipadamente na prevenção? Comumente os protocolos técnicos de controle têm rotinas de procedimentos gerais, sem se ater as particularidades da cidade, ambiente que sustenta a manutenção do vetor e da circulação dos vírus. As ações de intervenção nas três esferas do Sistema Único de Saúde demonstram, como citado, o uso das legislações, da articulação intersetorial e da busca por soluções no controle da doença, patamares diferenciados de conhecimento teórico e de estratégias de gestão. Esta integralidade é contínua? Ou sofre interferência de governo? O relato histórico de controle de dengue na capital, a revisão bibliográfica e os estudos aqui apresentados, procuram registrar o evento no tempo, usando diferentes métodos. Este enfoque crítico pode alertar os profissionais de saúde para o cumprimento das metas da vigilância epidemiológica de dengue segundo as orientações oficiais; “notificar e investigar oportunamente os casos suspeitos de dengue, [...], acompanhar, de forma contínua, a evolução temporal desses agravos, e detectar efetivamente mudanças no padrão de ocorrência, surtos e epidemias; [...]e no controle [...] reduzir a magnitude, a gravidade e a mortalidade dessas doenças”⁴.

¹ Albuquerque, Maria de Fatima Pessoa Militão de et al. Epidemia de microcefalia e vírus Zika: a construção do conhecimento em epidemiologia. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 10,

² Czeresnia D, Albuquerque M. Limites da inferência causal. In: Almeida Filho N, Barreto ML, Veras RP, Barata RB, organizadores. Teoria epidemiológica hoje: fundamentos, interfaces e tendências. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 1998. p. 63-78

³ Prefeitura de Belo Horizonte. Balanço Dengue. https://drive.google.com/drive/folders/1TqmVZ0IINmMFuXR5TK_soegpDdriLaU5

⁴ Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. Guia de Vigilância em Saúde [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. 5. ed. – Brasília : Ministério da Saúde, 2021. 1.126 p. : il

4. Objetivo geral

Realizar análise exploratória dos dados de 1996 a 2020, em diferentes recortes neste período. Compreender a forma de ocorrência da doença no espaço urbano e os elementos envolvidos em sua determinação, investigando variáveis até então desconhecidas. Buscar estratégias para reduzir as incidências de dengue tendo como cenário as menores unidades do território.

Objetivo específico 1.

Analisar o comportamento temporal dos casos de dengue no período de 2007 a 2020 usando o modelo de previsão de Média Móvel Autorregressiva Integrada Sazonal (SARIMA), com dados de 2007 a 2019 para prever a incidência de casos em anos epidêmicos e interepidêmicos.

Objetivo específico 2

Investigar e avaliar o ambiente biofísico da cidade, em menor unidade de análise (agregado de bairros) buscando interações entre a ocorrência de dengue, vulnerabilidade social, e as características particulares do ambiente natural urbano, durante a epidemia de 2010.

5. Métodos

Os métodos, desenhos dos estudos, procedimentos e fonte de dados, serão descritos adequadamente em cada um dos dois artigos, e na análise exploratória. Neste tópico apresentaremos de forma resumida os dados comuns aos artigos.

5.1 Área de estudo

O município de Belo Horizonte (Figura 6), com uma área de 331,4 km², conta com uma população, estimada em 2021, de 2.530 milhões de habitantes, com densidade populacional¹ de 7.2 habitantes/km². A capital do estado insere-se na Região Metropolitana de Belo Horizonte composta por 34 municípios, com população estimada

¹ IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [accessed 24 out. 2021]. Belo Horizonte (MG) | Cidades e Estados | IBGE.

em cerca de 6 milhões de habitantes¹. A cidade encontra-se a 900 metros de altitude média, o clima é classificado como subtropical, com duas estações, a chuvosa e a seca. A temperatura média mensal é de 23°C no verão e 18°C no inverno, a média anual é de 21,1°C. A precipitação anual média é de cerca de 1.463 mm².

O município é subdividido em nove Regionais Administrativas: Barreiro, Centro Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova, que contem 152 áreas de abrangência dos Centros de Saúde. A área de abrangência é definida como o conjunto de microáreas (setores censitários) semelhantes nos aspectos socioeconômicos e sanitários onde se concentram grupos de população internamente homogêneos³, estas áreas estão sob responsabilidade de uma equipe de saúde da família (ESF) de uma Unidade Básica de Saúde do SUS de Belo Horizonte. Um setor censitário é definido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ¹ como uma única área contínua, localizada em ambiente urbano ou rural estabelecido para fins de controle cadastral populacional ^{4,5}.

¹ IBGE. População das Regiões Metropolitanas, Regiões Integradas de Desenvolvimento e Aglomerações Urbanas com mais de Um Milhão de Habitantes». Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agosto de 2020. Consultado em 22 de dezembro de 2020

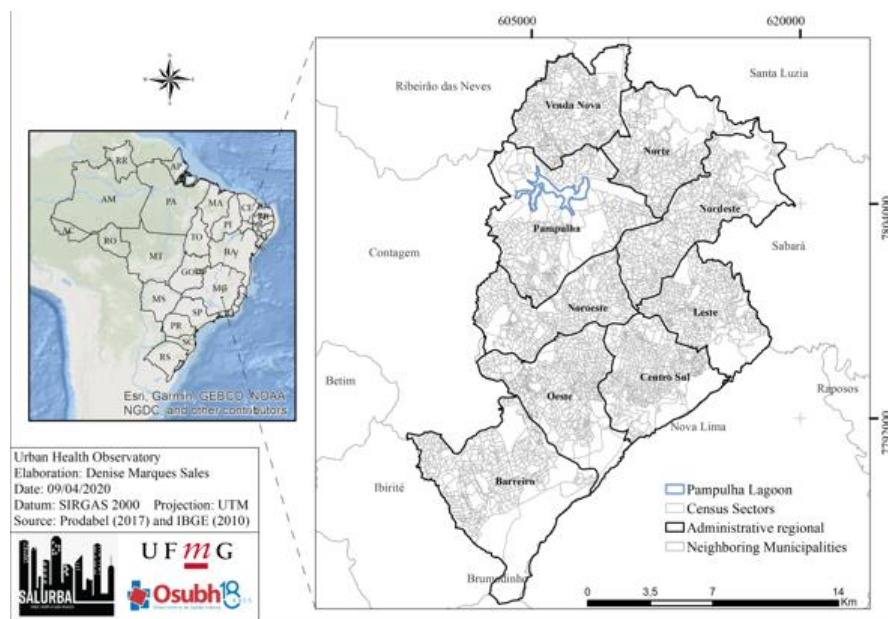
² Silva MR, Moura FP, Jardim CH. O diagrama de caixa (Box Plot) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais - Brasil. 2017. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, (n.01): p. 023-040. [acessado em 25 de junho de 2020]. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233949/27420>

³ Souza, Renato Cesar Ferreira de et al . Viver próximo à saúde em Belo Horizonte. **Cad. Metrop.**, São Paulo , v. 18, n. 36, p. 326-344, dez. 2016 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-99962016000200326&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 02 nov. 2020. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2016-3601>.

⁴ IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha de Setores Censitários. [acessed: out. 2020]. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=o-que-e>

⁵ Bueno and D'antona, 2017. Bueno MdoCD, D'AntonaAdeO. BRAZILIAN CENSUS GEOGRAPHY: Possibilities and constraints for conducting spatial analysisa. Geographia Niterói, Universidade Federal Fluminense. (eletrônico) Vol.19, Nº 39, 2017: jan./abr. [acessado em 30 de julho de 2020]. <http://periodicos.uff.br/geographia/article/download/13783/8983>

Figura 14. Mapa de localização e de organização administrativa do município de Belo Horizonte, 2020.



Fonte de dados e variáveis do estudo

5.2. Fonte de dados e variáveis do estudo.

Variável dependente: casos confirmados de dengue, no período de 1996 a 2020, fornecidos pela Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte. Esta base é comum aos dois artigos, o primeiro artigo usou o recorte 2007 a 2020, o segundo usou o ano de 2010 e para a análise exploratória a série 1996 a 2019.

A consistência dos bancos de dados dos casos de dengue e seu respectivo georreferenciamento foi efetuado pelo Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como parte do Ambiente Estruturado de Armazenamento de Dados do Projeto BH-Viva¹.

Os casos confirmados de dengue, por critérios clínicos e epidemiológicos² do período de 1996 a 2019 de Belo Horizonte foram geocodificados segundo as coordenadas de

¹ Friche AADL, Dias MADS, Reis PBD, Dias CS, Caiaffa WT. 2015. Intervenções de requalificação urbana e o impacto na saúde: protocolo de estudo “quasi-experimental” com métodos mistos – Projeto BH-Viva. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 31(1) p. 51-64. [accessed 30 december 2019]. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102311X2015001300051&lng=en&nrm=iso.

² Campos NBD, Morais MHF, Ceolin APR, Cunha MCM, Nicolino RR, Schultes OL, et al. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city. International Journal of Environmental Health Research [Internet]. 2019 ago [cited 2020 maio 20]. Available from:

endereço de residência (x, y) tomadas a partir da rua de residência e número do imóvel. Quando os endereços de residência exatos não foram geocodificados, os casos foram identificados considerando a numeração de +/- 100 números de imóveis na mesma rua¹. Outra opção para localizar o endereço, quando a rua possuía um único trecho, foi geocodificá-lo para o centroide da rua. Cada caso geocodificado foi associado ao seu respectivo setor censitário classificado conforme o Índice de Vulnerabilidade à Saúde (IVS). Foram considerados para o estudo os endereços exatos ou aproximados, ou trecho único, ou identificado pelo CEP.

Variáveis independentes: o IVS, proposto e utilizado pela Secretaria Municipal de Saúde¹ mede a vulnerabilidade à saúde da população residente na cidade. Trata-se de um indicador composto (renda, escolaridade, saneamento, qualidade da moradia e densidade de moradores, perfil social do chefe de família, raça cor, estrutura de equipamentos e serviços públicos) para gestão focalizada de diagnóstico e oferta prioritária de serviços de saúde, segundo diretriz política de equidade do SUS. Ele foi utilizado como variável independente ou dependente, conforme o estudo realizado.

O IVS variou com o tempo, elaborado em 1998 com os dados do Censo Demográfico de 1991, a Contagem Populacional de 1996, e demais dados dos sistemas de informação em saúde e de urbanização do município sobre a divisão das áreas de abrangência por Regional Administrativo. Em 2003 ele foi recalculado, utilizou-se os dados do Censo de 2000 e a configuração espacial das áreas de abrangência vigente em 2003. Em 2012 houve revisão dos parâmetros, os dados do Censo Demográfico de 2010 foram utilizados com uma nova configuração espacial a partir da agregação de alguns setores censitários em unidades maiores². Esses períodos foram observados para as análises de ocorrência de dengue deste estudo. Para o período de 1996 a 2006 utilizou-se o IVS de 2003, e o período de 2007 a 2019 foi analisado em relação ao IVS de 2012. Os dados de população relativos aos censos de 2000 e 2010 foram obtidos junto ao IBGE.

https://ase.tufts.edu/commhealth/documents/pubStu_schultes_22years.pdf. doi: 10.1080/09603123.2019.1656801

¹ Secretaria Municipal de Saúde. (2013). Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS-BH) 2012. Prefeitura de Belo Horizonte. [asse:2020] https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/saude/2018/publicacoes-da-vigilancia-em-saude/indice_vulnerabilidade2012.pdf#7s8d6f87

² INDE - Catálogo de Metadados Geográficos. 2021. Área de Ponderação do Censo 2010. Belo Horizonte. <https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/api/records/fb466e24-5df7-4ec0-bfde-8da29c7accba>

Para o segundo estudo um conjunto de variáveis ambientais fizeram parte dos modelos de regressão sendo descritas em métodos do Objetivo 2. A base geográfica do setor censitário da cidade, fornecida pela Secretaria Municipal de Saúde foi obtida da Empresa de Informática e Informação do município de Belo Horizonte (PRODABEL).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais (CAAE 11548913.3.0000.5149) e pelo Comitê de Ética da Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte, em último adendo de março de 2019, conforme a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

5.3 Tipo de análises

5.3.1 Análise do Objetivo 1.

Análise do comportamento temporal dos casos de dengue no período de 2007 a 2020, descrição dos óbitos e vírus circulantes.

Os casos de dengue foram descritos por ano, segundo a classificação de gravidade (dengue, dengue com sinais de alarme e dengue grave) e suas incidências. Os tipos de vírus circulantes e sua predominância acompanharam a descrição da série estudada.

O modelo de estudo ecológico de séries temporais - Média móvel autorregressiva integrada sazonal – SARIMA $(p, d, q) (P, D, Q)^m$ foi utilizado para avaliar os componentes de tendência e sazonalidade e de seu ajuste¹. “Trata-se de uma extensão do modelo ARIMA, incluindo o componente sazonal. O número de períodos em cada estação é expresso pelo m , a ordem (número de defasagens) do modelo autorregressivo está representado pelo p , o grau de diferenciação (o número de vezes em que os dados tiveram valores passados subtraídos) é o d e finalmente a demonstração da ordem do modelo de média móvel é o D . As variáveis P, D, Q representam a ordem da autoregressão sazonal, da diferenciação sazonal, da média móvel sazonal².

“A inclusão do componente sazonal ao modelo se dá de maneira multiplicativa, e a representação de um modelo SARIMA $(p, d, q) \times (P, D, Q)^s$ pode ser escrita, de forma compacta:

$$\Phi(B^s) \phi(B) (1-B)^d (1-B^s)^D X_t = \Theta(B^s) \theta(B) Z$$

onde $\Phi(B^s)$ representam os coeficientes sazonais da autorregressão, $\Theta(B^s)$ representam os coeficientes sazonais das médias móveis, e $(1-B^s)$ é o operador diferença de ordem D , para a diferenciação sazonal da série”^{3,4}.

Os casos de 2007 a 2019 construíram o sistema lógico; dados do ano de 2015 foram

¹ Morettin P, Toloi C. 2006. Análise de séries temporais. São Paulo: E. Blücher.

² MORAIS, P. L. L. de; CASTANHA, P. M. S.; NASCIMENTO, G. I. L. A.; MONTARROYOS, U. R. Temporal analysis of dengue associated with climatic factors in Garanhuns, Pernambuco, Brazil, from 2010 to 2019. Research, Society and Development, [S. L], v. 9, n. 12, p. e22891211138, 2020.

³ Box, G. E. P. and G. M. Jenkins (1970). Time Series Analysis, Forecasting and Control. Holden-Day, San Francisco, California.

⁴ PACHECO, AGF. Estudo de influência de variáveis meteorológicas no aparecimento de casos graves de leptospirose em Salvador (BA) via modelos de series temporais. Dissertação (mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, p.26. 2001

utilizados para validação e previsão de 2016, e assim sucessivamente até a previsão do último ano da pesquisa, 2020. Para validar a escolha do modelo adotado foram comparados os valores reais com os previstos e seu intervalo de confiança de 95% (IC 95%), além da utilização dos valores de média absoluta de erro percentual (MAPE) e do teste U de Theil. Quando os resultados desses testes apresentaram valores menores que 1 (um) demonstraram a adequação da predição.

As incidências mensais foram transformadas, realizando acréscimo da primeira diferença à variável logarítmica com o propósito de tornar a série estacionária. Nos meses em que a ocorrência de dengue foi 0 (zero), foi-lhe atribuída uma unidade. O teste dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) verificou a presença de tendência e sazonalidade ($p \leq 0.05$). O teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF) foi realizado para pôr à prova a estacionariedade dos dados ($p \leq 0.05$).

Verificou-se a adequação de cada modelo por gráficos do histograma da *Autocorrelation Function* (ACF) e da *Partial Autocorrelation Function* (PACF) dos resíduos, além do teste de Ljung-Box para investigar a aleatoriedade desses resíduos (Ljung and Box 1978). Para comparar o ajuste de diferentes modelos foram empregados o critério de informação de Akaike (AIC) e dos modelos alternativos, de Hannan-Quinn e de Schwarz. As análises de séries temporais foram feitas por meio do software Gretl 1.9.12 (GNU *Regression, Econometrics and Time-series Library*).

5.2.1.a Resultados esperados

Conhecer antecipadamente a ocorrência de epidemias permitirá aos gestores o planejamento das intervenções no plano administrativo, além daquelas ligadas diretamente a transmissão dos vírus listadas no item 5.2.1^a. Alguns exemplos ilustram as oportunidades de planejamento oferecidas por um método de predição, dotação orçamentária, revisão de contratos e convênios, articulação com os municípios vizinhos, preparação de campanhas de educação em saúde. Estes procedimentos estão previstos pela gestão municipal, no entanto, muitos deles se arrastam no tempo, a exemplo de licitações para aquisição de equipamentos, medicamentos e contratação de recursos humanos.

5.2.2 Análise do Objetivo 2. Análise de interações entre a ocorrência de dengue, vulnerabilidade social, e as características particulares do ambiente natural urbano

Desenvolveu-se um estudo ecológico (cross-seccional), examinando a associação entre a incidência de casos de dengue por 100.000 habitantes em 2010 (variável de interesse) e a presença da vegetação (variável de exposição), medida pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada¹ (NDVI) e um conjunto de covariáveis. Este índice é um indicador que demonstra a intensidade de verde, estimado pelo contraste entre infravermelho próximo (que a vegetação reflete fortemente) e a luz vermelha (que a vegetação absorve). O NDVI é uma medida padronizada, geralmente reconhecida como vegetação saudável, quando os valores do NDVI são altos (>1). Os valores negativos são interpretados como menor ou nenhuma vegetação¹. A medida representou neste estudo a captura de imagens a cada 16 dias por mês no ano de 2010, em que foi gerada uma imagem NDVI mensal refletindo a condição mais verde de cada pixel da imagem e calculado a média das imagens mensais para produzir uma única imagem NDVI para o ano estudado por setor censitário.

Dos 3.936 setores censitários existentes², foram pesquisados neste trabalho 3.828 unidades, aninhados em 474 bairros de Belo Horizonte, durante a epidemia de dengue de 2010.

Para melhor estimar a associação entre a presença da vegetação e incidência da dengue, outras covariáveis foram adicionadas por setor censitário como o percentual de cobertura do solo de diferentes categorias de verde. Para reduzir o potencial viés de confusão, na mesma associação foi avaliado vulnerabilidade socioeconômica, densidade populacional, altura média das edificações, porcentagem de edificação da área do setor censitário, composição da cobertura do solo, altitude, padrões climáticos e efeitos fixos de vizinhança. Estas covariáveis foram coletadas também em 2010, quando possível, para corresponder ao período de tempo das variáveis de desfecho e exposição. O Índice de Vulnerabilidade em Saúde (IVS), indicador composto, mediu a vulnerabilidade socioeconômica da cidade. Para as variáveis climáticas, foi utilizado valores médios

¹ What is NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)? <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/#:~:text=Normalized%20Difference%20Vegetation%20Index%20%28NDVI%29%20quantifies%20vegetation%20by,distinct%20boundary%20for%20each%20type%20of%20land%20cover.>

² PBH .Prefeitura de Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Saúde. (2013a). Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS-BH) 2012. Prefeitura de Belo Horizonte.

anuais de temperatura diária, umidade relativa diária e precipitação total do setor censitário de 2010.

Quadro modelos de regressão binomiais negativos de efeitos mistos foram utilizados para estimar a associação entre a incidência de dengue e o verde. O primeiro incluiu NDVI, sem covariáveis, além de uma interceptação aleatória de vizinhança, β_{0j} (Equação 1).

$$\log(IR_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 greenness_{ij} + \beta_{0j} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

$$\log(IR_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 greenness_{ij} + \beta_2 vulnerability_{ij} + \beta_3 PD_{ij} + \beta_4 buildingheight_{ij} + \beta_5 buildingfootprint_{ij} + landcover_{ij}\delta + \beta_6 elevation_{ij} + weather_{ij}\gamma + \beta_{0j} + \varepsilon_{ij}$$

(2)

$$\log(IR_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 greenness_{ij} + \beta_2 vulnerability_{ij} + \beta_3 PD_{ij} + \beta_4 buildingheight_{ij} + \beta_5 buildingfootprint_{ij} + landcover_{ij}\delta + \beta_6 elevation_{ij} + weather_{ij}\gamma + \beta_{0j} + \beta_{1j} greenness_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

(3)

$$\log(IR_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 greenness_{ij} + \beta_2 vulnerability_{ij} + \alpha greenness_{ij} \times vulnerability_{ij} + \beta_3 PD_{ij} + \beta_4 buildingheight_{ij} + \beta_5 buildingfootprint_{ij} + landcover_{ij}\delta + \beta_6 elevation_{ij} + weather_{ij}\gamma + \beta_{0j} + \varepsilon_{ij}$$

(4)

onde: IR_{ij} é a taxa de incidência de dengue do setor censitário; i neighborhood; $greenness_{ij}$ é a média máxima anual de NDVI do setor censitário; $vulnerability_{ij}$ é o Índice de vulnerabilidade em saúde que mede a vulnerabilidade socioeconômica; PD_{ij} é a densidade populacional; $buildingheight_{ij}$ é a altura média do edifício construindo; $buildingfootprint_{ij}$ é o percentual da área do setor censitário coberta por edifícios; $landcover_{ij}$ é um vetor para composição de cobertura fundiária, incluindo a porcentagem de área censitária que é florestal, terra natural não florestal ou agricultura; $elevation_{ij}$ é a elevação média da terra em um setor censitário; $weather_{ij}$ é um vetor da média de temperatura média diária do setor censitário, a umidade relativa média diária e a precipitação total anual; β_{0j} é a interceptação aleatória do bairro; β_{1j} é a inclinação aleatória do bairro para $greenness_{ij}$; ε_{ij} é um erro aleatório.

Nos modelos restantes, incluímos covariáveis adicionais para vulnerabilidade socioeconômica, densidade populacional, altura média das edificações, porcentagem da área do setor censitário coberta por edificações, composição da cobertura do solo (% floresta, % terra natural não florestal, % terra cultivável), altitude e padrões climáticos (Equação 2). Além disso, adicionamos uma inclinação aleatória de vizinhança, β_{1j} , da vegetação para testar se seu coeficiente variava por vizinhança (Equação 3). Neste modelo, permitimos que o intercepto aleatório, β_{0j} , e a inclinação aleatória, β_{1j} , fossem correlacionados. Finalmente, incluímos um termo de interação entre verde da vegetação e vulnerabilidade socioeconômica para testar se a associação entre a taxa de incidência de dengue e verde foi modificada pela vulnerabilidade socioeconômica (Equação 4).

5.2.3.a Resultados esperados

Explorar os determinantes causais que levam às epidemias de dengue é um processo complexo. Até a oportunidade de medidas promissoras de controle da doença como modificação de *Ae. aegypti* com *Wolbachia* e obtenção de vacinas polivalentes de aplicação em massa, todos os esforços devem ser empregados para minimizar o agravo.

Clima, mobilidade, urbanização, densidade populacional são evidências científicas associadas aos ambientes de transmissão de dengue. O artigo “Disentangling associations between vegetation greenness and dengue in a Latin American city: Findings and challenges” explorou novas variáveis no campo dos determinantes de adoecimento por dengue. Os autores acreditam que adoção de ambientes saudáveis, a manutenção de áreas verdes, principalmente em comunidades de maior vulnerabilidade social, age na redução de casos de dengue. Espera-se ainda que essa orientação entre na pauta de discussão da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento, do Plano Diretor e ofereça mais um argumento para a defesa de políticas de proteção ambiental. *As epidemias são indicativos de defeitos produzidos pela organização política e social e consequentemente afetam principalmente aquelas classes que não participam dos benefícios da cultura*¹.

¹ Virchow apud Rosen, George. Da polícia médica à medicina social: ensaios sobre a história da assistência médica. Rio de Janeiro: Graal, 1979. p. 84.

Resultados

Artigo 1

Title: Dengue in Hyperendemic Urban Areas: temporal trends of cases and deaths from 2007 to 2020

Authors:

Maria da Consolação Magalhães Cunha¹, Bianca Conrad Bohm³, Maria Helena Franco Morais², Natalia Bruna Dias Campos¹, Olivia Lang Schultes¹, Fabio Raphael Pascoti Bruhn³, Waleska Teixeira Caiaffa¹

Short title: Importance of dengue prediction in hyperendemic areas

To be submitted to the International Journal of Environmental Health Research.

¹ Observatório de Saúde Urbana - Faculty of Medicine - Federal University of Minas Gerais (UFMG), Brazil

² Municipal Health Department of Belo Horizonte - City Hall de Belo Horizonte, MG, Brazil

³ Faculty of Veterinary Medicine - Federal University of Pelotas (UFPEL), Brazil

* Study carried out at the Urban Health Observatory (*Observatório de Saúde Urbana*) of the Faculty of Medicine, Federal University of Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte - MG - Brazil.

Correspondence address: Maria da Consolação Magalhães Cunha - Av. Alfredo Balena, 190 – chamber 730 - Belo Horizonte - MG – Brazil cep: 30130-100

E-mail: consolacaocunha@uol.com.br

Abstract

An arbovirus infection with extensive endemic occurrence in the Southern Hemisphere, dengue has multifactorial determinants, mainly associated with the stages of susceptibility of the population to the circulating virus and the degree of vector infestation. This study aimed to establish a temporal analysis of dengue cases and deaths in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, from 2007 to 2020. The ecological study design used case reports from the Notifiable Diseases Information System (Sinan) of the Ministry of Health to test and validate the Seasonal Autoregressive Mobile Media Integrated Model - SARIMA (3,1,1) (0,0,0)₁₂, which predicted the incidence of dengue between 2016 and 2020, totaling 463,566 cases. The variables temperature, humidity, vulnerability of the hosts, variability of the circulating virus, socioeconomic and cultural issues of the population were not used in the study. It is necessary to discuss the adaptation of the predictive model, mainly evaluating the confidence intervals presented. The increase in the number of severe cases and deaths (79.17% in 2016 - 50% in 2019) and the simultaneous circulation of the viruses (in 12 of the 14 years studied, DENV-1 predominated) characterized the hyperendemic, with epidemic peaks in 2010, 2013, 2016 and 2019 and higher seasonal intensity in March and April. The improvement of the models, with the exploration of other variables, and their forecast of cases by the local health services will allow anticipating the necessary control measures to face the epidemic in subsequent years. Keywords: time-series, dengue, vulnerability, epidemic, prediction

Introduction

Dengue, the most prevalent arbovirus infection in the world, is an infectious, febrile, and acute disease, endemic in more than one hundred countries in Africa, the Americas, the Eastern Mediterranean, Southeast Asia, and the Western Pacific (WHO 2020). The vector, the *Ae. aegypti* mosquito, was probably introduced to Brazil during the colonial period (between the 16th and 19th centuries), with the maritime traffic from Africa. Considered as eradicated in the 1950s, it was reintroduced in the late 1960s (Oliveira 2015). The four types of dengue viruses in circulation (DENV-1, DENV-2, DENV-3, and DENV-4) are present in Brazil (Fares et al. 2015; OPAS/OMS/Brazil 2019). Currently, *Ae. aegypti* has its epidemiological importance expanded as it also transmits the viruses of yellow fever, Zika fever, and chikungunya (Gubler 2011; Fares et al. 2015; Valle et al. 2016; Brazil 2017; OPAS/OMS/Brazil 2019).

In 2019, about three million dengue cases were reported in the Americas, reaching the largest historical record of the increase in the number of serious cases and deaths (ECDC 2020). That same year, a high incidence was observed in Brazil (782 cases/100,000 inhabitants), similar to that recorded in 2015, when the country faced the largest dengue epidemic in its history with 863 cases/100,000 inhabitants (Brazil 2019a). These high incidences show an increasing trend in the number of cases and severe cases in recent years (Campos et al. 2019).

The pattern of distribution of dengue cases in the Brazilian territory is both temporally and spatially heterogeneous. Belo Horizonte, the capital of the State of Minas Gerais, registered the first occurrences of dengue in 1996. Since then, it has faced epidemics characterized by an increasing number of cases in 1998, 2010, 2013, 2016, and 2019 (Pessanha et al. 2010; Campos et al. 2019; Belo Horizonte 2020). The municipality was relatively successful in the control of the number of cases and deaths in the period between 1998 and 2010, despite the problems that are characteristic of large and dense cities, which favor the permanence of *Ae. aegypti*, and the widespread presence of the virus in other municipalities in the region (Coelho 2008).

In recent epidemics, the increase in incidence, number of severe cases, and lethality exposed the complexity of disease control (Pessanha et al. 2009; Pollett et al. 2018; Campos et al. 2019; WHO 2020). This scenario confirms the need for continuous studies on the determinants of dengue epidemics (Antunes and Cardoso 2015).

The World Health Organization (WHO) defined dengue as a public health emergency of worldwide interest and revised the International Health Regulations to set priorities, highlighting the studies on dengue annual burden estimates and the need for case prediction (WHO 2012; WHO/TDR 2018). Similarly, in this study, we aimed to analyze the temporal behavior of cases and deaths from dengue in the period between 2007 and 2020 in an urban area to describe the temporal trends of cases, deaths, lethality, and circulating serotypes. The Seasonal Integrated Autoregressive Moving Average (SARIMA) prediction model, with data from 2007 to 2019, was used to predict the incidence of cases in 2016 to 2020.

Materials and methods

Study design and location

This is an ecological time-series study of confirmed cases of dengue in Belo Horizonte, between 2007 and 2020. The municipality of Belo Horizonte has an area of 331.4 km² and a population of 2,530,701 inhabitants, as estimated in 2020, with a population density of 7,167 inhabitants/km² (IBGE 2020). The Metropolitan Region of Belo Horizonte comprises 34 municipalities, with an estimated population of approximately 6.00¹ million inhabitants. The city is located at an average altitude of 900 meters, and the climate is subtropical, with two seasons, rainy and dry. The average monthly temperature is 23°C in the summer and 18°C in the winter. The average annual precipitation is 1,463 mm (Silva et al. 2017).

Data source and study variables

The data used come from the Information System for Notifiable Diseases (*Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan*) of the Ministry of Health, provided by the Municipal Health Department of Belo Horizonte. The database concordance with the monthly numbers of dengue cases was confirmed by the Urban Health Observatory (*Observatório de Saúde Urbana*) of Belo Horizonte, Faculty of Medicine, Federal University of Minas Gerais (UFMG), as part of the Structured Data Storage Environment of the Project BH-Viva (Friche et al. 2015). The dependent variables were the monthly incidence of dengue and the numbers of cases and death notifications that were confirmed, by laboratory or clinical criteria (Campos et al. 2019), between the years 2007 and 2020.

Descriptive analyzes

We carried out an exploratory analysis of the number of cases, variations in viral circulation each year, and the clinical classification of dengue, dengue with warning signs, severe dengue, and deaths. Among the different clinical presentations of the disease, patients may present self-limited febrile symptoms with gradual recovery (febrile phase). Dengue with warning signs occurs when there is an increase in vascular

¹ "Population Estimates". Brazilian Institute of Geography and Statistics. August 2020.

permeability and may evolve to shock due to plasma leakage (critical phase), which is classified as severe dengue (Brazil 2019b). Overall lethality was calculated dividing the total number of deaths by the total number of dengue cases. Likewise, the lethality rate for dengue with warning signs and severe dengue was calculated dividing the number of deaths in each clinical classification by the total number of the respective cases, over a period of time, and expressed as a percentage (Teixeira et al. 2015; Campos et al. 2019).

Temporal statistical analysis

The SARIMA time-series model was used to assess the components of trend and seasonality and their adjustment (Morettin and Toloï 2006). The cases from 2007 to 2019 were used to build the logical system (Figure 1A). SARIMA's ability to predict dengue cases one year into the future was tested by predicting known epidemic years (2016 and 2019) and non-epidemic years (2017, 2018 and 2020). The data from the year 2015 were used for validation and to predict 2016, and so on until the forecast of the last year of the research, 2020. To validate the choice of the adopted model, the real values were compared with those predicted, and its 95% confidence interval (CI 95%) calculated. In addition, the values of Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and the Theil-U statistic were used. Values lower than 1 (one) indicated the adequacy of the prediction.

The monthly incidences were transformed by adding the first difference to the logarithmic variable to make the series stationary (Figure 1B and Figure 2). In the months when the occurrence of dengue was 0 (zero), one unit was assigned. The method of least squares was used to verify trends and seasonality ($p \leq 0.05$). The augmented Dickey-Fuller (ADF) test was performed to test the stationarity of the data ($p \leq 0.05$).

The adequacy of each model was verified by graphs of the histogram of the Autocorrelation Function (ACF) and the Partial Autocorrelation Function (PACF) of the residues (Figure 3), in addition to the Ljung-Box test to investigate the randomness of these residues (Ljung and Box 1978). To compare the fit of different models, the Akaike information criterion (AIC) and the alternative Hannan-Quinn and Schwarz models were used. Time-series analyses were performed using the software Gretl 1.9.12 (GNU Regression, Econometrics and Time-series Library).

The study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Minas Gerais (CAAE 11548913.3.0000.5149) and by the Ethics Committee of the Municipal

Health Department of Belo Horizonte, according to Resolution 466/2012 of the National Health Council.

Results

In the period from 2007 to 2020, 463,566 dengue cases were registered in Belo Horizonte (Table 1). A higher occurrence of cases was observed between the months of February and May, mainly in the epidemic years 2010, 2013, 2016 and 2019. In the fourteen years studied, 2007 to 2020, the serotype DENV-1 circulated from 2008 to 2017, returning in 2019 and 2020 and was prevalent in twelve years. The DENV-3 serotype circulated in seven years, with a predominance in four of them. The DENV-4 serotype circulated in five years, with predominance only in 2013. The DENV-2 serotype circulated predominantly in two years, in the pre-epidemic year of 2009 and ten years later, in the 2019 epidemic (Table 2). Highlighting the other epidemic years, in 2010 the circulation of DENV-1 predominated, in 2013 it was DENV-4 and in 2016 DENV-1 again (Rabelo et al. 2020).

Of the total cases, the majority, 460,961 cases (99.4%), were classified as dengue, 2,471 (0.5%) as dengue with warning signs and 134 (0.02%) as severe dengue. The overall lethality rate in the period was 0.03% (125 deaths). Among the cases of dengue with warning signs, the fatality rate reached 1.57% (39 deaths) in the period, especially in 2008 (28,57%) and 2010 (13.11%). In cases classified as severe, this rate was 64.0% (86 deaths) in the period, with the years 2015 (25%), 2016 (79%) and 2019 (50%) standing out (Table 2).

Most of the diagnoses of the studied cases were obtained by clinical and epidemiological criteria, compared to diagnosis by laboratory criteria, according to the notifications. Laboratory diagnoses isolated the four serotypes. In fourteen years (Table 2), DENV-1 circulated in 12 years (85.71%), DENV-3 in seven (50%) and DENV-2 and DENV-4 in five years (35.71%).

Table 4 presents the graphs of the adequacy of the forecast by the proposed SARIMA model, with the respective MAPE and Theil's U values.

The predicted values (blue line) followed the observed values (red line) (Figure 4). The forecast with the SARIMA (3,1,1) (0,0,0) model seemed adequate for the entire series forecast. This model considered the 12-month seasonal pattern and predicted the epidemic in 2016 and 2019. The autoregression and moving average parameters showed

that the number of dengue cases in future periods can be estimated by the number of dengue cases that occurred in previous months.

The Sarima (3, 1, 1) (0, 0, 0) model tested was suitable to predict one year in the future for both epidemic years (2016 and 2019) (Figure 5A and 5D) and non-epidemic years (2017, 2018 and 2020) (Figure 5B, 5C and 5E). However, one should investigate the reason for such wide confidence intervals, which allows us to assess the robustness of the test.

The proximity of the actual number of dengue cases that occurred in 2016 (6,504.00 cases/100,000 population) and the number predicted by the SARIMA model (6,456.00 cases/100,000 population) and 2020 (189.29 cases/100,000 population) and the number predicted by the SARIMA model (138.41 cases/100,000 population) seem to show that the model can be used to predict the number of dengue cases in the future (Figure 5).

Discussion

Our study demonstrated the complexity of the hyperendemic occurrence of dengue fever in a large, dense and interconnected city. The last years of the studied time series showed the difficulties in controlling this endemic disease, given the increase in the number of dengue cases with warning signs and severe dengue and, consequently, the risk of death.

The estimation of the occurrence of future cases, based on predictive models such as SARIMA (3,1,1) (0,0,0), deserves further studies to obtain adjustments and acceptable confidence intervals. Researchers should investigate the availability and ease of use of the tool to address the challenges of surveillance for dengue and other arbovirus infections.

The severity of dengue cases can be explained by the prolonged effect of hyperepidemic periods with the circulation of multiple viral serotypes (Siqueira et al. 2005, Halstead 2007, Rodriguez-Barraquer et al. 2011, Oliveira et al. 2018, Díaz et al. 2019) and the increased risk of death for the elderly (Amâncio et al. 2014, Campos 2019, Nunes et al. 2019), probably associated with the difficulties in the clinical management of the disease at this age due to the high frequency of comorbidities (Nunes et al. 2019). Rodríguez-Barraquer et al. (2011) describe an association between successive dengue infections in Brazil and increased immunity in the elderly and the shift of morbidity and

mortality to younger age groups in a context of hyperendemicity. These divergent observations, specifically in relation to deaths, indicate the need for revisions of dengue surveillance time series for a better understanding of the behavior of variables in the complex causal determination that leads to disease and death.

When discussing the burden of the disease in Brazil, the low mortality and the importance of lethality from severe dengue are emphasized, resulting from the wide circulation of viral serotypes and the progression of the number of cases classified as severe (Araújo et al. 2017, Brazil 2019a). The increase in the number of cases and deaths indicates the importance of researching the determinants of illness, such as the presence of etiologic agents, population mobility, climate change, and disorderly urbanization.

Our results showed that the 2016 epidemic in Belo Horizonte was the most severe, given an incidence of 6,171.52 per 100,000 inh. (146,583 cases on estimated population of 2,375,151 inh.) and the number of deaths (60), which suggests a possible worsening of the situation in hyperendemic regions with successive occurrences (Rodríguez-Barraquer et al. 2011; Oliveira et al. 2018; Campos et al. 2019; Diaz et al. 2019), taking into account viral circulation (Gubler 2004; Schreiber et al. 2009; Ramos-Castañeda et al. 2017; Cortes et al. 2018), local characteristics in disease surveillance and vector control strategies, immunity, and population size (Pollett et al. 2018).

In 2019, a new epidemic in the municipality indicated the return of DENV-2, nine years after its last identification, with 116,467 confirmed cases, with 1,194 dengue cases with warning signs. Twenty-six deaths were reported among the 56 cases of severe dengue, representing a case fatality rate of 50%.

Ministry of Health guidelines (Brazil 2009) for epidemic prevention and control highlight the goal of reducing the overall dengue lethality rate to less than 1%, even if the differentiated immunity profile is identified among the population in regions not yet exposed to the set of viral serotypes. The reduction in the number of deaths among severe cases (from 2016 to 2019 difference of 36.04% and from 2019 to 2020 of 29.07%) is the result of improved diagnosis and control and the search for new and effective surveillance tools. Given the multifactorial nature of the disease, predicting its occurrence is essential to discuss projections of social and economic impacts in areas hyperendemic for dengue (Brazil 2019a).

Regarding temporal analyses, it is known that studies related to the seasonal pattern of dengue are important for understanding the dynamics of its occurrence (Martinez and Silva 2011). In Brazil, dengue followed a seasonal pattern, in which most cases occurred in the first half of the year, with a peak in March and April, in eight years of observation, from 2000 to 2007 (San Martin et al. 2010).

In Belo Horizonte, several studies have also found the highest incidence rates in March and April (Almeida et al. 2008; Cunha et al. 2016; Belo Horizonte 2016; Campos et al. 2019), corresponding to the end of the rainy season, when conditions are favorable for mosquito reproduction and survival. Waves of dengue outbreaks correlated to the presence of vectors and increased average temperatures and rainfall and humidity levels have been described in the municipality from 1996 to 2011 (Pessanha et al. 2012). These publications corroborate the results of the seasonality analysis (SARIMA) of the present study, which aligns the peak of annual cases.

Predicting infectious disease outbreaks using time series, and particularly SARIMA models, is the goal of several researchers (Gabriel et al. 2019). Modeling used to analyze time series of dengue incidence in Recife (PE) and Goiania (GO), in the Northeast and Midwest regions of Brazil, respectively, over a 13-year period (2001 to 2014), found that the pattern of A dengue transmission varied across municipalities. The ARIMA model showed a peak in 2002 followed by two peaks in 2010 and 2012 in Recife (PE), [non-seasonal ARIMA (1,1,3)]. In Goiania (GO), the SARIMA (1,0,2) (1,1,2) model showed an increase in incidence from December to May, coinciding with the rainy period in the region (Cortes et al. 2018). A study on similar periods in Ribeiro Preto (SP) (2000 to 2015) and São Paulo (SP) (2001 to 2015) found a SARIMA model (6,1,0) (2,0,0) able to predict the number of dengue cases in the year 2016, based on the previous two to 24 months in Ribeiro Preto (SP), and the previous 24 months in São Paulo (SP) (Gabriel et al. 2019). The authors described unique patterns of disease distribution according to regional differences and the time series studied.

Our study in Belo Horizonte, performed with the SARIMA (3,1,1) (0,0,0) model, estimated the number of dengue cases in 2020 from the cases that occurred in the period from 2007 to 2019, considering the 12-month seasonal pattern. However, it is important to emphasize the need to expand research and seek different prediction models to evaluate disease surveillance systems (Polwiang 2020). The models in this study did not demonstrate robustness considering the size of the confidence interval for all years

surveyed, it is necessary to investigate the variables that interfere with these results. It is known that a single modeling strategy may not be sufficient to accurately predict a dengue outbreak. It is emphasized that in this study variables such as socio-environmental conditions (Polwiang, 2020) were not used, a possibility to be evaluated by ARIMA, SARIMAX derivation. For this complementation, it will be necessary to have in hand the socio-environmental data of the municipality at the smallest territorial scale possible, considering the variations between census sectors (Chumpu et al. 2019, Cunha et al. 2021).

The limitations of the study stem from the use of secondary data that rely on a passive surveillance system. Such a system generally underestimates the actual number of cases, both asymptomatic and mild symptomatology (Pollett et al. 2018;) and severe cases, due to missing or incorrect classification at the time of reporting (Coelho et al. 2016). A seroepidemiological survey conducted in 2000 in Belo Horizonte showed an average seropositivity 5.4 times higher, in relation to the cases notified in the period (Cunha et al. 2008). Other studies in thirteen countries, including Brazil, confirm these parameters (Imai et al. 2016; Pollett et al. 2018). Other factors contributing to underreporting are the complex differential diagnosis of arbovirus infections (Waggoner et al. 2016) and the methods of data collection, processing and analysis, which are subject to different interpretations (Johansen et al. 2018; Angelo et al. 2020).

Case prediction as a tool for planning control actions at the municipal level, associated with other determinant variables and preventive measures, can highlight priorities in small areas of the urban territory and indicate the adoption of integrated strategies (Martinez and Silva 2011; WHO/ TDR 2018; Gabriel et al. 2019). The combination of time series and spatial distribution studies that consider vector biology, circulation of different viral serotypes, susceptible populations (Martinez and Silva 2011; Pollett et al. 2018) and socioenvironmental variables (Campos et al. 2019 , Rabelo et al. 2020) can subsidize actions to combat the vector.

Conclusion

In this study, analytical strategies were developed, collecting historical series data related to dengue in Belo Horizonte, to fill surveillance gaps, serving as a basis for discussion on the temporal variation of the disease in the municipality in the thirteen years studied, 2007 to 2020. The adoption of analytical tools may represent a potential

research tool, if its limits are identified and if they are methodically integrated into surveillance services. The prediction of cases allows triggering control actions in an agile and effective way. Statistical models such as SARIMA can be used to monitor the occurrence, predict the incidence of dengue and prepare surveillance and health services response to epidemics in time, thus improving patient care and health education in real time. The results also open up prospects for new predictive studies that incorporate other variables into the model and allow for a deeper understanding of this issue and its application in the surveillance of arbovirus infections.

Acknowledgments

We thank the epidemiological surveillance and zoonoses control services of the Municipal Health Department (*Secretaria Municipal de Saúde*) of Belo Horizonte, the team at the *Observatório de Saúde Urbana de Belo Horizonte* (OSUBH), responsible for the project BH-Viva. This research is a collaboration with the Oswaldo Cruz Foundation (Fiocruz), financed by the National Health Fund (*Fundo Nacional de Saúde*), under which the subproject Dengue was carried out.

We are also grateful to CNPq for the research fellowships of WTC and AALF and to the Fulbright Student Research program, in partnership with the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* - CAPES.

References

1. ALMEIDA MCDM, ASSUNÇÃO RM, PROIETTI FA, CAIAFFA WT. 2008. Dinâmica intra-urbana das epidemias de dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1996-2002. (2008) *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro. 24 (10): 2385-2395.
2. AMÂNCIO FF, HERINGETP, OLIVEIRA CCHB, FASSY LB, CARVALHO FBD, OLIVEIRA DP, OLIVEIRA CDD, BOTONIFO, MAGALHÃES FDC, LAMBERTUCCI JR et al. 2015. Clinical Profiles and Factors Associated with Death in Adults with Dengue Admitted to Intensive Care Units, Minas Gerais, Brazil. *PLoS ONE* 10(6). [accessed 25 June 2019]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129046>
3. ÂNGELO M, RAMALHO WM, GURGEL H, BELLE N, PILOT E. 2020. Dengue Surveillance System in Brazil: A Qualitative Study in the Federal District. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17 (6): 2062. [accessed 25 June 2019]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32244954/>

4. ANTUNES JLF, CARDOSO MRA. 2015. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 24 (3): 565-576.
5. ARAÚJO, VEM de et al. Aumento da carga de dengue no Brasil e unidades federadas, 2000 e 2015: análise do Global Burden of Disease Study 2015. *Revista Brasileira de Epidemiologia* [online]. 2017, v. 20, n. Suppl 01 [Acessado 3 Novembro 2021], pp. 205-216. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1980-5497201700050017>>. ISSN 1980-5497. <https://doi.org/10.1590/1980-549720170005001>
6. BELO HORIZONTE City Hall. Vulnerability Assessment to Climate Change in the Municipality of Belo Horizonte – Brazil. Summary for Policymaker. November 2016. [accessed 25 June 2019]. <https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F5818%2F1468525727Sumario+Executivo+PBH.pdf>.
7. BELO HORIZONTE. Prefeitura de Belo Horizonte. Dengue. Número de casos. 2020. [accessed 25 June 2019]. <https://prefeitura.pbh.gov.br/saude/informacoes/vigilancia/vigilancia-epidemiologica/doencas-transmissiveis/dengue>.
8. BOX, G. E. P. and G. M. JENKINS (1970). *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco, California.
9. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2009. 160 p. [accessed 25 June 2019]. http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_control_e_dengue.pdf
10. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vírus Zika no Brasil: a resposta do SUS [recurso eletrônico] – Brasília: Ministério da Saúde, 2017. [accessed 25 June 2019]. http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/virus_zika_brasil_resposta_sus.pdf.
11. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância em saúde no Brasil 2003|2019: da criação da Secretaria de Vigilância em Saúde aos dias atuais. 2019a. *Bol. Epidemiol.* 50(n.esp.): 1-154. [accessed 25 June 2019]. <http://www.saude.gov.br/boletins-epidemiologicos>.
12. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. Guia de Vigilância em Saúde: volume único [recurso eletrônico]. 2019b. 3ª. ed. – Brasília. 740 p. [accessed 25 June 2019]. http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_3ed.pdf
13. CAMPOS NBD, MORAIS MHF, CEOLIN APR, CUNHA MDCM; NICOLINO RR, SCHULTES OL, FRICHE AADL AND CAIAFFA WT. 2019. Twenty-Two years of dengue fever (1996-2017): an epidemiological study in a Brazilian city, *International Journal of Environmental Health Research*. [accessed 25 June 2019]. <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1656801>

14. COELHO GE. Dengue: desafios atuais. 2008. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 17 (3): 231-233.
15. COELHO GE, LEAL PL, CERRONI MDP, SIMPLICIO ACR, SIQUEIRA JB, JR. 2016. Sensitivity of the Dengue Surveillance System in Brazil for Detecting Hospitalized Cases. *PLoS Negl Trop Dis* 10(5). [accessed 25 June 2019].
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004705>
16. CORTES F, MARTELLI CMT, XIMENES RADA, MONTARROYOS UR, SIQUEIRA JB JR, CRUZ OG, ALEXANDER N, DESOUZA WV. 2018. Time series analysis of dengue surveillance data in two Brazilian cities. *Acta Tropica*. 182: 190-197.
17. CUNHA MDCM, CAIAFFA WT, OLIVEIRA CDL, KROON EG, PESSANHA JEM, LIMA JA, PROIETTI FA. 2008. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. *Epidemiol. Serv. Saúde*. 17 (3): 217 – 230.
18. CUNHA MDCM, PESSANHA JEM, CAIAFFA WT. Understanding the sensitivity of dengue to climate and urban risk factors in Minas Gerais State, Brazil. IN: WHO/WMO. (2016) *Climate Services for Health: Improving public health decision-making in a new climate*. Eds. J. Shumake-Guillemot and L. Fernandez-Montoya. Geneva. [accessed 17 November 2019].
http://www.sadieryan.net/uploads/1/3/4/4/13440807/who-wmo_case_studies_draft_full_2.pdf.
19. CUNHA, MDCM; JU, Y. ; MORAIS, MHF; DRONOVA, I.; RIBEIRO, SP ; BRUHN, FRP ; LIMA, LL ; SALES, DM ; SCHULTES, OL; RODRIGUEZ, DA ; CAIAFFA, WT. Disentangling associations between vegetation greenness and dengue in a Latin American city: Findings and challenges. *Landscape and urban planning*, 2021-12, Vol.216, p.104255.
20. CHUMPU R, KHAMSEMANAN N, NATTEE C (2019) The association between dengue incidences and provincial-level weather variables in Thailand from 2001 to 2014. *PLoS ONE* 14(12): e0226945. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226945>
21. DÍAZ Y, CHEN-GERMÁN M, QUEIROZ E, CARRERA JP, CISNEROS J, MORENO B, CEREZO L, MARTINEZ-TORRES AO, MORENO L, BARAHONA DE MOSCA I, et al. Molecular Epidemiology of Dengue in Panama: 25 Years of Circulation. *Viruses*. 2019. 20; 11(8): 764.
22. EHLERS. Ricardo Sandes. ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS. 4ª ed. © 2003-2007. [accessed 10 Jun. 2020].
<http://www.each.usp.br/rvicente/AnaliseDeSeriesTemporais.pdf>

23. EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL (ECDC). An agency of the European Union. Dengue worldwide overview. Situation update, 20 February 2020. [accessed 10 april 2020]. <https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-monthly>.
24. FARES RCG, SOUZA KPR, AÑEZ G, RIOS M. 2015. Epidemiological Scenario of Dengue in Brazil. *Biomed Res Int.* 2015: 321873. [accessed 10 april 2019]. <https://doi.org/10.1155/2015/321873>
25. FRICHE AADL, DIAS MADS, REIS PBD, DIAS CS, CAIAFFA WT. 2015. Intervenções de requalificação urbana e o impacto na saúde: protocolo de estudo “quasi-experimental” com métodos mistos – Projeto BH-Viva. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 31(1) p. 51-64
26. GABRIEL AFB, ALENCAR AP, MIRAGLIA SGEK. 2019. Dengue outbreaks: unpredictable incidence time series. *Epidemiology and Infection* 147, e116, 1–7. [accessed 30 December 2019]. <https://doi.org/10.1017/S095026881900031>
27. GUBLER DJ. Cities spawn epidemic dengue viruses. *Nat Med.* 2004; 10(2): 129-130.
28. GUBLER DJ. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21(st) Century. 2011. *Trop Med Health.* 39(4): 3 -11.
29. HALSTEAD SB. 2014. Dengue antibody-dependent enhancement: knowns and unknowns. *Microbiol Spectrum* 2(6): AID-0022-2014. doi:10.1128/microbiolspec.AID-0022-2014.
30. LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*.v.65, p. 297–303, 1978.
31. IMAI N, DORIGATTI I, CAUCHEMEZ S, FERGUSON NM. 2015. Estimating Dengue Transmission Intensity from Sero-Prevalence Surveys in Multiple Countries. *PLoS Negl Trop Dis* 9(4): e0003719. [accessed 25 june 2019]. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003719>.
32. JOHANSEN IC, DOCARMO RL, CORREIA AL, BUENO MDCD. Environmental and demographic determinants of dengue incidence in Brazil. *Rev. Salud Publica* [Internet]. 2018. [accessed 25 june 2019]. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012400642018000300346 &lng=en.
33. MARTINEZ E Z, DASILVA EAS. Predicting the number of cases of dengue infection in Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil, using a SARIMA model. *Cad. Saúde Publica*, Rio de Janeiro, 27 (9): 1809-1818, 2011. [accessed 24 february 2019]. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2011000900014&lng=en&nrm=iso.
34. MORETTIN P, TOLOI C. 2006. *Análise de séries temporais*. São Paulo: E. Blücher.

35. NUNES PCG, DAUMAS RP, SÁNCHEZ-ARCILA JC, NOGUEIRA RMR, HORTA MAP, DOSANTOS FB. 2019. 30 years of fatal dengue cases in Brazil: a review. *BMC Public Health* 19, 329. [accessed 24 february 2019]. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6641-4>
36. OLIVEIRA, R.L. D. 2015. Biologia e comportamento do vetor. In: Valle D, Pimenta DN, Cunha RV, organizadores. *Dengue: Teorias e Práticas*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; p.75 – 92.
37. OLIVEIRA RDMAB, ARAUJO FMDC, CAVALCANTI LPDG. 2018. Aspectos entomológicos e epidemiológicos das epidemias de dengue em Fortaleza, Ceará, 2001-2012. *Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília*, v. 27, n. 1. [accessed 12 april 2020]. http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742018000100014&lng=pt&nrm=iso.
38. OPAS/OMS/Brasil. Organização Pan-Americana da Saúde - Organização Mundial da Saúde - Brasil. 2019. Folha informativa – Dengue e dengue grave. Atualizada em março de 2019. [accessed 12 november 2019]. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5963:folha-informativa-dengue-e-dengue-grave&Itemid=812.
39. PESSANHA JEM, CAIAFFA WT, CÉSAR CC, PROIETTI FA. 2009. Avaliação do Plano Nacional de Controle da Dengue. *Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro*, 25 (7): 1637-1641.
40. PESSANHA JEM, CAIAFFA WT, KROON EG, PROIETTI FA. 2010. Dengue em três distritos sanitários de Belo Horizonte, Brasil: inquérito soropidemiológico de base populacional, 2006 a 2007. *Pan American Journal of Public. Health, Washington*, 27 (4): 252-258.
41. PESSANHA JEM, CAIAFFA WT, ALMEIDA MCDM, BRANDÃO ST, PROIETTI FA. 2012. Diffusion Pattern and Hots spot Detection of Dengue in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Journal of Tropical Medicine*. [accessed 12 november 2019]. <https://doi.org/10.1155/2012/760951>
42. POLLETT S, MELENDEZ MC, MALKOVICH BI, DUCHENE S, SALJE H, CUMMINGS DAT, JARMAN RG. 2018. Understanding dengue virus evolution to support epidemic surveillance and counter-measure development. *Infection, Genetics and Evolution*, 62, 279–295.
43. POLWIANG, SITTISEDE. (2020). The time series seasonal patterns of dengue fever and associated weather variables in Bangkok (2003-2017). *BMC Infectious Diseases*. 20. 10.1186/s12879-020-4902-6.
44. RABELO, ACL et al. Caracterização dos casos confirmados de dengue por meio da técnica de linkage de bancos de dados, para avaliar a circulação viral em Belo Horizonte, 2009-2014. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* [online]. 2020, v. 29, n. 3 [Acessado 10 nov. 2021], e 2019354. Disponível em: <<https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000300016>>. Epub 12 Jun 2020.
45. RAMOS-CASTAÑEDA J, SANTOS FB, MARTÍNEZ-VEGA R, ARAUJO JMG, JOINT G, SARTI E. 2017. Dengue in Latin America: Systematic Review of

- Molecular Epidemiological Trends. PLOS Neglected Tropical Diseases (NTDs). [accessed 12 november 2019]. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005224>
46. REIS, MM. Análise de Séries Temporais, 2015. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~marcelo.menezes.reis/Cap4.pdf>. Acesso em 30 de Novembro de 2020.
 47. RODRIGUEZ-BARRAQUER I, CORDEIRO MT, BRAGA C, SOUZA WV, MARQUESE T, CUMMINGS DA. 2011. From Re-Emergence to Hyperendemicity: The Natural History of the Dengue Epidemic in Brazil. PLoS Negl Trop Dis. 5 (1). [accessed 12 november 2019]. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000935>
 48. SAN MARTÍN JL, BRATHWAITE O, ZAMBRANO B, SOLÓRZANO JO, BUCKINGHAM A, DAYAN GH, GUZMÁN MG. 2010. The epidemiology of dengue in the Americas over the last three decades: a worrisome reality. Am J Trop Med Hyg. 2010 Jan; 82(1):128-35.
 49. SCHREIBER MJ, HOLMES EC, ONG SH, SOH HSH, LIU W, TANNER L, AW PPK, TAN HC, NG LC, LEO YS, LOW et al. 2009 Genomic epidemiology of a dengue virus epidemic in urban Singapore. Journal of Virology. 83(9): 4163-4173.
 50. SILVA MR, MOURA FP, JARDIM CH. O diagrama de caixa (Box Plot) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais - Brasil. 2017. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, (n.01): p. 023-040. [acessado em 25 de junho de 2020]. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233949/27420>
 51. SIQUEIRA JB JR, MARTELLI CM, COELHO GE, SIMPLICIO AC, HATCH DL. 2005. Dengue and dengue hemorrhagic fever, Brazil, 1981-2002. Emerg Infect Dis. 11(1): p. 48-53.
 52. TEIXEIRA MG, COSTA MDCN, BARRETO ML, BARRETO FR. 2015. EPIDEMIOLOGIA DA DENGUE. IN: VALLE D, PIMENTA DN, CUNHA RV, organizadores. Dengue: Teorias e Práticas. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; p. 293
 53. VALLE D, PIMENTA DN, AGUIAR R. 2016. Zika, dengue e chikungunya: desafios e questões. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 25, n. 2, p. 419-422. [accessed 2 november 2019]. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222016000200419&lng=en&nrm=iso.
 54. WAGGONER JJ, GRESH L, VARGAS MJ, BALLESTEROS G, TELLEZ Y, SODA KJ, SAHOO MK, NUÑEZ A, BALMASEDA A, HARRIS E ET AL. BA. 2016. Viremia and Clinical Presentation in Nicaraguan Patients Infected With Zika Virus, Chikungunya Virus, and Dengue Virus. Clin Infect Dis. 63(12):1584-1590.
 55. WHO. World Health Organization. 2012. Library Cataloguing-in-Publication Data. Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020. [accessed 15 march 2020] <https://www.who.int/denguecontrol/9789241504034/en/>

56. WHO. World Health Organization. 2018. A toolkit for national dengue burden estimation. World Health Organization. [accessed 2 november 2019]. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/277257>
57. WHO. World Health Organization. 2020. Dengue and severe dengue. Key facts [Internet]. [accessed 15 march 2020]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>

Anexos Artigo 1

Table 1. Monthly and annual cases of dengue in Belo Horizonte, 2007 to 2020.

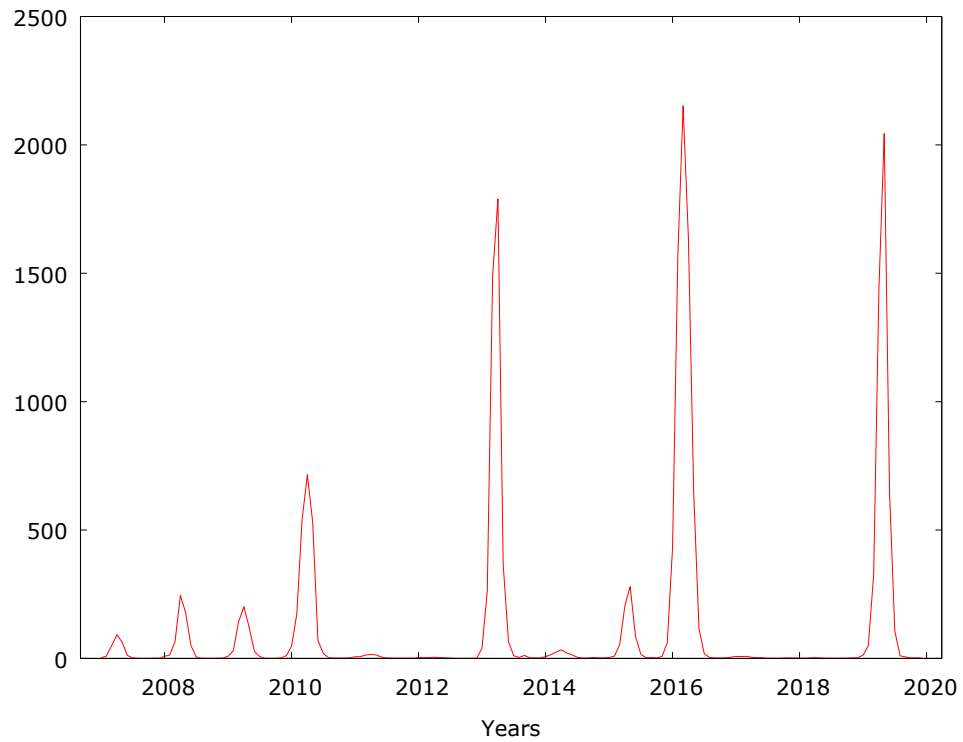
Months/year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
January	46	161	145	2,023	142	104	1,246	207	73	16555	192	42	402	419	21,757
February	190	253	591	6,162	208	42	9,214	327	182	41751	165	29	1,670	994	61,778
March	1,273	1,726	3,250	12,607	292	84	36,803	560	1,225	41770	195	50	9,884	1,441	111,160
April	2,349	4,953	4,056	15,911	371	139	39,076	832	4,122	32630	84	70	33,378	898	138,869
May	913	3,815	2,973	10,699	288	41	5,622	419	7,185	11645	72	43	55,905	524	100,144
June	188	1,373	470	741	91	53	1,104	279	1,689	1586	50	28	13,122	161	20,935
July	50	105	155	409	42	22	230	69	326	354	12	21	1,797	97	3,689
August	7	15	13	58	24	9	73	30	71	54	29	14	145	47	589
September	6	11	5	28	22	9	276	41	72	40	19	21	67	35	652
October	7	11	9	39	28	7	58	85	38	53	46	39	56	31	507
November	20	27	56	31	29	15	41	46	184	52	41	50	29	85	706
December	21	19	286	54	20	48	45	34	2015	93	34	58	12	41	2,780
Total	5,070	12,469	12,009	48,762	1,557	573	93,788	2,929	17,182	146,583	939	465	116,467	4,773	463,566

Table 2. Annual dengue cases and deaths by clinical presentation, and annual circulating serotypes in Belo Horizonte, 2007 to 2020.

Cases/lethality by clinical/ circulating serotype	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Total	5,070	12,469	12,009	48,762	1,557	573	93,788	2,929	17,182	146,583	939	465	116,467	47,73	463,566
Classic dengue cases	5,055	12,461	11,967	48,638	1,545	571	93,589	2,905	17,013	145,840	927	457	115,221	4,772	460,961
Dengue cases with warning signs	15	7	42	122	12	2	198	23	165	671	12	8	1,194	0	2,471
Severe dengue cases	0	1	0	2	0	0	1	1	4	72	0	0	52	1	134
Total deaths	1	2	1	16	0	0	7	2	1	60	0	0	34	1	125
Deaths from dengue with warning signs	1	2	1	16	0	0	6	2	0	3	0	0	8	0	39
Deaths from severe dengue	0	0	0	0	0	0	1	0	1	57	0	0	26	1	86
Total lethality	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.07	0.01	0.04	0.00	0.00	0.03	0.02	
Lethality of severe dengue cases (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	25.00	79.17	0.00	0.00	50.00	100.00	
Lethality of dengue cases with warning signs (%)	6.67	28.57	2.38	13.11	0.00	0.00	3.03	8.70	0.00	0.45	0.00	0.00	0.67	0.00	
Circulating serotype(s)	3	1,2,3	1, 2, 3	1, 2, 3	1	1, 4	1, 4	1, 4	1, 4	1, 3	1	0	1,2,3,4	1,2,3	
Predominant circulating serotype	3	3	2, 3	1	1	1	4	1	1	1	1	0	2	3	

Figure 1: Temporal series of dengue cases and logarithmically transformed dengue cases in Belo Horizonte, 2007 to 2019

A – Time series of dengue cases, 2007-2019



B – Time series of dengue cases with logarithmic base, 2007-2019

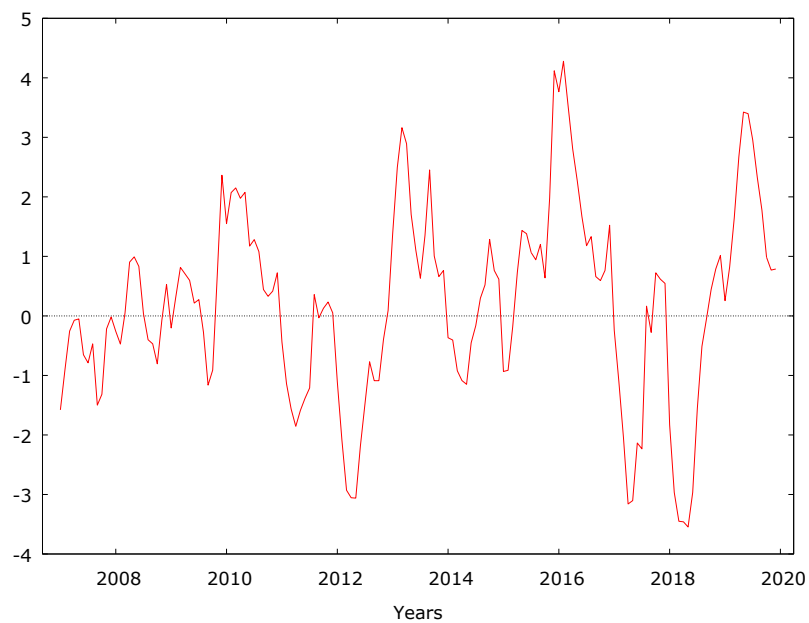


Figure 2: Time series of transformed stationary dengue cases in Belo Horizonte, 2007 to 2019.

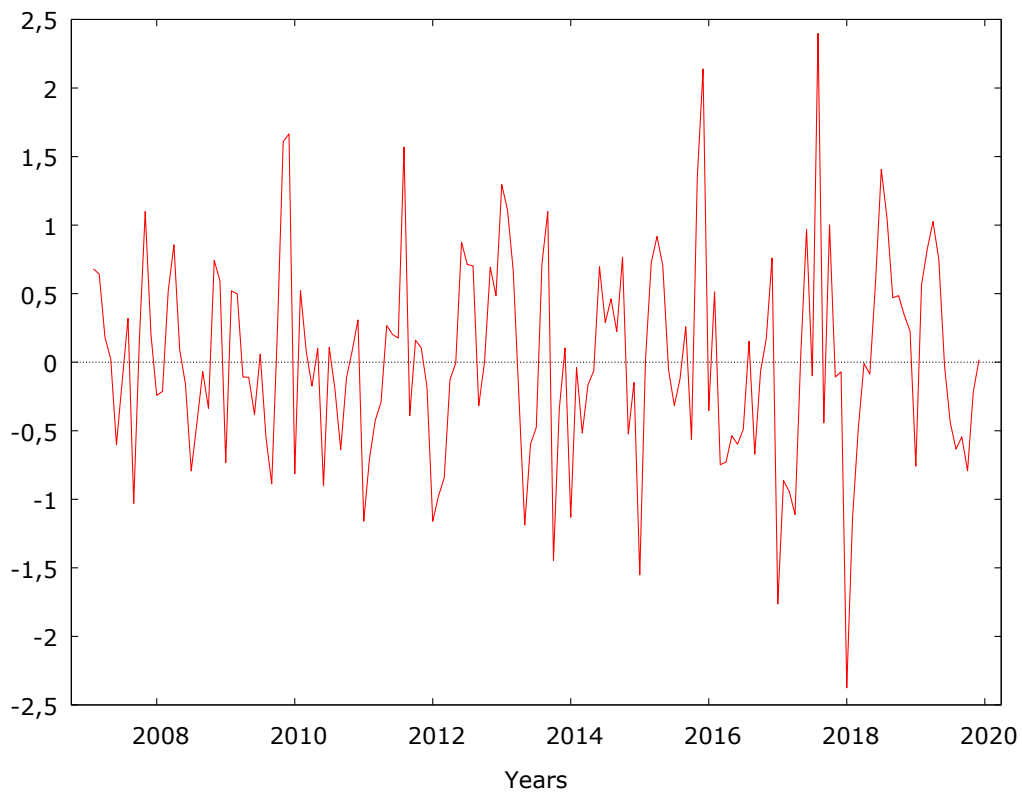


Figure 3: Autocorrelation Function (ACF) and Partial Autocorrelation Function (PACF) plot of original dengue incidence. 2007 – 2019

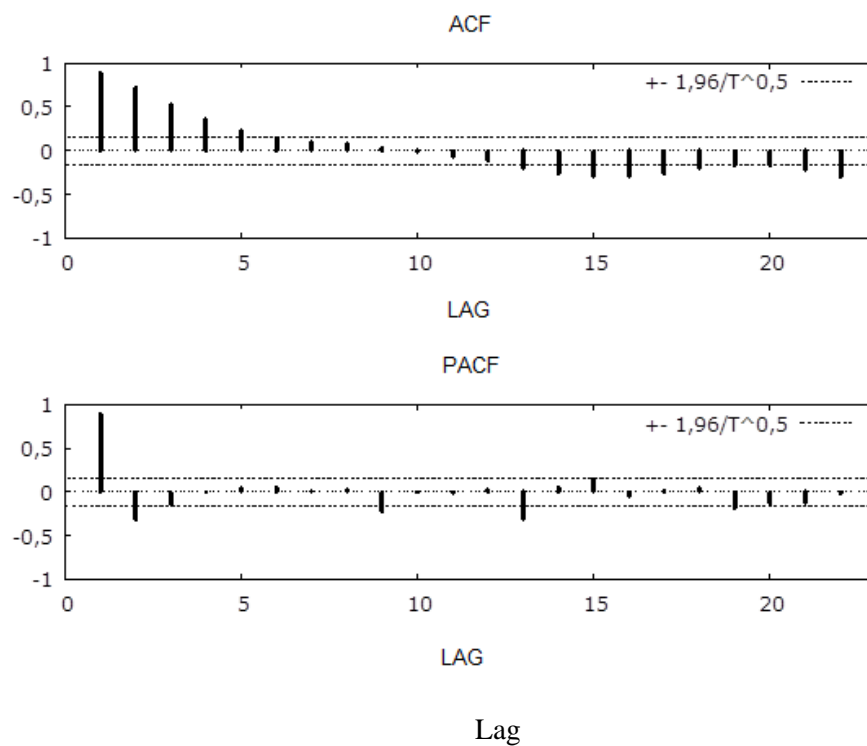
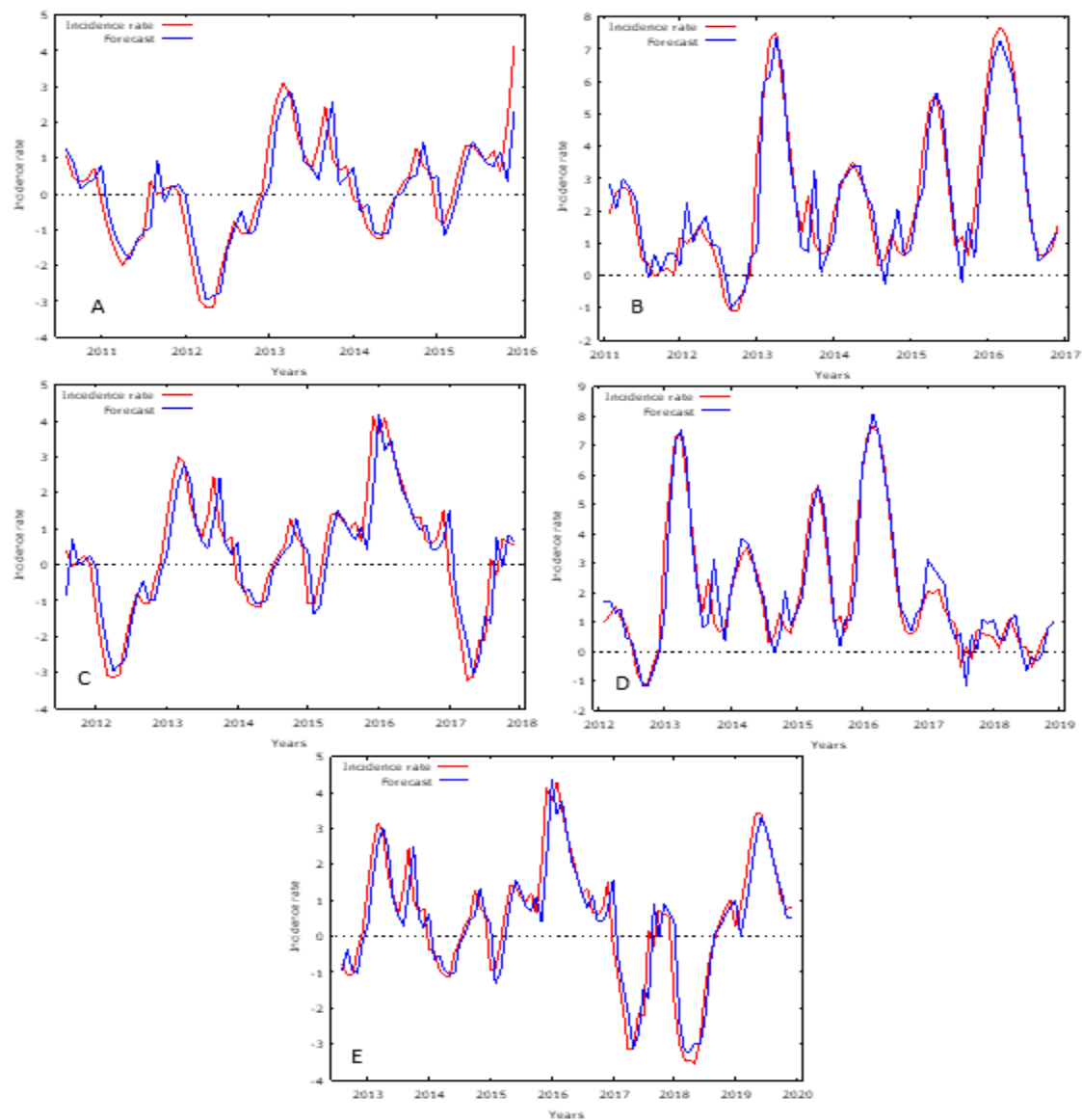


Figure 4. Estimated and observed dengue incidence rate in Belo Horizonte, (A) 2016, (B) 2017, (C) 2018, (D) 2019 and (E) 2020. Red line represents actual values; blue line represents values estimated using SARIMA (3,1,1) (0,0,0)₁₂ model.

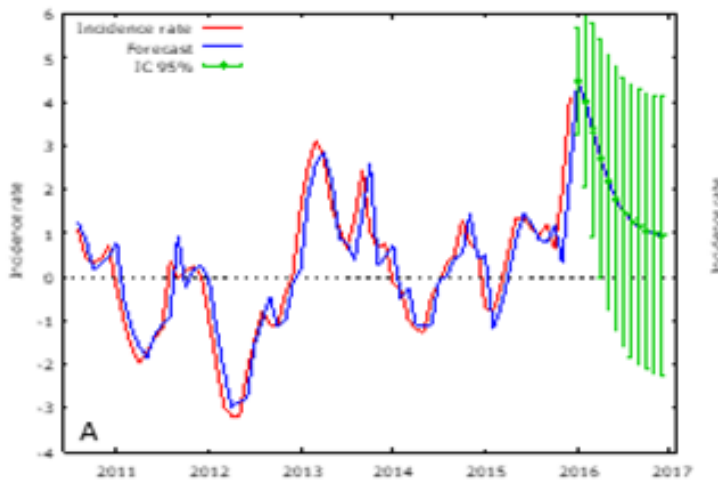


Subtitle: MAPE and U of Theil values for dengue forecasts in Belo Horizonte:

- (A) 2016: MAPE: 68,372; U de Theil: 0,83188. (B) 2017: MAPE: 11,4; U de Theil: 0,40811.
 (C) 2018: MAPE: 127,66; U de Theil: 0,97441. (D) 2019: MAPE: 168,47; U de Theil: 0,99832.
 (E) 2020: MAPE: 30,309; U de Theil: 0,98145.

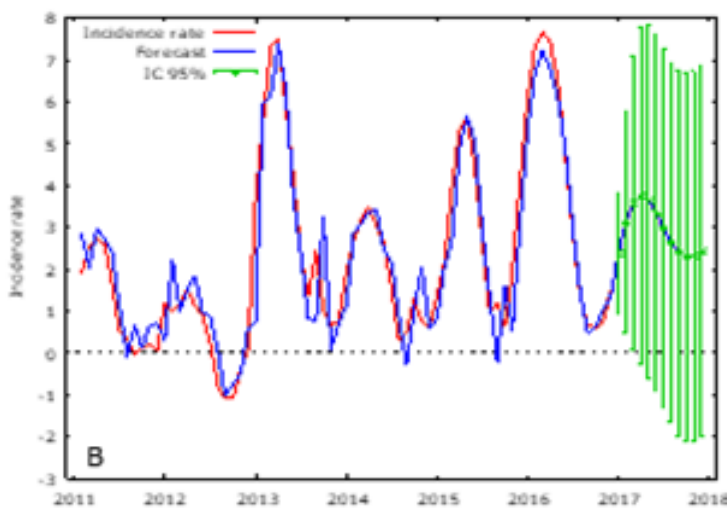
Figure 5: Estimated and observed dengue incidence rate in Belo Horizonte, using a time frame de 2007 to 2015, and prediction for 2016 (A), 2007 to 2016 and prediction 2017 (B), 2007 to 2017 prediction 2018 (C), 2007 to 2018 prediction 2019 (D) and 2007 to 2019 prediction 2020 (E). Red line represents actual values; blue line represents values estimated using SARIMA (3,1,1) (0,0,0)₁₂ model; green bars represent 95% confidence interval.

From 2007 to 2015, forecast for 2016 (A)



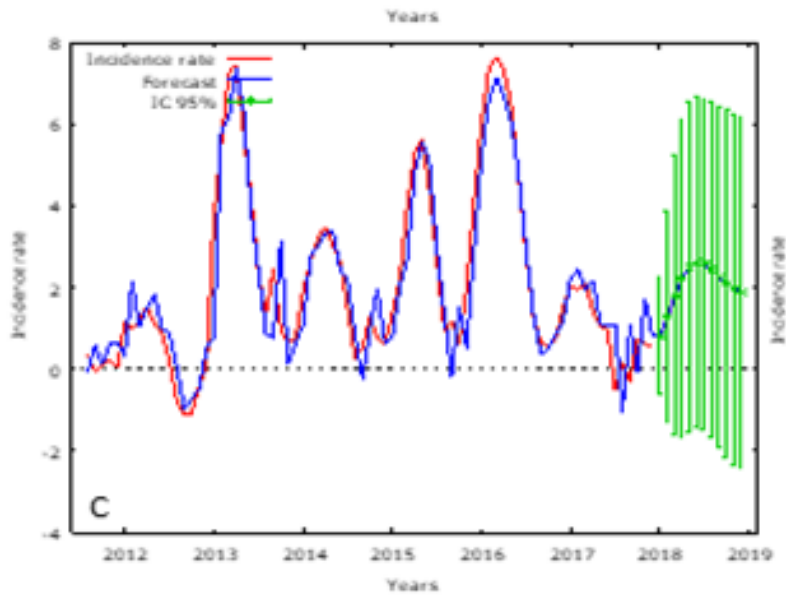
2016 - Estimated dengue incidence /100,000	Observed dengue incidence /100.000	MAPE	U de Theil
6123,50	5817,58	68,372	0,83188

From 2007 to 2016, forecast 2017 (B)



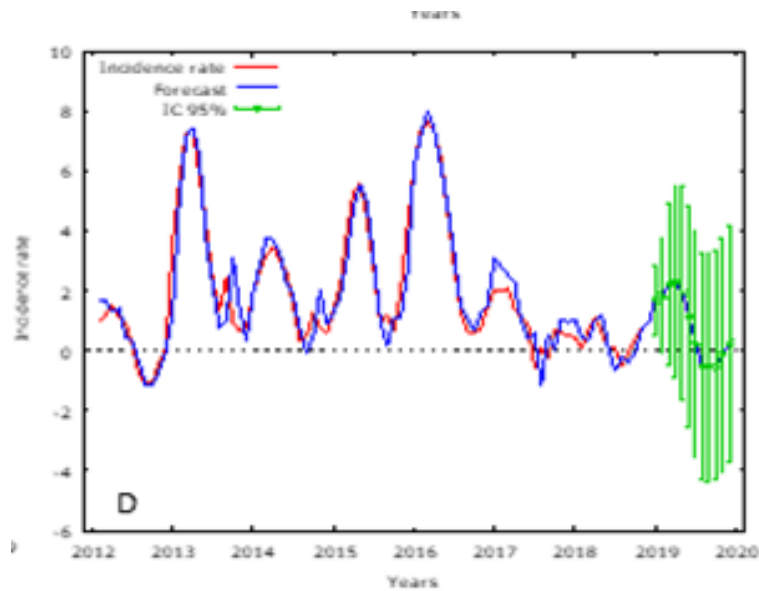
2017 - Estimated dengue incidence /100,000	Observed dengue incidence /100.000	MAPE	U de Theil
33,62	37,24	11,4	0,40811

From 2007 a 2017, forecast for 2018 (C)



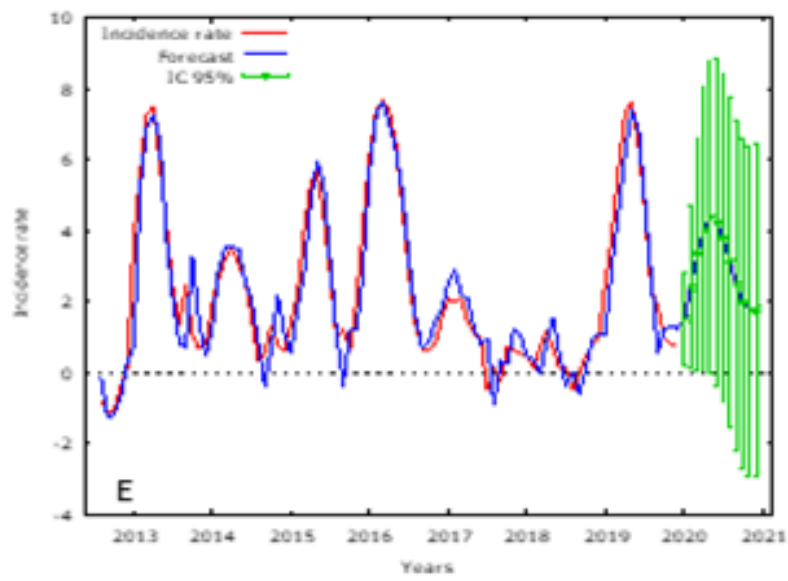
2018 - Estimated dengue incidence	Observed dengue incidence	MAPE	U de Theil
100,000	100,000		
11,48	18,44	127,66	0,97441

From 2007 a 2018, forecast for 2019 (D)



2019 - Estimated dengue incidence	Observed dengue incidence	MAPE	U de Theil
100,000	100,000		
3227,18	4610,31	168,47	0,99832

From 2007 a 2019 forecast for 2020 (E)



2020 - Estimated dengue incidence	Observed dengue incidence	MAPE	U de Theil
100,000	100,000		
138,41	189,29	30,309	0,98145

Artigo 2

Disentangling associations between vegetation greenness and dengue in a Latin American city: Findings and challenges

Maria da Consolação Magalhães Cunha,^{a,b} Yang Ju,^{c,*} Maria Helena Franco Morais,^d Iryna Dronova,^e Sérgio Pontes Ribeiro,^f Fábio Raphael Pascoti Bruhn,^g Larissa Lopes Lima,^{a,h} Denise Marques Sales,^a Olivia Lang Schultes,^a Daniel A. Rodriguez,ⁱ and Waleska Teixeira Caiaffa^a

1. Introduction

Approximately 390 million dengue cases occur globally every year (Bhatt et al., 2013). In South America, there is a high prevalence of dengue in many urban areas. However, dengue once appeared to be under control, and recurring outbreaks make it a reemerging infectious disease. The elimination of *Aedes aegypti*, the main dengue vector, by mosquito eradication programs effectively controlled the dengue epidemic in the Americas in the 1950s and 1960s (Gubler, 2011). However, dengue returned to the Antilles in 1960 and reached South America at the end of that decade. Since then, dengue has become more intense and has been affecting mainly large urban centers in different regions (Gubler, 2011, San Martín et al., 2010, Wilcox and Colwell, 2005). Unplanned urbanization, along with ineffective mosquito control, changes in lifestyles, globalization, and international travel, have contributed to dengue's reemergence in both endemic and non-endemic areas (Buonsenso et al., 2014, Gubler, 2011). *Aedes aegypti* is a domesticated mosquito that develops in man-made containers in the urban environment, and the mosquito's abundance raises with urbanization (Higa, 2011, Powell and Tabachnick, 2013). Urban planning and management have the potential to reduce the risk of vector-borne diseases, through improving the built environment, green spaces, housing conditions, and sanitation (Degroote et al., 2018, Lee, 1994, Lindsay et al., 2017, Ogden, 2016). Studying the associations between dengue incidence and the aforementioned factors at the urban neighborhood scale is critical to identify markers of elevated risk and opportunities for intervention (Spencer, Finucane, Fox, Saksena, & Sultana, 2020), refine disease prevention guidance, and increase resident's participation in managing natural and human habitats.

Controlling emerging and reemerging infectious diseases, such as vector-borne diseases, including dengue, requires interdisciplinary knowledge and an expanded concept of causality in epidemiology (Ellis & Wilcox, 2009). Under these principles, researchers have developed frameworks including biocomplexity (Colwell, 1998, Wilcox and Colwell, 2005) and the Eco-Bio-Social strategy (de Macêdo et al., 2021). Central to these frameworks is that environmental and socioeconomic conditions interact to create elevated risks of diseases such as dengue and the recent COVID-19. Dengue incidence rises with temperature, precipitation, and relative humidity (Xu et al., 2017). It is linked to vector biology: rising temperatures expand the spatial distribution of *Aedes aegypti* both globally (Bustamante et al., 2019) and locally (Bona et al., 2011, Degallier et al., 2003). *Aedes aegypti* is a highly domesticated mosquito that lays eggs in artificial containers such as old tires, water storage, and trash (Gubler, 1998). Therefore, socioeconomic conditions including lower household accessibility to piped water (Pedrosa et al., 2020, Teixeira and Medronho, 2008), increased domestic water storage (Cordeiro et al., 2011), irregular or no trash collection (Cordeiro et al., 2011, Honorato et al., 2014, Vargas et al., 2015), and lack of basic sanitation (Cordeiro et al., 2011, de Almeida et al., 2009), have been linked to a higher incidence of dengue. In addition, lack of effective vector control (Gubler, 2011), viral serotype, local population

immunity (Marti et al., 2020, Salje et al., 2012), and human mobility (Cordeiro et al., 2011, Zhu et al., 2016) have been associated with dengue incidence.

Urban areas are complex mosaics of heterogeneous environmental and socioeconomic conditions, making these areas hotspots of dengue. Fast and unplanned urbanization may be accompanied with sub-standard sanitation services and underdeveloped water infrastructures, leading to favorable conditions for *Aedes aegypti* infestation. The high population density in cities also increases exposure to mosquitos and the likelihood of dengue transmission. Together, these conditions make dengue primarily an urban disease that reemerges in large tropical urban centers at a faster frequency (Gubler, 2011). With the increasing transmission of vector-borne diseases in cities, public policy has turned to multisectoral approaches, including environmental management, expansion of sanitation services, housing improvement, and educational campaigns (Donalisio et al., 2017) to reduce disease risks. In this context, modifying the built and natural environment through vegetation management and land use planning have emerged in the urban planning sector as promising approaches to reduce the spread of vector-borne diseases such as dengue (Degroote et al., 2018, Lee, 1994, Lindsay et al., 2017, Ogden, 2016).

Vegetation management can be an effective strategy in highly urbanized areas characterized by high population density and dominance of built-up areas, where other interventions including land use control and housing improvement may be more challenging and costly. Observational studies have examined dengue incidence and vegetation within and between cities. The studies found a mixture of positive, negative, and non-linear associations (Araujo et al., 2015, Cao et al., 2017, Huang et al., 2018, Martínez-Bello et al., 2017, Penso-Campos et al., 2018, Qi et al., 2015, Sari et al., 2020). These inconsistent findings can be attributed to different spatial scales of analysis, measures of vegetation, and analytical approaches. Experimental studies have found that vegetation management, including planting certain species (Jiannino & Walton, 2004) and optimizing planting configuration (Thullen, Sartoris, & Walton, 2002), can reduce mosquito populations. However, these studies (Jiannino and Walton, 2004, Thullen et al., 2002) were conducted in wetlands and did not use dengue incidence as an outcome. Therefore, the effectiveness of the proposed management strategies in reducing dengue risk in cities remains uncertain. Different vegetation types, including farmland, forests, and grassland, co-exist in cities. These vegetation types could increase or decrease the *Aedes aegypti* population due to changes in competing species (Medeiros-Sousa, Fernandes, Ceretti-Junior, Wilke, & Marrelli, 2017) and shading (Barrera, Amador, & Clark, 2006), consequently modifying dengue transmission patterns. Therefore, while local governments can employ vegetation management to reduce the risk of dengue transmission, effective ways to achieve this goal remain uncertain.

In this study, we examine Belo Horizonte, Brazil, which has experienced several dengue outbreaks since 1996. The city represents a complex spatial distribution of dengue cases and environmental and socioeconomic conditions (Fig. 1). Research has linked seasonal peaks in temperature and precipitation (Almeida et al., 2008, Belo Horizonte, 2016, Campos et al., 2019), socioeconomic, demographic, and urban infrastructure characteristics (Bavia et al., 2020, Campos et al., 2019, de Mattos Almeida et al., 2007, Pessanha et al., 2010) with dengue incidence in Belo Horizonte. In 2010, twelve years after the previous epidemic, the city recorded an epidemic with the concurrent circulation of three viral serotypes (DENV-1, DENV-2, and DENV-3) and an annual

incidence of 2053 cases per 100,000 inhabitants. Dengue generally exhibits a seasonal and cyclical behavior over the years due to climatic conditions, circulating viruses, and population susceptibility (Ximenes et al., 2016). Consequently, Belo Horizonte has experienced subsequent epidemics in 2013, 2016, and 2019, with progressively increasing incidence, disease severity, and fatality rates (Belo Horizonte, 2020, Campos et al., 2019). These recurring outbreaks highlight the urgency of interventions, including those in vegetation management, to curb dengue risk.

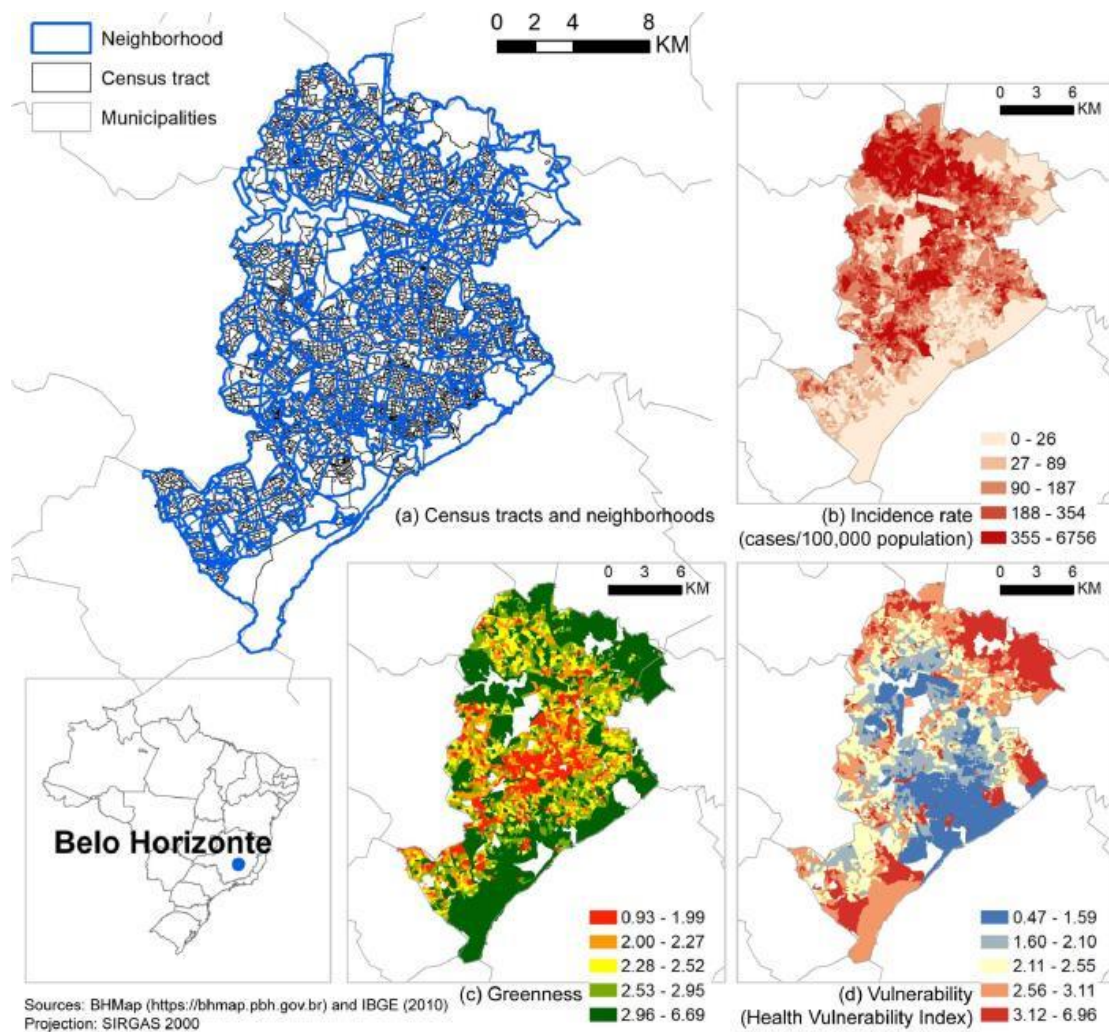


Fig. 1 Study area. (a) Census tracts nested in neighborhoods, and spatial distribution of (b) Dengue incidence rate (cases/100,000 population) during the 2010 epidemic; (c) greenness, with higher values indicating more and better quality vegetation; (d) vulnerability, measured by the Health Vulnerability Index, with higher values indicating more vulnerability. Values in (b) – (d) are classified by quantile classification.

Accordingly, to understand how vegetation management could reduce dengue risk, we investigated the association between vegetation greenness and dengue incidence in 3826 census tracts in Belo Horizonte, Brazil, during the 2010 dengue epidemic. To our knowledge, only one prior study has analyzed the relationship between dengue and vegetation at this scale (Martínez-Bello et al., 2017). This fine spatial scale is critical for communicating research findings with local decision-makers. We measured vegetation greenness using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), a popular satellite-based indicator for vegetation coverage, health, and photosynthetic activities.

NDVI has been widely used in environmental health studies (Rojas-Rueda, Nieuwenhuijsen, Gascon, Perez-Leon, & Mudu, 2019).

We hypothesize that vegetation greenness has a negative association with dengue incidence, as higher greenness after controlling for vegetation coverage indicates healthier vegetation with the presence of predators and competing species of the *Aedes aegypti*, leading to a protective effect against dengue. We also explore whether the relationship between dengue incidence and greenness is modified by socioeconomic vulnerability. We hypothesize that more vulnerable areas would be at greater risk due to lower quality green spaces that may be a better habitat for the vector. To reduce potential omitted variable bias in the estimated relationships between dengue incidence and greenness, we controlled for a set of covariates, including socioeconomic vulnerability, population density, building height, percentage of census tract area covered by building footprints, land cover composition, elevation, and weather patterns. The findings are intended to inform urban planners, engineers, and public health professionals regarding vegetation management as a tool to mitigate the transmission of dengue and other arboviruses.

2. Data and methods

2.1. Study area

Our study area initially covers 3828 census tracts (setores censitários) nested in 474 neighborhoods (bairros) in Belo Horizonte, Brazil (Fig. 1). We dropped two census tracts due to missing land cover data, and we used the remaining 3826 census tracts throughout the study. As defined by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), a census tract is a continuous area located in a single urban or rural setting, with varying sizes and numbers of households (Bueno and D'Antona, 2017, IBGE, 2010). In Belo Horizonte, a census tract contains an average population of 5886 (Interquartile Range, IQR: 3800 – 7886) and an average area of 7.94 ha (IQR: 2.61 – 7.87). Neighborhood, officially defined by the city, is a cluster of adjacent census tracts by which the city communicates with its residents and provides services (Bairros de BH, 2009). We obtained neighborhood boundary data from BHGeo (<https://bhgeo.pbh.gov.br/home>). A neighborhood contains between 1 and 58 census tracts (Table 1).

Table 1 Summary statistics of outcome variable, exposure variable, and covariates.

	Max.	Min.	Mean	Median	25th percentile	75th percentile	Std.	Std., between neighborhood	Std., within the neighborhood
Incidence rate (cases/100,000 population)	6756.48	0.00	229.18	138.11	46.03	306.00	307.52	447.49	186.09
Greenness (0–10)	6.69	0.93	2.52	2.39	2.07	2.79	0.71	0.72	0.50
Vulnerability (HVI, 0–10)	6.96	0.47	2.41	2.35	1.70	2.93	0.92	1.06	0.38
Population density (people/hectare)	8476.80	0.78	1306.15	1110.57	818.82	1578.70	808.10	701.56	571.25
Average building height (m)	96.25	2.43	7.11	5.24	4.74	6.65	5.49	3.15	3.27
% building footprint	80.92	0.19	40.59	42.72	34.53	48.13	12.11	12.03	8.70
% forest	68.60	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	4.29	3.93	3.61
% non-forest natural land	31.65	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.75	0.53	0.65
% farmland	71.09	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00	5.75	6.76	4.30
Average elevation (m)	1235.49	697.23	876.52	867.51	817.75	924.97	74.95	82.63	19.01
Relative humidity (%)	73.59	70.14	71.35	71.54	71.11	71.90	0.76	0.73	0.16
Total precipitation (mm/year)	100.36	83.47	90.93	94.33	83.47	94.33	5.02	5.12	0.77
Temperature (°C)	21.22	19.44	20.43	20.55	20.41	20.55	0.49	0.52	0.10
Census tract area (hectare)	1288.10	0.08	7.95	4.98	2.61	7.87	27.82	35.15	19.63
Total population (people)	24,298	32	5889	5869	3801	7887	2999.81	2457.93	2611.48

Number of census tracts = 3826,

2.2. Outcome: dengue incidence

The outcome variable is dengue incidence (cases per 100,000 population) in 2010. Dengue cases are reported to the Notifiable Diseases Information System, and we obtained the data for Belo Horizonte through the City Health Department. As part of the BH-VIVA database project (Friche, Dias, Reis, Dias, & Caiaffa et al., 2015), the Urban Health Observatory of Belo Horizonte performed data cleaning and consistency check, and it georeferenced each case to a census tract using the coordinates of the patient's residence. Population counts for the census tracts in 2010 were obtained from WorldPop (Sorichetta et al., 2015).

2.3. Exposure: vegetation greenness

Our exposure variable is vegetation greenness derived from NDVI. NDVI represents the combined effect of vegetation quantity, including coverage and biomass, and quality, capturing photosynthetic activities and vegetation health (Tucker, 1979). NDVI takes values between -1 and 1 , with higher values indicating the larger quantity, better quality of vegetation, or both.

We calculated vegetation greenness as the census-tract average of annual mean of monthly maximum NDVI values. We first computed NDVI every 16 days in 2010 from the red and near-infrared electromagnetic bands (630–690 nm and 760–900 nm, respectively) of the Landsat-5 TM satellite surface reflectance images. Landsat-5 TM images have 30 m spatial resolution and 16-day temporal frequency. We masked out image areas covered by cloud, shadow and water, which would otherwise cause bias in NDVI and greenness estimates. Then for each month, we generated a monthly maximum NDVI image reflecting the greenest condition of each image pixel and averaged the monthly images to produce an NDVI image for 2010. We calculated the census-tract average of this 2010 NDVI image, which we subsequently used as

vegetation greenness in our analyses. While, by definition, NDVI ranges between -1 and 1 , for better interpretation of the model results, we rescaled greenness to a range between -10 and 10 (Fig. 1c). We accessed Landsat-5 data and performed these calculations in Google Earth Engine, a cloud-based platform for remote sensing image processing (Gorelick, 2013).

Because NDVI measures vegetation quantity and quality simultaneously, a census tract with healthy green vegetation that occupies a small proportion of its area might have a similar greenness value to a fully vegetated census tract with stressed or senescent and therefore less green vegetation. To better estimate the effect of vegetation quality on dengue incidence, we introduced additional covariates controlling for vegetation quantity within a census tract. These covariates include the percentage of census tract covered by forest, non-forest natural land, farmland, and building footprints. These covariates, along with others, are introduced below.

2.4. Other covariates

To reduce potential bias in the estimated association between dengue incidence and greenness, we controlled for a comprehensive set of covariates including socioeconomic vulnerability, population density, building height, the percentage of census tract area covered by building footprints, land cover composition, elevation, weather patterns, and neighborhood random effects. We identified these covariates initially using a directed acyclic graph (DAG) (Fig. S2), and we narrowed them down to a final set by examining multicollinearity with variance inflation factor (VIF). We collected these covariates from the year 2010 when possible to match the timeframe of the outcome and exposure variables. We used the Health Vulnerability Index (HVI) to measure socioeconomic vulnerability. This composite index, used by the City Health Department (Secretariat, 2018), is based on the 2010 census and encompasses infrastructure indicators and the socioeconomic status of residents (Fig. 1d). HVI considers infrastructure conditions, including water supply, sewage connection, and garbage collection, and it measures socioeconomic status by literacy rate, poverty, income, and percentage of the population in different racial groups. HVI is on a scale from 0 to 10, with higher values indicating more vulnerable areas. HVI influences both greenness and dengue incidence: vulnerable areas are often less resourceful to build and manage green space (Casey, James, Cushing, Jesdale, & Morello-Frosch, 2017); These areas also have undesirable water and sanitation infrastructures, which are suitable for the reproduction of *Aedes aegypti*.

We included population density, building height, the percentage of census tract covered by building footprints (i.e. building density), and land cover composition to further characterize the urban environment. These factors could be modified by urban planning and affect vegetation greenness in several ways. Areas with dense populations and buildings may have less open space for vegetation, leading to lower greenness. Land cover composition, including forest, non-forest natural land, farming, urban, water, and others, helps to separate the effect of vegetation quality from quantity on greenness magnitude. These urban environment characteristics also influence dengue incidence. Large building density and the presence of high-rise buildings are indicative of better housing conditions and less on-site water storage in the study area, which reduce breeding sites for *Aedes aegypti* (Seidahmed et al., 2018, Troyo et al., 2009). Land cover composition predetermines the suitability of *Aedes aegypti* habitats and the dynamics of the human population.

We calculated population density by dividing population counts from the 2010 WorldPop dataset (Sorichetta et al., 2015) by census tract area. We obtained height and footprint of individual buildings from BHGeo (<https://bhgeo.pbh.gov.br/home>). We retrieved 2010 land cover maps from the MapBiomass Brasil dataset (<https://mapbiomas.org/en>), a dataset that maps land cover annually with satellite remote sensing images at 30 m spatial resolution.

We also included land elevation and weather patterns to characterize the natural environment. These factors act as the background for vegetation development and influence *Aedes aegypti* population and dengue incidence. We approximated census-tract average elevation using the ALOS World 3D global digital surface model at 30 m resolution collected between 2006 and 2011 (Tadono et al., 2014). Although a digital surface model measures land elevation combined with the heights of aboveground objects (e.g., trees and buildings), this dataset was still valuable for this study as a proxy for land surface elevation, given the lack of spatial information on individual aboveground objects such as trees. For climate variables, we included census-tract averages of daily mean temperature, daily mean relative humidity, and annual total precipitation in 2010. We obtained annual total precipitation from the ERA5 dataset, which has 30 km spatial resolution and hourly temporal resolution (Copernicus Climate Change Service (C3S), 2017). We first generated annual total precipitation for each ERA5 grid cell by summing all hourly values in 2010. We then calculated census-tract precipitation as the area-weighted mean of the values from the ERA5 grid cells intersecting a census tract. We used the same procedure to calculate census-tract averages of daily mean temperature and daily mean relative humidity from the ERA5Land dataset (Copernicus Climate Change Service (C3S), 2019), which had a 9 km spatial resolution. It is worth noting that both ERA5 and ERA5Land are at coarse scales when compared with the census tracts.

After examining multicollinearity using VIF, we excluded several covariates of land cover composition, including % urban, % water, and % others from the model. Our final covariates and their summary statistics are in Table 1. The final covariates have a Spearman's correlation between -0.64 and 0.37 with the exposure variable, greenness (Fig. S1). Furthermore, the covariates show low levels of multicollinearity, as their VIFs were all below 5 (Table 2), which is a commonly used empirical threshold for detecting multicollinearity (O'Brien, 2007). In addition, the final covariates are confounders to the dengue-greenness relationship, which reduce bias in our estimation even when high multicollinearity between the exposure and these covariates exists. Multicollinearity does lead to wider confidence intervals, but confounding represents a greater concern in studies like ours (Schisterman, Perkins, Mumford, Ahrens, & Mitchell, 2017).

Table 2- Variable inflation factor (VIF) for the exposure variable and covariates.

	VIF
Greenness (-10–10)	2.88
Vulnerability (HVI, 0–10)	1.64
Population density (people/hectare)	1.65
Average building height (m)	1.61
% building footprint	2.41
% forest	1.51
% non-forest natural land	1.07
% farmland	1.71
Average elevation (m)	3.33
Relative humidity (%)	2.60
Total precipitation (mm/year)	2.48
Temperature (°C)	3.74

2.5. Regression model

We constructed four negative binomial mixed-effects models to estimate the association between dengue incidence and greenness. The mixed-effects model contains fixed effects that are the same across all census tracts and random effects that vary by neighborhood. The mixed-effects model makes use of our nested data structure (i.e., census tracts in neighborhoods, Fig. 1a), reduces omitted variable bias, and allows regression coefficients to vary by neighborhoods.

The first model included vegetation greenness with no covariates other than a neighborhood random intercept, β_{0j} (equation (1)). Random intercept allows neighborhoods to have different baseline-level dengue incidence caused by unmeasured neighborhood characteristics such as vegetation species, management practices, and biophysical and built environments.

In the remaining models, we included additional covariates for socioeconomic vulnerability, population density, building height, percentage of census tract area covered by building footprints, land cover composition (% forest, % non-forest natural land, % farmland), elevation, and weather patterns (equation (2)). We further added a neighborhood random slope, β_{1j} , for vegetation greenness to allow its coefficient vary by neighborhood (equation (3)). In this model, we allowed the random intercept, β_{0j} , and random slope, β_{1j} , to be correlated. Finally, we included an interaction term between vegetation greenness and socioeconomic vulnerability to test whether the association between dengue incidence and greenness was modified by socioeconomic vulnerability (equation (4)).

$$\log(\text{IR}_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \text{greenness}_{ij} + \beta_0_j + \varepsilon_{ij}$$

(1)

$$\log(\text{IR}_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \text{greenness}_{ij} + \beta_2 \text{vulnerability}_{ij} + \beta_3 \text{PD}_{ij} + \beta_4 \text{buildingheight}_{ij} + \beta_5 \text{buildingfootprint}_{ij} + \text{landcover}_{ij} \delta + \beta_6 \text{elevation}_{ij} + \text{weather}_{ij} \gamma + \beta_0_j + \varepsilon_{ij}$$

(2)

$$\log(\text{IR}_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \text{greenness}_{ij} + \beta_2 \text{vulnerability}_{ij} + \beta_3 \text{PD}_{ij} + \beta_4 \text{buildingheight}_{ij} + \beta_5 \text{buildingfootprint}_{ij} + \text{landcover}_{ij} \delta + \beta_6 \text{elevation}_{ij} + \text{weather}_{ij} \gamma + \beta_0_j + \beta_1 \text{greenness}_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

(3)

$$\log(\text{IR}_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \text{greenness}_{ij} + \beta_2 \text{vulnerability}_{ij} + \alpha \text{greenness}_{ij} \times \text{vulnerability}_{ij} + \beta_3 \text{PD}_{ij} + \beta_4 \text{buildingheight}_{ij} + \beta_5 \text{buildingfootprint}_{ij} + \text{landcover}_{ij} \delta + \beta_6 \text{elevation}_{ij} + \text{weather}_{ij} \gamma + \beta_0_j + \varepsilon_{ij}$$

(4)

where: IR_{ij} is the incidence rate of dengue of census tract i in neighborhood j ; greenness_{ij} is census-tract average of annual mean of monthly maximum NDVI; $\text{vulnerability}_{ij}$ is Health Vulnerability Index measuring socioeconomic vulnerability; PD_{ij} is population density; $\text{buildingheight}_{ij}$ is average building height; $\text{buildingfootprint}_{ij}$ is percentage of census tract area covered by buildings; landcover_{ij} is a vector for land cover composition including the percentage of census area that is either forest, non-forest natural land, or farming; elevation_{ij} is average land elevation in a census tract; weather_{ij} is a vector of census-tract average of daily mean temperature, daily mean relative humidity, and annual total precipitation; β_0_j is the neighborhood random intercept; β_1_j is the neighborhood random slope for greenness_{ij} ; ε_{ij} is a random error.

We used incidence rate ratios (IRRs) to interpret the model results. IRR is a factor by which the outcome, dengue cases per 100,000 population, changes with a one-unit change in a covariate, when holding all other covariates constant. Therefore, IRRs greater than 1 indicates a positive association, whereas IRRs less than 1 indicate a negative association.

In addition, to account for some of the spatial autocorrelations between the census tracts and heteroscedasticity of model residuals, we estimated neighborhood-cluster-robust standard errors for the model coefficients. The neighborhood-cluster-robust standard error assumes that census tracts within the same neighborhood (cluster) are correlated, but those between different neighborhoods are independent. This assumption is likely to result in larger standard errors, wider confidence intervals, and more statistically insignificant (conservative) inference when compared with assuming the census tracts are independent of each other. In this way, we partially controlled for spatial autocorrelation in our dataset.

2.6. Sensitivity tests

In addition to the main models (Eqs. (2)–(4)) using a mixed-effects negative binomial model with cluster-robust standard errors, we tested several alternatives to justify our choice. We started with a pooled model without neighborhood random intercepts, testing whether omitting such effects could bias the dengue-greenness relationship. We then estimated the models assuming the census tracts were independent of each other

and model residuals were independently and identically distributed to illustrate how cluster-robust standard errors correct the statistical inference.

Finally, instead of a neighborhood random intercept model (equation (2)), we estimated a neighborhood fixed effects model. Both random intercept and fixed effects models are ways to control unobserved, group-level (neighborhood in this study) effects in hierarchical datasets by estimating a set of intercepts for the groups. The two models require different assumptions. A random intercept model assumes that these intercepts are uncorrelated with the covariates, whereas the fixed effects model relaxes such an assumption (Greene, 2018). While more versatile, we did not prioritize the fixed effects model as we would have a large number of fixed effects ($n = 474$, one per neighborhood), which leads to large confidence intervals for the coefficient estimates.

2.7. Limitations of the model

The first limitation of the study is that we used secondary data where cases were reported by health professionals, health services, and the public. Therefore, this case reporting was subject to misclassification bias. Dengue cases were reported to the Notifiable Diseases Information System, where cases could be misdiagnosed (de Mattos Almeida et al., 2007, Harris et al., 2000). In Belo Horizonte between 1996 and 2017, the surveillance system could confirm 46% of reported cases through laboratory diagnosis, whereas the remaining cases were diagnosed based on epidemiological criteria (Campos et al., 2019). Recent studies have shown improved accuracy in dengue case reporting in the Notifiable Diseases Information System (Barbosa et al., 2015, Goto et al., 2016)

Secondly, although we controlled for a comprehensive set of covariates, additional factors may further reduce omitted variable bias. These factors include vegetation species, land use, and irrigation practices, which affect both dengue incidence and greenness. However, quality datasets for these covariates were lacking when we conducted this study.

Thirdly, the environmental datasets in this study are at coarse spatial resolutions, which likely contain measurement errors and fail to capture fine-scale variations. For example, the 30 m resolution MapBiomass Brasil land cover product can only identify the main land cover, and classification accuracy is reduced in heterogeneous landscapes like wetlands due to the 'mixed pixel' problem (Kaur et al., 2019). This imprecise estimation of vegetation quantity prevents us from fully isolating the effect of vegetation quantity on greenness. The coarse spatial resolution also means a lack of within-neighborhood variation of the environmental variables to produce precise regression estimates. We consider that this issue exists in NDVI (30 m resolution) and land cover (30 m resolution), and it magnifies in weather pattern variables (9–31 km resolutions). Therefore, collecting fine-resolution environmental datasets is highly beneficial for environmental health studies to capture detailed variations in heterogeneous urban landscapes, reducing measurement error, and producing statistically sound results.

3. Results

3.1. Insignificant protective effect of greenness on dengue

We found a negative and statistically significant association ($IRR < 1$) between greenness and dengue incidence, when controlling only for neighborhood random effects (model 1, Table 3). In this model, a one-unit increase in greenness (40% of the mean of 2.52) was associated with a 16.6% $((0.834-1) \times 100\% = -16.6\%$, similar calculations hereafter) reduction in dengue incidence rate.

Table 3. Results of models examining the association between dengue incidence and greenness, controlling for socioeconomic and environmental covariates.

	(1)IRR	(2)IRR	(3)IRR	(4)IRR
<i>Fix effects</i>				
Greenness (-10–10)	0.834 *** [0.789,0.882]	0.949 [0.878,1.025]	0.915 ** [0.843,0.994]	1.316 *** [1.108,1.564]
Vulnerability (HVI, 0–10)		1.254 *** [1.162,1.354]	1.269 *** [1.176,1.368]	1.824 *** [1.509,2.205]
Greenness × Vulnerability				0.879 *** [0.825,0.938]
Population density (people/hectare)		0.9998 *** [0.9997,0.9998]	0.9998 *** [0.9997,0.9998]	0.9997 *** [0.9997,0.9998]
Average building height (m)		0.982 [0.960,1.005]	0.980 [0.956,1.005]	0.985 [0.963,1.007]
% building footprint		1.017 *** [1.013,1.022]	1.017 *** [1.013,1.022]	1.017 *** [1.013,1.022]
% forest		1.007* [1.000,1.015]	1.007* [0.999,1.016]	1.005 [0.998,1.012]
% non-forest natural land		1.017 [0.980,1.055]	1.020 [0.983,1.058]	1.010 [0.976,1.045]
% farmland		0.987 *** [0.980,0.995]	0.988 *** [0.981,0.995]	0.992 ** [0.984,0.999]
Average elevation (m)		0.993 *** [0.992,0.995]	0.994 *** [0.992,0.995]	0.993 *** [0.992,0.994]
Relative humidity (%)		0.707 *** [0.605,0.827]	0.699 *** [0.598,0.817]	0.700 *** [0.600,0.816]
Total precipitation (mm/year)		1.012 [0.997,1.027]	1.010 [0.995,1.025]	1.016 ** [0.999,1.033]

<i>Random effects</i> ⁺				
var(Greenness)			0.050*** [0.022,0.115]	
var(Intercept)	1.101*** [0.952,1.272]	0.560*** [0.461,0.680]	0.689*** [0.420,1.129]	0.532*** [0.440,0.644]
Controls	No	Yes	Yes	Yes
Random intercept	Yes	Yes	Yes	Yes
Random slope	No	No	Yes	No
Confidence interval	Neighborhood-cluster-robust	Neighborhood- cluster-robust	Neighborhood- cluster-robust	Neighborhood- cluster-robust
Number of observations	3826	3826	3826	3826

Note: A coefficient, or incidence rate ratio (IRR), is the factor by which the dengue incidence (dengue cases per 100,000 residents) changes for a one-unit increase in the corresponding covariate when holding other covariates constant. Vulnerability is measured by the Health Vulnerability Index (HVI) that encompasses infrastructure indicators related to basic sanitation and socioeconomic status of residents, recorded by the 2010 census. *, **, and *** indicate significant at p-value < 0.10, p-value < 0.05, and p-value < 0.01. 95% confidence intervals are in square brackets.

+Random effects are the variances of log-transformed coefficients (IRRs).

The negative association between greenness and dengue incidence attenuated and was not statistically significant after controlling for a set of covariates including socioeconomic vulnerability, population density, building height, percentage of census tract area covered by building footprints, elevation, land cover composition, and weather patterns (model 2, Table 3). In the latter model, a one-unit increase in greenness was associated with a 5.1% reduction in dengue incidence.

3.2. Socioeconomic vulnerability modifies the dengue-greenness association

We observed a statistically significant random slope for greenness, indicating the association between greenness on dengue incidence varied by neighborhood (model 3, Table 3). In addition, this model estimated a stronger and statistically significant protective effect of greenness, where a one-unit increase in greenness reduced dengue incidence by 8.5%.

We observed a statistically significant negative interaction between greenness and socioeconomic vulnerability (model 4, Table 3), suggesting that the association between dengue incidence and greenness was modified by socioeconomic vulnerability. The association between dengue incidence and greenness shifted from positive (IRR > 1) to negative (IRR < 1) as the census tracts in our sample became more vulnerable (Fig. 2). This association was stronger and statistically significant in the census tracts with low (roughly below the 10th percentile) or high (roughly above the 70th percentile) HVI.

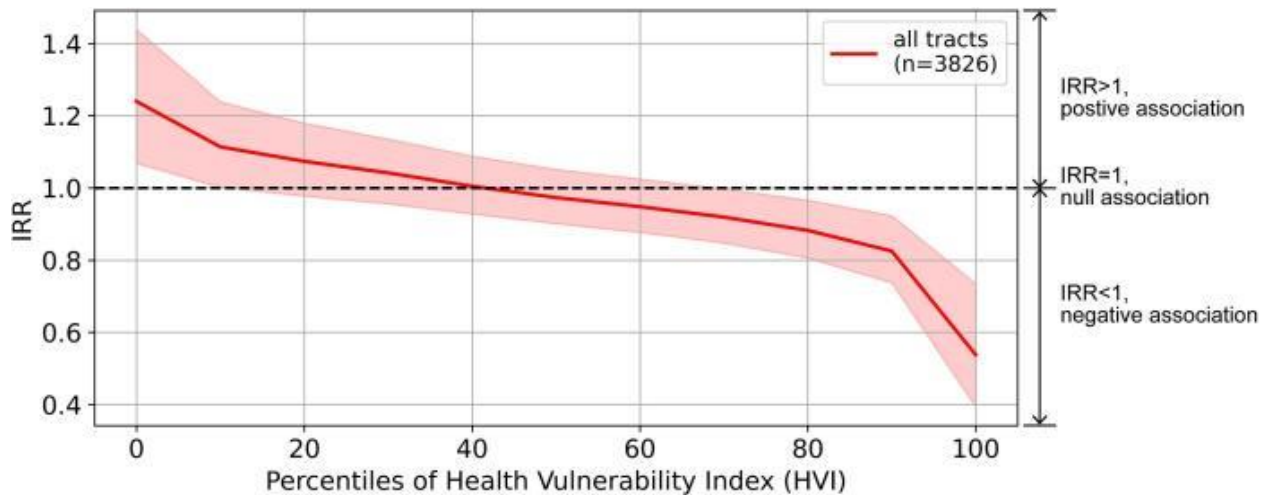


Fig. 2

Associations (IRR) between dengue incidence and vegetation greenness, conditioned on socioeconomic vulnerability. IRR is the factor by which dengue incidence (annual dengue cases per 100,000 residents) changes for a one-unit increase in a covariate, when holding other covariates constant. Socioeconomic vulnerability is measured by the Health Vulnerability Index. 95% confidence intervals of the IRRs are shaded.

3.3. The associations between dengue incidence and the covariates

We found that socioeconomic vulnerability, % building footprint and % forest had positive and statistically significant associations with dengue incidence across the models (models 2–4, Table 3). In addition, % non-forest natural land and total precipitation had positive but statistically insignificant associations with dengue incidence.

We found negative and statistically significant associations between dengue incidence and population density, % farmland, average elevation, relative humidity, and temperature (models 2–4, Table 3). We found negative but statistically insignificant association between dengue incidence and average building height.

3.4. Sensitivity tests

The alternative model specifications (Table S1) generally confirmed the dengue-greenness relationship in our main models (Table 3). However, the sizes of the coefficients and their confidence intervals varied due to different model assumptions. Compared with the main models, the pooled model ignoring neighborhood effects (model 2–1, Table S1) produced a stronger negative and statistically significant association (IRR = 0.812) between dengue incidence and greenness. However, this association was likely biased due to omitted variables. Specifying cluster-robust standard errors led to wider confidence intervals and more conservative statistical inference, when compared with using independent standard errors (models 2–2, 3–1, 4–1, Table S1). Finally, the neighborhood fixed effects model yielded a slightly weaker association between dengue and greenness (model 2–3, Table S1).

4. Discussion

4.1. Protective effect of vegetation greenness on dengue incidence

Our results suggested a negative but statistically not significant association between dengue incidence and vegetation greenness averaged across the census tracts in Belo Horizonte, after controlling for socioeconomic vulnerability, population density, building height, percentage of census tract area covered by building footprints, elevation, land cover composition, weather patterns, and neighborhood random intercept (model 2, Table 3). Furthermore, this association varied by neighborhood (model 3, Table 3). For example, it changed based on the socioeconomic vulnerability of the census tracts: the association was negative and statistically significant for the most vulnerable census tracts, but it was positive and statistically significant for the least vulnerable ones (Fig. 2).

Greenness, as measured by NDVI, alone represents the combined effect of vegetation quantity and quality. We attempted to separate the effect of vegetation quantity from quality by introducing covariates for vegetation coverage, including land cover composition and the percentages of census tract area covered by buildings. Despite some data limitations discussed in Section 2.7, higher greenness likely indicated better vegetation quality in our analyses.

Our results align in part with previous findings indicating a negative association between dengue incidence and vegetation regarding quantity (Araujo et al., 2015, Cao et al., 2017) and the combined effect of quantity and quality (Meza-Ballesta & Gónima, 2014). However, other studies have also reported positive (Martínez-Bello et al., 2017) or non-linear associations (Qi et al., 2015). We suspect that the inconsistencies reflect differences in spatial scales of analysis, measurements of vegetation, and analytical approaches. For instance, some studies only analyzed simple correlations between dengue incidence and vegetation without controlling for a comprehensive set of covariates as in our study (Cao et al., 2017, Martínez-Bello et al., 2017). It is also worth noting that the overall negative association between dengue incidence and greenness identified in our study was small and not statistically significant. One explanation could be that the main factor leading to high *Aedes aegypti* population (the main regional dengue vector) and consequently high dengue incidence include household water storage, sewage connection, and trash collection, rather than vegetation itself. It may also be the case that the log-linear relationship assumed by negative binomial models is an oversimplification, as threshold effect (“tipping points”) may exist in the actual dengue-greenness relationship. To account for the threshold effect, researchers have employed higher-order terms of independent variables (Spencer, 2013), semi-parametric models (Ding, Cao, Yu, & Ju, 2021), and machine learning models (Zhao, Yan, Yu, & Van Hentenryck, 2020).

To our knowledge, no previous studies have examined whether the association between dengue incidence and greenness is modified by socioeconomic vulnerability. Our results (model 4, Table 3) show that while census tracts with lower socioeconomic vulnerability had a positive association between dengue incidence and greenness, the association was negative in census tracts with higher socioeconomic vulnerability (Fig. 2). This pattern may indicate that other vegetation characteristics, such as vegetation species, type (natural versus cultivated, tree versus grass), structure, and management practices differ between census tracts with different levels of socioeconomic vulnerability (Mitchell et al., 2016). For example, in Belo Horizonte, many vulnerable

census tracts are close to the city border (Fig. 1d), which is abundant in natural vegetation not suitable for *Aedes aegypti* (Dorvillé, 2010, Medeiros-Sousa et al., 2017). The same one-unit increase in the greenness of different vegetation could lead to variable changes in dengue incidence. This also may explain why prior studies have found mixed relationships between dengue incidence and vegetation, as vegetation can be systematically different between their study areas.

4.2. Benefits of improved built environment and housing

Our models also estimated the associations between dengue incidence and additional covariates of socioeconomic vulnerability, urban and natural environment. The disease process is complex, and particular microenvironments can become “pathogenic landscape” (Marti et al., 2020). While the socioeconomic vulnerability, urban, and natural environment covariates studied here are markers of a “pathogenic landscape” and may lead to interventions, any causality should be carefully interpreted from our results due to omitted variable bias and study design issues (Spencer et al., 2020). We focus our discussion here on socioeconomic vulnerability and urban environment covariates, as they could be improved by social policy and urban planning.

The positive association between dengue incidence and socioeconomic vulnerability (HVI) found in this study (models 2–3, Table 3) is consistent with previous ones in this urban setting (Campos et al., 2019, de Mattos Almeida et al., 2007). We consider this positive association highly likely, as supported by the construct of HVI and vector biology. High HVI indicates inadequate water supply infrastructure, sewage connection, and garbage collection, creating favorable conditions for *Aedes aegypti* infestation (Gubler, 2011).

Census tract covered by high fractions of building footprint (i.e., building density) and forest showed positive associations with dengue incidence. High building density may be associated with extensive drainage networks (Seidahmed et al., 2018), and forest provides shading (Barrera et al., 2006) – both are favorable conditions for *Aedes aegypti*. Population density and % farmland showed a negative association with dengue incidence. While increased population density means higher chances of transmission, it may also indicate a better supply of water infrastructures and possibilities of herd immunity. The association between % farmland and dengue incidence is likely dependent on agriculture practices and requires further investigation in our study area.

4.3. Urban planning and policy implications

Local governments should consider vegetation management strategies to improve vegetation quality, particularly in vulnerable areas with greater potential benefits. Preserving green space has been included in Belo Horizonte’s development agendas, such as the Organic Law of the Municipality, the municipal conferences on urban policies in 2014, and the city’s master plan in 2019 (Costa et al., 2009, Cruz, 2020). When preserving green space, we suggest local governments restore typical, native forest understory and arboreal landscapes. When well-managed, these landscapes could largely decrease the presence of vectors for dengue and other infectious diseases (Pedrosa et al., 2020). Most problems with green space in Brazilian cities, as happens in Belo Horizonte, are related to poor management, which leads to habitat degradation and trash accumulation (Cardoso et al., 2015, Lobo, 2020). These poorly managed areas are therefore more likely to become potential breeding sites for disease vectors. Managing

vegetation not only reduces dengue risk but also brings co-benefits such as reducing crime, mitigating urban heat, simulating physical activities, and improving mental health (Cardoso et al., 2015, Casey et al., 2017, James et al., 2015). Managing tree canopy to reduce shading, mainly when water bodies are present, may also be an option, although other benefits of trees should be considered.

Green space management should come together with improvements in water supply and drainage infrastructures, and sanitation services to reduce the likelihood of having a “pathogenic landscape”. Furthermore, the city may consider adopting an optimized drainage network to avoid an extensive length of pipes, which further reduces *Aedes aegypti* habitat. One priority area for these interventions is informal settlements in Belo Horizonte. The city began to improve the living conditions of informal settlements in 1970, and its recent efforts have been led by the Vila Viva Project since 2005 (Friche, Dias, Reis, Dias, & Caiaffa, 2015). This project creates the opportunity for future studies to quantify how bundled interventions, including improvements in sanitation and housing conditions, and provision of green space, together change dengue risk.

5. Conclusions

We found an overall negative but statistically not significant association between dengue and greenness across 3826 census tracts in Belo Horizonte, Brazil, after controlling for a comprehensive set of covariates. We also found that the dengue-greenness association was modified by socioeconomic vulnerability: the association was positive in the least vulnerable census tracts but negative in the most vulnerable areas. Since we controlled for vegetation quantity using land cover composition and percentage of census tract area covered by building footprints, high greenness here likely indicates higher vegetation quality in terms of better vegetation health, more vigorous photosynthetic activities, and less environmental degradation.

Collectively, our results show the potential role of improved vegetation quality, as manifested by higher greenness, in reducing dengue risk, particularly for vulnerable areas. When well-managed, vegetated areas are less likely to become breeding sites for dengue vectors and reduce the risk of local dengue transmission. While we showed the potential role of improving vegetation quality in reducing dengue risk, this strategy should be incorporated with other multisectoral approaches, such as improvements of water supply and drainage infrastructures, to reduce the presence of “pathogenic landscape” and dengue risk.

Go to:

CRediT authorship contribution statement

Maria da Consolação Magalhães Cunha: Conceptualization, Investigation, Data curation, Writing - original draft, Writing - review & editing. Yang Ju: Conceptualization, Investigation, Data curation, Formal analysis, Writing - original draft, Writing - review & editing. Maria Helena Franco Moraes: Conceptualization, Investigation, Data curation, Writing - review & editing. Iryna Dronova: Writing - review & editing. Sérgio Pontes Ribeiro: Conceptualization, Writing - review & editing. Fábio Raphael Pascoti Bruhn: Writing - review & editing. Larissa Lopes Lima: Data curation, Writing - review & editing. Denise Marques Sales: Data curation, Writing - review & editing. Olivia Lang Schultes: Writing - review & editing. Daniel A.

Rodriguez: Supervision, Conceptualization. Waleska Teixeira Caiaffa: Supervision, Writing - review & editing.

Acknowledgments

This work was developed by the UFMG Urban Health Observatory in partnership with the University of California, Berkeley, with the support of The Salud Urbana en América Latina (SALURBAL)/ Urban Health in Latin America project funded by the Wellcome Trust (www.lacurbanhealth.org) [205177/Z/16/Z]. We would like to thank Guilherme Aparecido Santos Aguillar, Rafael Romero Nicolino, Amélia Augusta de Lima Friche for their support in data collection and feedbacks on the research. We are also grateful for the suggestions on statistical modeling from Goro Yamada at Drexel University, as well as the comments from the guest editor and two anonymous reviewers. W.T. Caiaffa is an award scholarship researcher by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

References

- Almeida M.C.de.M., Assunção R.M., Proietti F.A., Caiaffa W.T. Dinâmica intra-urbana das epidemias de dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1996–2002. *Cadernos de Saúde Pública*. 2008;24(10):2385–2395. doi: 10.1590/S0102-311X2008001000019. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Araujo R.V., Albertini M.R., Costa-da-Silva A.L., Suesdek L., Franceschi N.C.S., Bastos N.M., Katz G., Cardoso V.A., Castro B.C., Capurro M.L., Allegro V.L.A.C. São Paulo urban heat islands have a higher incidence of dengue than other urban areas. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases*. 2015;19(2):146–155. doi: 10.1016/j.bjid.2014.10.004. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Bairros de BH. (2009). What is a neighborhood? : Belo Horizonte neighborhoods. <https://bairrosdebelohorizonte.webnode.com.br/o-que-e-um-bairro/>.
- Barbosa J.R., Barrado J.C.dos.S., Zara A.L.de.S.Amâncio., Siqueira João.B. Avaliação da qualidade dos dados, valor preditivo positivo, oportunidade e representatividade do sistema de vigilância epidemiológica da dengue no Brasil, 2005 a 2009. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*. 2015;24(1):49–58. doi: 10.5123/S1679-49742015000100006. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Barrera R., Amador M., Clark G.G. Use of the pupal survey technique for measuring *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) productivity in Puerto Rico. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2006;74(2):290–302. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- Bavia L., Melanda F.N., de Arruda T.B., Mosimann A.L.P., Silveira G.F., Aoki M.N....Bordignon J. Epidemiological study on dengue in southern Brazil under the perspective of climate and poverty. *Scientific Reports*. 2020;10(1):2127. doi: 10.1038/s41598-020-58542-1. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Belo Horizonte. (2016). VULNERABILITY ASSESSMENT TO CLIMATE CHANGE. IN THE MUNICIPALITY OF BELO HORIZONTE - BRAZIL. SUMMARY FOR POLICYMAKERS. https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=72519c05-3b85-57a7-d97f-49e02ebcfaa3&groupId=252038.

Belo Horizonte. (2020). Dengue. Prefeitura de Belo Horizonte. <http://prefeitura.pbh.gov.br/saude/informacoes/vigilancia/vigilancia-epidemiologica/doencas-transmissiveis/dengue>.

Bhatt S., Gething P.W., Brady O.J., Messina J.P., Farlow A.W., Moyes C.L....Hay S.I. The global distribution and burden of dengue. *Nature*. 2013;496(7446):504–507. doi: 10.1038/nature12060. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Bona A.C.D., Twerdochlib A.L., Navarro-Silva M.A. Detecção do vírus da dengue em populações naturais de mosquitos. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 2011;51(2):107–116. [Google Scholar]

Bueno, M. do C. D., & D'Antona, Á. de O. (2017). A GEOGRAFIA DO CENSO NO BRASIL: POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES NA EXECUÇÃO DE ANÁLISES ESPACIAIS. *Geographia Niterói*, 19(39), 13.

Buonsenso D., Barone G., Onesimo R., Calzedda R., Chiaretti A., Valentini P. The re-emergence of dengue virus in non-endemic countries: A case series. *BMC Research Notes*. 2014;7(1):596. doi: 10.1186/1756-0500-7-596. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Bustamante, M. M. C., Metzger, J. P., Scariot, A. O., Bager, A., Turra, A., Barbieri, A., Neves, A., Boesing, A. L., Agostinho, A. A., Marques, A. C., Dias, B., Grelle, C. E. V., Caixeta, D., Sawyer, D., Scarano, F., Sousa, F. D. R., Fernandes, G. W., Queiroz, H., Miranda, H. S., ... Farjalla, V. F. (2019). Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1112421>.

Campos N.B.D., Morais M.H.F., Ceolin A.P.R., Cunha M.da.C.M., Nicolino R.R., Schultes O.L., Friche A.A.de.L., Caiaffa W.T. Twenty-Two years of dengue fever (1996–2017): An epidemiological study in a Brazilian city. *International Journal of Environmental Health Research*. 2019;31(3):315–324. doi: 10.1080/09603123.2019.1656801. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Cao Z., Liu T., Li X., Wang J., Lin H., Chen L., Wu Z., Ma W. Individual and interactive effects of socio-ecological factors on dengue fever at fine spatial scale: A geographical detector-based analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;14(7):795. doi: 10.3390/ijerph14070795. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Cardoso, S. L. C., Vasconcellos Sobrinho, M., Vasconcellos, A. M. de A., Cardoso, S. L. C., Vasconcellos Sobrinho, M., & Vasconcellos, A. M. de A. (2015). Gestão ambiental de parques urbanos: O caso do Parque Ecológico do Município de Belém Gunnar Vingren. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 7(1), 74–90. doi:10.1590/2175-3369.007.001.AO05.

Casey J., James P., Cushing L., Jesdale B., Morello-Frosch R. Race, Ethnicity, Income Concentration and 10-Year Change in Urban Greenness in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;14(12):1546. doi: 10.3390/ijerph14121546. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Colwell R. Balancing the biocomplexity of the planet's living systems: A twenty-first century task for science. *BioScience*. 1998;48(10):786–787. doi: 10.2307/1313389. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Copernicus Climate Change Service (C3S). (2017). ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS). <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>.

Copernicus Climate Change Service (C3S). (2019). ERA5-Land hourly data from 2001 to present . ECMWF. doi:10.24381/CDS.E2161BAC.

Cordeiro R., Donalisio M.R., Andrade V.R., Mafra A.C., Nucci L.B., Brown J.C., Stephan C. Spatial distribution of the risk of dengue fever in southeast Brazil, 2006–2007. *BMC Public Health*. 2011;11(1):355. doi: 10.1186/1471-2458-11-355. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Costa, S. A. P., Álvares, L. C., Maciel, M. C., Teixeira, M. C. V., Coimbra, V. B. C., Simão, K. M. de C., Perna, S. de A., & Godinho, L. R. (2009). Os Espaços Livres na Paisagem de Belo Horizonte. *Paisagem e Ambiente*, 26, 51. doi:10.11606/issn.2359-5361.v0i26p51-72.

Cruz M.M. Plano Diretor de BH entra em vigor com meta de garantir sustentabilidade. *Estado de Minas*. 2020 https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/02/06/interna_gerais,1119820/plano-diretor-de-bh-entra-em-vigor-com-meta-de-garantir-sustentabilida.shtml [[Google Scholar](#)]

Almeida, A. S. de, Medronho, R. de A., & Valencia, L. I. O. (2009). Spatial analysis of dengue and the socioeconomic context of the city of Rio de Janeiro (Southeastern Brazil). *Revista De Saude Publica*, 43(4), 666–673. doi:10.1590/s0034-89102009000400013. [[PubMed](#)]

de Macêdo S.F., Silva K.A., de Vasconcelos R.B., de Sousa I.V., Mesquita L.P.S., Barakat R.D.M...de Oliveira Lima J.W. Scaling up of Eco-Bio-Social Strategy to Control *Aedes aegypti* in Highly Vulnerable Areas in Fortaleza, Brazil: A Cluster, Non-Randomized Controlled Trial Protocol. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(3):1278. doi: 10.3390/ijerph18031278. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

de Mattos Almeida M.C., Caiaffa W.T., Assunção R.M., Proietti F.A. Spatial Vulnerability to Dengue in a Brazilian Urban Area During a 7-Year Surveillance. *Journal of Urban Health*. 2007;84(3):334–345. doi: 10.1007/s11524-006-9154-2. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Degallier N., Teixeira José.M.Sócrates., Soares S.da.S., Pereira R.D., Pinto S.C.F., Chaib A.de.J.M...Oliveira E. *Aedes albopictus* may not be vector of dengue virus in human epidemics in Brazil. *Revista de Saúde Pública*. 2003;37(3):386–387. doi: 10.1590/S0034-89102003000300019. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Degroote S., Zinszer K., Ridde V. Interventions for vector-borne diseases focused on housing and hygiene in urban areas: A scoping review. *Infectious Diseases of Poverty*. 2018;7(1):96. doi: 10.1186/s40249-018-0477-5. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Ding C., Cao X., Yu B., Ju Y. Non-linear associations between zonal built environment attributes and transit commuting mode choice accounting for spatial heterogeneity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2021;148:22–35. doi: 10.1016/j.tra.2021.03.021. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

- Donalisio M.R., Freitas A.R.R., Zuben A.P.B.V., Donalisio M.R., Freitas A.R.R., Zuben A.P.B.V. Arboviruses emerging in Brazil: Challenges for clinic and implications for public health. *Revista de Saúde Pública*. 2017;51 doi: 10.1590/s1518-8787.2017051006889. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Dorvillé L.F. Mosquitoes as Bioindicators of Forest Degradation in Southeastern Brazil, a Statistical Evaluation of Published Data in the Literature. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 2010;31:68–78. doi: 10.1076/snfe.31.2.68.13331. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Ellis B.R., Wilcox B.A. The ecological dimensions of vector-borne disease research and control. *Cadernos De Saude Publica*. 2009;25(Suppl 1):S155–167. doi: 10.1590/s0102-311x2009001300015. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Friche A.A.de.L., Dias M.A.de.S., Reis P.B.dos., Dias C.S., Caiaffa W.T., BH-Viva Project Urban upgrading and its impact on health: A “quasi-experimental” mixed-methods study protocol for the BH-Viva Project. *Cadernos De Saude Publica*. 2015;31(suppl 1):51–64. doi: 10.1590/0102-311X00079715. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Friche, A. A. de L., Dias, M. A. de S., Reis, P. B. dos, Dias, C. S., & Caiaffa, W. T. (2015). Intervenções de requalificação urbana e o impacto na saúde: Protocolo de estudo “quasi-experimental” com métodos mistos – Projeto BH-Viva. *Cadernos de Saúde Pública*, 31, 51–64. doi:10.1590/0102-311X00079715.
- Gorelick N. Google Earth Engine. *EGU General Assembly Conference Abstracts*. 2013;15:11997. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2013EGUGA.1511997G> [[Google Scholar](#)]
- Goto D.Y.N., Larocca L.M., Felix J.V.C., Kobayashi V.L., Chaves M.M.N., Goto D.Y.N....Chaves M.M.N. Avaliação da oportunidade de notificação da dengue no Estado do Paraná *Acta Paulista de Enfermagem*. 2016;29(3):355–362. doi: 10.1590/1982-0194201600049. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Greene, W. H. (2018). *Econometric Analysis*, 8th Edition. Pearson. /content/one-dot-com/one-dot-com/us/en/higher-education/program.html.
- Gubler D.J. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. *Clinical Microbiology Reviews*. 1998;11(3):480–496. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- Gubler D.J. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21st Century. *Tropical Medicine and Health*. 2011;39(4 Suppl):3–11. doi: 10.2149/tmh.2011-S05. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Harris E., Videia E., Pérez L., Sandoval E., Téllez Y., Pérez M....Balmaseda A. Clinical, epidemiologic, and virologic features of dengue in the 1998 epidemic in Nicaragua. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2000;63:5–11. doi: 10.4269/ajtmh.2000.63.5. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Higa Y. Dengue vectors and their spatial distribution. *Tropical Medicine and Health*. 2011;39(4 Suppl):17–27. doi: 10.2149/tmh.2011-S04. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Honorato T., Lapa P.P.de.A., Sales C.M.M., Reis-Santos B., Tristão-Sá R., Bertolde A.Inácio., Maciel E.L.N. Spatial analysis of distribution of dengue cases in Espírito Santo, Brazil, in 2010: Use of Bayesian model. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. 2014;17(suppl 2):150–159. doi: 10.1590/1809-4503201400060013. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Huang C.-C., Tam T., Chern Y.-R., Lung S.-C., Chen N.-T., Wu C.-D. Spatial clustering of dengue fever incidence and its association with surrounding greenness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(9):1869.

doi: 10.3390/ijerph15091869. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

IBGE. (2010). Censo de Belo Horizonte 2010. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>.

James P., Banay R.F., Hart J.E., Laden F. A review of the health benefits of greenness. *Current Epidemiology Reports*. 2015;2(2):131–142. doi: 10.1007/s40471-015-0043-7. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Jiannino J.A., Walton W.E. Evaluation of vegetation management strategies for controlling mosquitoes in a southern California constructed wetland. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2004;20(1):18–26. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Kaur S., Bansal R.K., Mittal M., Goyal L.M., Kaur I., Verma A., Son L.H. Mixed pixel decomposition based on extended fuzzy clustering for single spectral value remote sensing images. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2019;47(3):427–437.

doi: 10.1007/s12524-019-00946-2. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Lee Y.S. Urban planning and vector control in Southeast Asian cities. *Gaoxiang Yi Xue Ke Xue Za Zhi = The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. 1994;10 Suppl:S39–51. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Lindsay S.W., Wilson A., Golding N., Scott T.W., Takken W. Improving the built environment in urban areas to control *Aedes aegypti*-borne diseases. *Bulletin of the World Health Organization*. 2017;95(8):607–608. doi: 10.2471/BLT.16.189688. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Lobo, M. E. (2020). Prefeitura promove “Dengue Zero” em 70 parques da capital. <https://www.jd1noticias.com/saude/prefeitura-promove-dengue-zero-em-70-parques-da-capital/72264/>.

Marti R., Li Z., Catry T., Roux E., Mangeas M., Handschumacher P... Gong P. A mapping review on urban landscape factors of dengue retrieved from earth observation data, GIS techniques, and survey questionnaires. *Remote Sensing*. 2020;12(6):932.

doi: 10.3390/rs12060932. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Martínez-Bello D.A., López-Quílez A., Torres Prieto A. Relative risk estimation of dengue disease at small spatial scale. *International Journal of Health Geographics*. 2017;16(1):31. doi: 10.1186/s12942-017-0104-x. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Medeiros-Sousa A.R., Fernandes A., Ceretti-Junior W., Wilke A.B.B., Marrelli M.T. Mosquitoes in urban green spaces: Using an island biogeographic approach to identify drivers of species richness and composition. *Scientific Reports*. 2017;7(1):17826. doi: 10.1038/s41598-017-18208-x. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Meza-Ballesta A., Gónima L. The influence of climate and vegetation cover on the occurrence of dengue cases (2001–2010) *Revista De Salud Publica (Bogota, Colombia)* 2014;16(2):293–306. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

Mitchell M.G.E., Wu D., Johansen K., Maron M., McAlpine C., Rhodes J.R., Lee T.M. Landscape structure influences urban vegetation vertical structure. *Journal of Applied Ecology*. 2016;53(5):1477–1488. doi: 10.1111/1365-2664.12741. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Municipal Health Secretariat. (2018). Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS-BH). Prefeitura de Belo Horizonte. <http://prefeitura.pbh.gov.br/estatisticas-e-indicadores/indice-de-vulnerabilidade-da-saude>.

O'Brien, R. M. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Quality & Quantity*, 41(5), 673–690. doi:10.1007/s11135-006-9018-6.

Ogden, N. (2016). Vector-borne disease, climate change and urban design. *Canada Communicable Disease Report*, 42(10), 202. doi:10.14745/ccdr.v42i10a04. [PMC free article] [PubMed]

Pedrosa M.C., Borges M.A.Z., Eiras Á.E., Caldas S., Cecílio A.B., Brito M.F., Ribeiro S.P. Invasion of Tropical Montane Cities by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Depends on Continuous Warm Winters and Suitable Urban Biotopes. *Journal of Medical Entomology*. 2020 doi: 10.1093/jme/tjaa135. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Penso-Campos J.M., Fraga E., Caldas E., Sommer J.A.P., Périco E. Aspectos da paisagem e fatores socioeconômicos nos casos de dengue na cidade de Porto Alegre, RS (Landscape aspects and socioeconomic factors in the cases of Dengue in the city of Porto Alegre, RS) *Revista Brasileira de Geografia Física*. 2018;11(5):1846–1858. doi: 10.26848/rbgf.v11.5.p1846-1858. [CrossRef] [Google Scholar]

Pessanha J.E.M., Caiaffa W.T., Kroon E.G., Proietti F.A. Dengue em três distritos sanitários de Belo Horizonte, Brasil: Inquérito soropidemiológico de base populacional, 2006 a 2007. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 2010;27:252–258. doi: 10.1590/S1020-49892010000400003. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Powell J.R., Tabachnick W.J. History of domestication and spread of *Aedes aegypti*—A Review. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*. 2013;108(Suppl 1):11–17. doi: 10.1590/0074-0276130395. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Qi X., Wang Y., Li Y., Meng Y., Chen Q., Ma J...Harley D. The effects of socioeconomic and environmental factors on the incidence of dengue fever in the Pearl River Delta, China, 2013. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2015;9(10):e0004159. doi: 10.1371/journal.pntd.0004159. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Rojas-Rueda D., Nieuwenhuijsen M.J., Gascon M., Perez-Leon D., Mudu P. Green spaces and mortality: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *The Lancet Planetary Health*. 2019;3(11):e469–e477. doi: 10.1016/S2542-5196(19)30215-3. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Salje H., Lessler J., Endy T.P., Curriero F.C., Gibbons R.V., Nisalak A...Cummings D.A.T. Revealing the microscale spatial signature of dengue transmission and immunity in an urban population. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2012;109(24):9535–9538. doi: 10.1073/pnas.1120621109. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

San Martín J.L., Brathwaite O., Zambrano B., Solórzano J.O., Bouckennooghe A., Dayan G.H., Guzmán M.G. The epidemiology of dengue in the americas over the last three decades: A worrisome reality. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2010;82(1):128–135. doi: 10.4269/ajtmh.2010.09-0346. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Sari S.Y.I., Adelwin Y., Rinawan F.R. Land use changes and cluster identification of dengue hemorrhagic fever cases in Bandung, Indonesia. *Tropical Medicine and Infectious*

Disease. 2020;5(2):70. doi: 10.3390/tropicalmed5020070. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Schisterman E.F., Perkins N.J., Mumford S.L., Ahrens K.A., Mitchell E.M. Collinearity and causal diagrams – a lesson on the importance of model specification. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 2017;28(1):47–53. doi: 10.1097/EDE.0000000000000554. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Seidahmed, O. M. E., Lu, D., Chong, C. S., Ng, L. C., & Eltahir, E. A. B. (2018). Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. *GeoHealth*, 2(1), 54–67. doi:10.1002/2017GH000080. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]

Sorichetta A., Hornby G.M., Stevens F.R., Gaughan A.E., Linard C., Tatem A.J. High-resolution gridded population datasets for Latin America and the Caribbean in 2010, 2015, and 2020. *Scientific Data*. 2015;2(1) doi: 10.1038/sdata.2015.45. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Spencer J.H. The urban health transition hypothesis: Empirical Evidence of an Avian Influenza Kuznets Curve in Vietnam? *Journal of Urban Health*. 2013;90(2):343–357. doi: 10.1007/s11524-012-9719-1. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Spencer J.H., Finucane M.L., Fox J.M., Saksena S., Sultana N. Emerging infectious disease, the household built environment characteristics, and urban planning: Evidence on avian influenza in Vietnam. *Landscape and Urban Planning*. 2020;193:103681. doi: 10.1016/j.landurbplan.2019.103681. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Tadono T., Ishida H., Oda F., Naito S., Minakawa K., Iwamoto H. Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2014;II-4:71–76. doi: 10.5194/isprsannals-II-4-71-2014. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Teixeira, T. R. de A., & Medronho, R. de A. (2008). Indicadores sócio-demográficos e a epidemia de dengue em 2002 no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 24(9), 2160–2170. doi:10.1590/S0102-311X2008000900022. [[PubMed](#)]

Thullen J.S., Sartoris J.J., Walton W.E. Effects of vegetation management in constructed wetland treatment cells on water quality and mosquito production. *Ecological Engineering*. 2002;18(4):441–457. doi: 10.1016/S0925-8574(01)00105-7. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Troyo A., Fuller D.O., Calderón-Arguedas O., Solano M.E., Beier J.C. Urban structure and dengue fever in Puntarenas, Costa Rica. *Singapore Journal of Tropical Geography*. 2009;30(2):265–282. doi: 10.1111/j.1467-9493.2009.00367.x. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*. 1979;8(2):127–150. doi: 10.1016/0034-4257(79)90013-0. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Vargas W.P., Kawa H., Sabroza P.C., Soares V.B., Honório N.A., de Almeida A.S. Association among house infestation index, dengue incidence, and sociodemographic indicators: Surveillance using geographic information system. *BMC Public Health*. 2015;15(1):746. doi: 10.1186/s12889-015-2097-3. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Wilcox B.A., Colwell R.R. Emerging and reemerging infectious diseases: Biocomplexity as an interdisciplinary paradigm. *EcoHealth*. 2005;2(4):244. doi: 10.1007/s10393-005-8961-3. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Ximenes R., Amaku M., Lopez L.F., Coutinho F.A.B., Burattini M.N., Greenhalgh D...Massad E. The risk of dengue for non-immune foreign visitors to the 2016 summer olympic games in Rio de Janeiro, Brazil. *BMC Infectious Diseases*. 2016;16(1):186. doi: 10.1186/s12879-016-1517-z. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Xu L., Stige L.C., Chan K.-S., Zhou J., Yang J., Sang S...Stenseth N.C. Climate variation drives dengue dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017;114(1):113–118. doi: 10.1073/pnas.1618558114. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

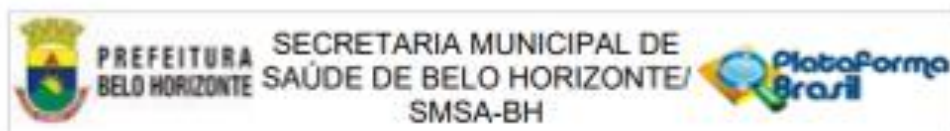
Zhao X., Yan X., Yu A., Van Hentenryck P. Prediction and behavioral analysis of travel mode choice: A comparison of machine learning and logit models. *Travel Behaviour and Society*. 2020;20:22–35. doi: 10.1016/j.tbs.2020.02.003. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Zhu, G., Liu, J., Tan, Q., & Shi, B. (2016). Inferring the Spatio-temporal Patterns of Dengue Transmission from Surveillance Data in Guangzhou, China. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(4), e0004633. doi:10.1371/journal.pntd.0004633. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]

9. Considerações Finais

Os impactos da urbanização, das condições sociais locais, e do clima, são temas investigados na busca dos fenômenos que levam às epidemias de dengue no Brasil e no mundo, e estudos anteriores sobre dengue em Belo Horizonte abordaram essas relações. No entanto, a adoção de método de predição da doença (SARIMA), e o impacto da condição da vegetação na composição da paisagem (NDVI), associado às demais variáveis socioeconômicas e de ocupação do solo urbano, são estudos inéditos no município. Os artigos 1 e 2 são importantes pois apresentam investigações que podem mobilizar gestores à adoção de novas abordagens no direcionamento de políticas públicas intersetoriais, que resultem na melhoria das condições do ambiente, principalmente das regiões mais vulneráveis da cidade. A interpretação metodológica desses estudos merece reconsiderações, expectativas dos autores, para dar continuidade às investigações epidemiológicas de dengue no município. A análise exploratória espacial de dados foi desenvolvida por outros autores na cidade, no entanto, esta descrição atualiza o tema e busca a compreensão da ocorrência de infestação vetorial e ocorrência de dengue em pequenas áreas, área de abrangência.

Dengue é uma realidade que interfere na vida da população de Belo Horizonte desde 1996, apesar dos esforços realizados pela administração pública para o enfrentamento das epidemias. É necessário engastar e desengastar estruturas de controle, buscando saídas que acompanhem as dinâmicas de transmissão de vírus, na expectativa de resultados promissores em andamento, como o uso de vetores modificados e vacinas polivalentes.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A SAÚDE DOS MORADORES EM ZONAS E ÁREAS ESPECIAIS DE INTERESSE

Pesquisador: Waleska Teixeira Calafá

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 11548913.3.3001.5140

Instituição Proponente: Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte/ SMSA-BH

Patrocinador Principal: Centro de Pesquisas René Rachou/Fundação Oswaldo Cruz/ CPqRR/ FIOCRUZ

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.328.888

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P ROJETO_1324146.pdf	06/05/2019 20:22:05		Aceito

Endereço: Rua Frederico Bacher Júnior, 1033ª andar/sala 302

Bairro: Padre Euzébio

CEP: 30.720-000

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3277-6300

E-mail: cep@smh.gov.br

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 16 de Maio de 2019

Assinado por:
Eduardo Prates Miranda
(Coordenador(a))

Anexo I – Análise exploratória espacial

As manchas de calor ao norte de Belo Horizonte: áreas de abrangências, vilas e favelas.

1996

Regional de Venda Nova - AA Andradas, que abriga as Vilas São João Batista, Satélite e Canto do Sabiá. AA Minas Caixa, conjunto habitacional de mesmo nome. AA Jardim Europa, que abriga as Vilas SEC I e II, e a AA Nova York, limites com o município de Vespasiano, no bairro Nova Pampulha. AA Lagoa, limite com o bairro Justinópolis no município de Ribeirão das Neves.

1998

Regional de Venda Nova AA Serra Verde, atingiu o limite com a Regional Norte, abrangendo as AA Jaqueline II, onde está a Favela Vila Nova, reincidência nos anos 1996, 1998, 2009, 2010, 2013, 2015, 2016 e 2019.

Regional Pampulha - AA Copacabana e favela de mesmo nome e a AA Jardim Leblon com a Favela Apolônia.

Regional Nordeste - AA Capitão Eduardo, mancha até a AA Glória (Regional Noroeste). A mancha na AA Capitão Eduardo (conjunto habitacional Capitão Eduardo), limite com Sabará, se manifestou em todos os anos epidemicos, exceto 2010.

Regional Nordeste AAs Marivanda Baleeiero (Favela Beira Linha), Nazaré (Favelas Grotinha e Três Marias), e a AA Goiânia, envolvendo cinco favelas (Vila da Luz, Guanabara, Brasília, Ana Lúcia e Morro dos Macacos) limite com Sabará. Essa mancha central da Regional Noroeste se repetiu em cinco anos.

Regionais Nordeste limite com Pampulha e Noroeste - AA Padre Fernando de Melo (Vilas da Paz Anel Rodoviário, São Sebastião e Insetan), AA Gentil Gomes (com outra vila também chamada Vila da Paz, na rua Vicente Castano) e a AA Cachoeirinha (Vila Nova Cachoeirinha IV).

Regional Pampulha AAs Santa Rosa (Vila Santa Rosa) e São Francisco (Vila Real I e II e Vila São Francisco).

Regional Noroeste - AAs Ermelinda (Vila Maloca, Nova Cachoeirinha I e II e Vila Sumaré), Bom Jesus e Pedreira Prado Lopes com a favela de mesmo nome, reincidente sete anos, com maior intensidade em 2007 e 2008, anos não epidemicos para o município.

Regional Pampulha - AA São José (contendo a Vila Rica São José e a Vila São José), a AA Padre Tiago (com a Vila Manacá) e a AA Jardim Alvorada (contendo a Vila Jardim Alvorada, Antena Montanhês e Vila Jardim Montanhês).

Regional Noroeste - AA Glória (Vila Coqueiral) e as AAs Pindorama e Elza Martins (Vila da Paz, Novo Glória), limite com o município de Contagem, conurbados aos bairros Parque Recreio, Novo Progresso, Milanez e Colorado. Essa mancha esteve presentes em seis anos da série estudada e sua maior intensidade ocorreu em 2015.

Regional Pampulha, foi reincidente durante dez anos na AA Confisco, que abriga a favela Confisco e o Jardim Zoológico de Belo Horizonte, limite com os Bairros Estrela D'Alva e Vila Arvoredo em Contagem.

2001

Regional Norte - AAs São Tomás (Vila São Tomas, Aeroporto e Biquinhas), São Bernardo e AA Primeiro de Maio com extensa vila de mesmo nome, além das Vilas Minaslândia, Boa União I e II.

Regional Pampulha - AA Santa Rosa (Vilas Suzana I e II) limite Regional Norte, além das AAs Santa Amélia e Padre Joaquim Maia.

Regional Nordeste ao sul - São Paulo (Vila São Paulo e Andiroba) , São Marcos, Dom Joaquim (Vila Dom Joaquim), Vilas Reunidas, Cidade Ozana, e as AAs Padre Fernando Melo, Alcides Lins, Cachoeirinha e Gentil Gomes já descritas em 1998.

2008

Regional Pampulha AA Confisco, já descrito em 1998.

Regional Norte - A área de abrangência São Tomás, reincidente em 2008 e já fora descrita em 2001.

Noroeste - AA Glória, reportada em 1998 e área de abrangência do Padre Eustáquio .

Regional Nordeste - AA Vilas Reunidas, Cidade Ozanan e Alcides Lins com as Vilas de Sá, Ipiranga, Pombal de Tiradentes.

2009

Regional Norte - AAs Primeiro de Maio, já atingida em 2001, AAs Providencia, Aarão Reis, Novo Aarão Reis, conjunto habitacional Aarão Reis, Lajedo (Vila Novo Lajedo), Guarani, Tupi e Floramar, AA São Tomás, descrita em 2001 e 2008

Regional Pampulha - AA Confisco, relatado em 1998 e 2008.

Regional de Venda Nova as AAs Jardim Leblon, Piratininga (Vila Piratininga, A, Santa Mônica e Vila Jardim Leblon) e Visconde do Rio Branco.

2010

Regional de Venda Nova/ Ribeirão das Neves - AAs Santa Mônica II (Favela Nossa Senhora Aparecida) e Santa Mônica (Vila Universo). AAs Lagoa (reincidente de 1996), e Céu Azul, AA Piratininga (Vilas Piratininga A, Santa Mônica e Vila Jardim Leblon), AA Jardim Leblon (Vila Várzea da Palma e Apolônia) reincidente de 2009, e AA Copacabana (Vila Copacabana).

Regional Pampulha - AA Confisco, AA Padre Joaquim Maia, reincidente desde 2001 e AA Santa Amélia.

Regional Norte - AA Tupi reincidente de 2009

Regional Noroeste - AAs Pedreira Prado Lopes - reincidente de 1998, Santos Anjos e Carlos Prates.

2013

Regional Nordeste - reincidencia AAs Alcides Lins, Ribeiro de Abreu e Vila Maria, AA Olavo Corrêa reincidente de 1998.

Em 2013, por se tratar de ano epidemico, todas as áreas ao norte do município descritas anteriormente se repetiram com manchas de calor, evento reincidente com menor intensidade em 2015, mas com destaque para a AA Confisco na Regional Pampulha.

Regional Noroeste - AAs Glória, reincidente de 1998 e 2007, Pindorama e Elza Martins, limite com os bairros Novo Progresso, Milanez, Colorado, Morada Nova, Jardim Bandeirante e Água Branca em Contagem.

2015

Regional Noroeste - AAs Glória, reincidente de 1998, 2007 e 2015, Pindorama e Elza Martins, da Regional Noroeste, 2015

Regional Norte - AAs Felicidade II e Tupi reincidente de 2009 e 2010. AA Floramar, reincidente de 2009, AAs Heliópolis, São Tomás, reincidente pela quarta vez, e São Bernardo reincidentes de 2001.

Os anos de 2016 e 2019, anos epidêmicos, apresentaram manifestações de aglomerados de casos por todo o município.

As manchas de calor ao sul de Belo Horizonte: áreas de abrangências, vilas e favelas.

1998, 2013 e 2015 -

Regional Centro Sul - AA Nossa Senhora Aparecida, Padre Tarcísio, Cafesal/limite com Regional com Leste, Nossa Senhora de Fátima, São Miguel Arcanjo

Regional Leste - AA Paraiso comunidades que formam a Favela Santana do Cafesal, denominada oficialmente pela Prefeitura de Belo Horizonte como Aglomerado da Serra.

1997, 1998, 2007, 2009, 2010, 2013 e 2016

Regional Oeste limite com Centro Sul - Vila Leonina, Ventosa e São Jorge (Oeste) e AA Conjunto Santa Maria (Centro Sul). Morro das Pedras.

Regional Centro Sul - AA Conjunto Santa Maria, Vila Bandeirantes e o Conjunto Santa Maria reincidente em sete anos.

1998

Regional Barreiro. AA Pilar/Olhos D'Água que abriga a Vila São João. Vila Cemig e Barreiro que abriga a Vila Cemig e o conjunto habitacional Esperança. AA Mangueiras, com uma vila de mesmo nome, limite com os bairros Nossa Senhora de Lourdes e Los Angeles no município de Ibité.

AA Maria Madalena Teodoro, limite com o Bairro Santa Maria em Contagem, Regina limite com o bairro Palmares em Ibité, Túnel de Ibité e a AA Itaipu/Jatobá, limite com os bairros Sol Nascente e Vila Ideal em Ibité, Vila Piratininga.

2008

Regional Barreiro -AA do Centro de Saúde Barreiro, que abrange a Vila Átila de Paiva.

2013, 2015 e 2016

Regional Barreiro - AA Pilar/Olhos D'Água e AA Vila Cemig,