



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Geociências

JÉSSICA ANDRETTA MENDES

ANÁLISE ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DE INCIDÊNCIA DE DENGUE
E RELAÇÃO COM POSSÍVEIS FONTES DE RISCO NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS -
SP

CAMPINAS

2021

JÉSSICA ANDRETTA MENDES

ANÁLISE ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DE INCIDÊNCIA DE DENGUE
E RELAÇÃO COM POSSÍVEIS FONTES DE RISCO NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS -
SP

TESE APRESENTADA AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTORA EM GEOGRAFIA
NA ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA
TERRITORIAL

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCOS CÉSAR FERREIRA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA PELA ALUNA JÉSSICA ANDRETTA
MENDES E ORIENTADA PELO PROF. DR. MARCOS
CÉSAR FERREIRA

CAMPINAS

2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Marta dos Santos - CRB 8/5892

M522a Mendes, Jéssica Andretta, 1990-
Análise espacial da distribuição das taxas de incidência de dengue e relação com possíveis fontes de risco no município de Campinas-SP / Jéssica Andretta Mendes. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Marcos César Ferreira.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Dengue. 2. Fatores de Risco. 3. Análise Espacial. 4. Campinas (SP). I. Ferreira, Marcos César, 1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Spatial analysis of dengue incidence rates distribution and the relationship with possible sources of risk in the municipality of Campinas, São Paulo, Brazil

Palavras-chave em inglês:

Dengue

Risk Factors

Spatial Analysis

Campinas (São Paulo, Brazil)

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Doutor em Geografia

Banca examinadora:

Marcos César Ferreira [Orientador]

Ligia Vizeu Barrozo

Aline Pascoalino

Sandra Maria Fonseca da Costa

Daniel Hideki Bando

Data de defesa: 31-08-2021

Programa de Pós-Graduação: Geografia

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-6704-4513>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/9028122336840071>



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

AUTORA: Jéssica Andretta Mendes

**ANÁLISE ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DE INCIDÊNCIA DE DENGUE
E RELAÇÃO COM POSSÍVEIS FONTES DE RISCO NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS -
SP**

**SPATIAL ANALYSIS OF DENGUE INCIDENCE RATES DISTRIBUTION AND THE
RELATIONSHIP WITH POSSIBLE SOURCES OF RISK IN THE MUNICIPALITY OF
CAMPINAS, SÃO PAULO, BRAZIL**

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCOS CÉSAR FERREIRA

Aprovada em: 31/08/2021

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Marcos César Ferreira - Presidente

Profa. Dra. Ligia Vizeu Barrozo

Profa. Dra. Aline Pascoalino

Profa. Dra. Sandra Maria Fonseca da Costa

Prof. Dr. Daniel Hideki Bando

A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora consta no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 31 de agosto de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa a todos os habitantes de Campinas-SP.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Marcos César Ferreira, por confiar em minha capacidade e ter aceitado trabalhar comigo desde o Mestrado. Obrigada por compartilhar seus conhecimentos, pelas sugestões, revisões e pelas oportunidades de crescimento profissional ao longo dos últimos anos;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2017/19446-0;

À UNICAMP e ao Instituto de Geociências pela infraestrutura de ensino e pesquisa oferecidos;

Aos meus familiares e amigos, em especial, meus pais Elaine e Vitor Mendes, por todo amor, pelo apoio, compreensão, ajuda, que foi fundamental para a realização desta pesquisa. Ao Gabriel Alves, pela compreensão, apoio e amor;

À Secretaria Municipal de Saúde de Campinas e à Superintendência de Controle de Endemias do Estado de São Paulo SUCEN, pela concessão de parte dos dados, que foram fundamentais para a realização desta pesquisa;

Aos professores, membros da banca de qualificação, professor Lindon Fonseca Matias (Universidade Estadual de Campinas) e à professora Sandra Maria Fonseca da Costa (Universidade do Vale do Paraíba) pela revisão e sugestões indicadas durante a apresentação;

À professora Sophie Vanwambeke, da Université Catholique de Louvain, Bélgica, pelas sugestões de métodos, e de material bibliográfico, e pela oportunidade de participar das reuniões virtuais de seu grupo de pesquisa;

Ao professor Paulo Roxo Barja (Universidade do Vale do Paraíba) pela ajuda na condução dos testes estatísticos realizados ao longo desta pesquisa e pela revisão, em especial, da seção mencionada;

Ao professor Francisco Chiaravalloti Neto (Universidade de São Paulo) pelas sugestões de métodos e sugestões de bibliografia;

Aos colegas do grupo de pesquisa Métodos Avançados de Análise Geoespacial (IG/UNICAMP), em especial, Danilo Valente, Gilson Alcântara e Mariana Oliveira, e aos colegas do grupo de pesquisa Medical Geography (ELI/UCLouvain), em especial, Daniele Da Re, Joseph Tuyishimire, Raphaël Rousseau, Rémi Froment e Madeleine Guyot, pelas sugestões,

contribuições e discussões;

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma, mesmo que indiretamente, para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A principal medida preventiva contra epidemias de dengue é o controle do surgimento e desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti*. Entre as diversas ações preventivas e mitigadoras adotadas pelas prefeituras municipais, está a criação do cadastro de Pontos Estratégicos e Imóveis Especiais (PE-IE). Estes locais apresentam alta concentração de materiais preferenciais para a desova da fêmea do mosquito *Aedes aegypti*, ou, por serem relevantes para a disseminação do vírus da dengue. O objetivo desta pesquisa é avaliar a influência dos PE-IE na taxa de incidência de dengue em suas proximidades. A pesquisa foi realizada no município de Campinas-SP, utilizando-se dados epidemiológicos do período de 2013 a 2016. A taxa de incidência foi estimada nos setores censitários e em células da grade estatística do Censo Nacional do IBGE de 2010. Foram analisadas a estrutura espacial dos dados epidemiológicos, por meio do índice de autocorrelação espacial de Moran e, também, identificadas as áreas com maior densidade espacial de casos, utilizando-se o método de densidade espacial *kernel*. O método de estatística espacial *Scan* foi empregado para identificar áreas com risco elevado de dengue. Foram traçadas faixas de distâncias, medidas a partir dos pontos de localização dos PE-IE, em intervalos crescentes de distância, até o limite máximo de 1.000 m. Em seguida, a taxa média de incidência de dengue foi calculada em cada faixa de distância de 100 m. O mesmo procedimento foi aplicado para pontos de controle distribuídos aleatoriamente no município, e não coincidentes espacialmente com os PE-IE. A taxa média de incidência por intervalo de 100 m foi analisada por meio de gráficos e técnicas de regressão linear e não linear de *Boltzmann*, e, posteriormente, foi avaliado o nível de significância. Os resultados mostraram que as taxas de incidência de dengue apresentaram arranjo espacial aglomerado, indicando dependência espacial dos dados. A localização dos aglomerados de altas taxas de incidência variou ao longo do período estudado. Aglomerados localizados nas áreas de abrangência dos distritos de saúde norte, noroeste e sudoeste do município persistiram ao longo do tempo, enquanto os localizados nas áreas de abrangência dos distritos de saúde localizados nas regiões sul e leste do município apresentaram intermitência. Os resultados mostraram que, quanto maior a proximidade aos PE-IE, maiores foram as taxas médias de incidência de dengue. O mesmo padrão não foi verificado para os pontos de controle distribuídos aleatoriamente.

Palavras-chave: Dengue; Fatores de Risco; Análise Espacial; Campinas.

ABSTRACT

The main preventive measure against dengue epidemics is to control the emergence and development of the *Aedes aegypti* mosquitoes. The monitoring of places known as "Strategic Points" (*Pontos Estratégicos*) and "Special Buildings" (*Imóveis Especiais*) has been a constant item in the set of measures adopted to control disease vector. These buildings have characteristics that favor the breeding sites emergence to *Aedes aegypti* mosquitoes or have characteristics that favor the dissemination of dengue virus. The main purpose of this research is to evaluate the influence of these properties on the dengue incidence rates in their surroundings. The study area is the municipality of Campinas, in the State of São Paulo, using epidemiological data provided from 2013 to 2016, period considered for this research. The incidence rates were calculated for the census tracts and for the grid cells which contains census data from 2010, afforded by Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The spatial structure of the epidemiological data was analyzed using Moran spatial autocorrelation index, and the areas with higher cases densities clusters were identified using the kernel smoothing technique. The spatial statistics Scan was used to assess risk areas for dengue, where there are high incidence rates. Ranges of distance from these buildings were plotted until 1,000m radius and the mean incidence was calculated for each range of distance (100 m interval). The same procedure was applied to points randomly distributed in the municipality, not spatially coincident with the already existed. The mean incidence by range of distance was represented by charts and, the significance of the values observed in the charts was tested using linear regression and Boltzmann regression techniques. The results showed clustered pattern, indicating spatial dependence of data. The location of clusters with high incidence rates has changed over time. Clusters observed in the north, northwest and southwest regions of the municipality persisted over the study period. Other clusters located in the south, and east regions were intermittent. Results show the closer to these buildings, the higher values of mean incidence rates. This pattern was not observed for the points randomly distributed.

Keywords: Dengue; Risk Factors; Spatial Analysis; Campinas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de Campinas no estado de São Paulo.	28
Figura 2: Densidade demográfica, Campinas, São Paulo.....	29
Figura 3: Evolução da taxa de incidência de dengue no município de Campinas-SP, entre 1998 e 2019.	31
Figura 4: Ocorrência de doenças transmitidas pelos mosquitos <i>Aedes aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i> a nível global.	32
Figura 5: Variação mensal da taxa de incidência de dengue entre 2013 e 2016, no município de Campinas-SP.	55
Figura 6: Mapa de localização dos pontos estratégicos cadastrados no ano de 2013, em Campinas-SP.	57
Figura 7: Mapa de localização dos pontos estratégicos cadastrados no ano de 2014, em Campinas-SP.	58
Figura 8: Mapa de localização dos pontos estratégicos cadastrados no ano de 2015, em Campinas-SP.	59
Figura 9: Mapa de localização dos pontos estratégicos cadastrados no ano de 2016, em Campinas-SP.	60
Figura 10: Mapa de localização dos imóveis especiais cadastrados no ano de 2013, em Campinas-SP.	61
Figura 11: Mapa de localização dos imóveis especiais cadastrados no ano de 2014, em Campinas-SP.	62
Figura 12: Mapa de localização dos imóveis especiais cadastrados no ano de 2015, em Campinas-SP.	63
Figura 13: Mapa de localização dos imóveis especiais cadastrados no ano de 2016, em Campinas-SP.	64
Figura 14: Subdivisão dos distritos e centros de saúde do município de Campinas.	65
Figura 15: Estimativa da população para o município de Campinas para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.	70

Figura 16: Banco de dados contendo a estimativa da população para o município de Campinas para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.....	70
Figura 17: Imagem orbital mostrando ocupação e uso da terra de um setor censitário de Campinas em 2010, nas proximidades do centro de saúde San Martin, distrito de saúde norte.	71
Figura 18: Imagem orbital mostrando ocupação e uso da terra de um setor censitário de Campinas em 2016, nas proximidades do centro de saúde San Martin, distrito de saúde norte.	72
Figura 19: Exemplo de parte do banco de dados contendo o cálculo das taxas de incidência.	73
Figura 20: Exemplo de parte da planilha de casos inserida para processamento no SaTScan.	75
Figura 21: Exemplo de parte da planilha de localização inserida para processamento no SaTScan.....	76
Figura 22: Exemplo de parte da planilha de população inserida para processamento no SaTScan.	76
Figura 23: Taxas de incidência de dengue calculadas por células da grade estatística, no município de Campinas, nos anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	80
Figura 24: Número de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, entre 2013 e 2016, no município de Campinas-SP.	81
Figura 25: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes ao ano de 2013, no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA.	82
Figura 26: Porcentagem de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, no ano de 2013, no município de Campinas-SP.	83
Figura 27: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes ao ano de 2014, no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA. Fonte: Elaboração própria (2021).....	84
Figura 28: Porcentagem de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, no ano de 2014, no município de Campinas-SP.	85
Figura 29: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes ao ano de 2015, no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA.	86

Figura 30: Porcentagem de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, no ano de 2015, no município de Campinas-SP. ...	87
Figura 31: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes ao ano de 2016, no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA. Fonte: Elaboração própria (2021).....	87
Figura 32: Porcentagem de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, no ano de 2016, no município de Campinas-SP. ...	88
Figura 33: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes aos anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D), no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA.	89
Figura 34: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para o ano de 2013, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	90
Figura 35: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para o ano de 2014, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	91
Figura 36: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para o ano de 2015, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	92
Figura 37: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para o ano de 2016, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	93
Figura 38: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D), com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.	94
Figura 39: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para o ano de 2013, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	95
Figura 40: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para o ano de 2014, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	97

Figura 41: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para o ano de 2015, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	99
Figura 42: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para o ano de 2016, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	100
Figura 43: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D), com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.....	101
Figura 44: Mapas das faixas de distância a partir dos pontos estratégicos, cadastrados em 2013, no município de Campinas-SP.	104
Figura 45: Mapas das faixas de distância a partir dos pontos estratégicos, cadastrados em 2014, no município de Campinas-SP.	105
Figura 46: Mapas das faixas de distância a partir dos pontos estratégicos, cadastrados em 2015, no município de Campinas-SP.	106
Figura 47: Mapas das faixas de distância a partir dos pontos estratégicos, cadastrados em 2016, no município de Campinas-SP.	107
Figura 48: Mapas das faixas de distância a partir dos imóveis especiais, cadastrados em 2013, no município de Campinas-SP.	108
Figura 49: Mapas das faixas de distância a partir dos imóveis especiais, cadastrados em 2014, no município de Campinas-SP.	109
Figura 50: Mapas das faixas de distância a partir dos imóveis especiais, cadastrados em 2015, no município de Campinas-SP.	110
Figura 51: Mapas das faixas de distância a partir dos imóveis especiais, cadastrados em 2016, no município de Campinas-SP.	111
Figura 52: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (pontos estratégicos), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2013.	112

Figura 53: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (pontos estratégicos), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2014.	113
Figura 54: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (pontos estratégicos), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2015.	114
Figura 55: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (pontos estratégicos), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2016.	115
Figura 56: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (imóveis especiais), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2013.	116
Figura 57: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (imóveis especiais), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2014.	117
Figura 58: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (imóveis especiais), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2015.	118
Figura 59: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (imóveis especiais), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2016.	119
Figura 60: Taxa média de incidência de dengue por faixas de distância (em 100 metros de intervalo), medidas a partir dos pontos estratégicos existentes e dos pontos de controle gerados aleatoriamente para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	121
Figura 61: Taxa média de incidência de dengue por faixas de distância (em 100 metros de intervalo), medidas a partir dos imóveis especiais existentes e dos pontos de controle gerados aleatoriamente para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	123
Figura 62: Análise gráfica para o teste de normalidade dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	125

Figura 63: Análise gráfica para o teste de normalidade dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos imóveis especiais (IE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	126
Figura 64: Análise gráfica para o teste de independência dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	128
Figura 65: Análise gráfica para o teste de independência dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos imóveis especiais (IE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	129
Figura 66: Análise gráfica para o teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	130
Figura 67: Análise gráfica para o teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos imóveis especiais (IE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).....	131
Figura 68: Ajustes não lineares de Boltzmann referentes às taxas médias de incidência em relação à distância a partir dos pontos estratégicos nos anos de 2014(A) e 2016(B).....	133
Figura 69: Análise gráfica para o teste de normalidade dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), nos anos de 2014(A) e 2016(B).....	134
Figura 70: Análise gráfica para o teste de independência dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), nos anos de 2014(A) e 2016(B).....	135

Figura 71: Análise gráfica para o teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), nos anos de 2014(A) e 2016(B). 136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais ramos de atividade associados a pontos estratégicos	35
Quadro 2: Principais ramos de atividade associados a imóveis especiais.....	36
Quadro 3: Centros de Saúde do município de Campinas – SP.....	65
Quadro 4: Exemplos de grafias que dificultaram o processo de geocodificação de endereços (os exemplos são fictícios)	67
Quadro 5: Síntese dos resultados obtidos por meio da detecção de aglomerados por varredura espacial Scan.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados obtidos em cada método de geocodificação testado	68
Tabela 2: Ajustes lineares referentes às taxas médias de incidência em relação à distância aos pontos estratégicos e dos respectivos pontos de controle, nos anos de 2013 a 2016, no município de Campinas-SP.....	122
Tabela 3: Ajustes lineares referentes às taxas médias de incidência em relação à distância aos imóveis especiais e dos respectivos pontos de controle, nos anos de 2013 a 2016, no município de Campinas-SP.....	124
Tabela 4: Análise formal do teste de normalidade dos resíduos da regressão linear simples	127
Tabela 5: Análise formal do teste de independência dos resíduos da regressão linear simples	127
Tabela 6: Análise formal do teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão linear simples.....	132
Tabela 7: Análise formal do teste de normalidade dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann.....	133
Tabela 8: Análise formal do teste de independência dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann.....	134
Tabela 9: Análise formal do teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann.....	135

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIDS – *Acquired Immunological Deficiency Syndrome*

ANOVA – Análise de Variância

CEP – Código de Endereçamento Postal

CEP – Comitês de Ética em Pesquisa

CETS – Centro de Educação dos Trabalhadores da Saúde

CONEP – Comissão Nacional de Ética em Pesquisa

COVID-19 – *Corona Virus Disease*

DENV1 – Sorotipo 1 do vírus da dengue

DENV2 – Sorotipo 2 do vírus da dengue

DENV3 – Sorotipo 3 do vírus da dengue

DENV4 – Sorotipo 4 do vírus da dengue

EPSC – *European Petroleum Survey Group*

H-H – *High High autocorrelation cluster*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IE – Imóveis Especiais

KS – *Kolmogorov-Smirnov*

L-L – *Low Low autocorrelation cluster*

LISA – *Local Indicator of Spatial Association*

PE – Pontos Estratégicos

R² - Coeficiente de determinação

RCN – Região da Capital Nacional

RR – Risco Relativo

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SUCEN – Superintendência de Controle de Endemias

UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

UTM – Universal Transversa de Mercator

WGS – *World Geodetic System*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
2. HIPÓTESE.....	26
3. OBJETIVO GERAL	27
3.1 Objetivos específicos	27
4. ÁREA DE ESTUDO.....	28
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	32
5.1 Mosquitos <i>Aedes aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i>	32
5.2 Pontos estratégicos e imóveis especiais.....	34
5.3 Geografia da saúde e epidemiologia espacial	37
5.4 Métodos e técnicas de análise espacial	40
5.4.1 Análise de autocorrelação espacial.....	40
5.4.2 Detecção de aglomerados	44
5.4.3 Avaliação do efeito da distância a possíveis fontes de risco	48
5.5 Regressão linear simples.....	50
6. MATERIAL E MÉTODOS	53
6.1 Material.....	54
6.1.1 Dados epidemiológicos	54
6.1.2 Pontos estratégicos e imóveis especiais.....	55
6.1.3 Dados cartográficos vetoriais	56
6.2 Metodologia.....	66
6.2.1 Organização e padronização da base de dados.....	66
6.2.2 Geocodificação dos dados	67
6.2.3 Estimativa da população residente com base nos setores censitários e na grade estatística.....	69
6.2.4 Análise espacial dos dados epidemiológicos.....	74
6.2.5 Delimitação das faixas de distância até os pontos estratégicos e os imóveis especiais e cálculo da taxa média de incidência de casos de dengue por faixa de distância.	77
6.2.6 Análise estatística	78
7. RESULTADOS.....	80
7.1 Mapas de incidência.....	80
7.2 Análise de autocorrelação local (LISA).....	81
7.3 Densidade espacial <i>kernel</i>	89
7.4 Varredura espacial <i>Scan</i>	94
7.5 Faixas de distância a partir dos pontos estratégicos e imóveis especiais e pontos de controle	104

7.6	Análise estatística da taxa média de incidência por faixa de distância.....	120
7.6.1	Pontos estratégicos	120
7.6.2	Imóveis especiais	122
7.6.3	Análise dos resíduos da regressão linear simples	124
8.	DISCUSSÃO.....	137
9.	CONCLUSÕES.....	144
	REFERÊNCIAS	145

1. INTRODUÇÃO

A dengue é um dos principais problemas de saúde pública do Brasil e do mundo atual. Estimativas apontam que há cerca de 390 milhões de infecções por dengue, por ano, no mundo (BHATT *et al.*, 2013). De acordo com o Ministério da Saúde (BRASIL, 2020), em alguns casos a infecção por dengue possa ser assintomática, em casos leves apresenta como principais sintomas febre alta ($>38,5^{\circ}\text{C}$), dores musculares intensas, dor de cabeça, manchas vermelhas no corpo, náuseas e vômitos. A doença pode evoluir para uma forma grave, quando os sintomas incluem dores abdominais intensas e contínua, vômitos persistentes e sangramento de mucosas, podendo levar a óbito. São conhecidos quatro sorotipos, sendo eles DENV1, DENV2, DENV3, DENV4 e, apesar de a infecção por um desses tipos proporcionar imunidade, ela é apenas em relação àquele único sorotipo e não aos demais.

A transmissão dessa doença ocorre pela picada de fêmeas dos mosquitos *Aedes Albopictus* e *Aedes aegypti*, sendo este último, o de maior importância epidemiológica no Brasil. Além da dengue, o *Aedes aegypti* também é o responsável pela transmissão da febre amarela, *Chikungunya* e *Zika*.

Sabe-se que o *Aedes aegypti* é encontrado nos locais de maior concentração humana e que se adapta muito bem a ambientes urbanos. Seus criadouros preferenciais são recipientes artificiais, tanto aqueles abandonados pelo homem a céu aberto e preenchidos com água, como aqueles utilizados para armazenar água para uso doméstico. Como exemplos mais comuns podem ser citados: pneus, latas, pratos de vasos, caixas d'água, tonéis, lagos artificiais e piscinas sem tratamento adequado (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

Apesar de já existir uma vacina registrada contra a dengue, sua eficácia não foi elevada e sua proteção variou conforme a idade da pessoa e ao fato dela já ter sido (ou não) exposta ao vírus (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2016a). Por esta razão, várias instituições nacionais e internacionais da área da saúde defendem que o principal método de prevenção da doença ainda é o controle do surgimento e do desenvolvimento do *Aedes aegypti* (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2016b; MÉDICOS SEM FRONTEIRAS, 2017).

Nesse sentido, ressalta-se a importância da colaboração da população em geral e, também, o trabalho das prefeituras municipais, responsáveis por realizar a inspeção de imóveis, sejam eles de uso residencial, comercial ou industrial, com o objetivo de inviabilizar possíveis criadouros.

Dentre as atividades realizadas pelas prefeituras, está o cadastro e monitoramento dos Pontos Estratégicos e Imóveis Especiais (PE-IE), previsto no Programa Nacional de Controle da Dengue e nas Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue (BRASIL, 2002; BRASIL, 2009).

Os PE são locais onde há concentração de depósitos preferenciais para a desova da fêmea do *Aedes aegypti* e especialmente vulneráveis à introdução do mosquito. Os IE são imóveis que apresentam maior importância na disseminação do vírus da dengue, em função do grande fluxo ou permanência de pessoas e, pela complexidade das edificações, favorece a proliferação dos mosquitos *Aedes*. (SUPERINTENDÊNCIA DE CONTROLE DE ENDEMIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2009).

Poucos estudos têm avaliado espacialmente o impacto exercido pelos PE-IE na ocorrência de incidência de casos de dengue, dentre eles, cita-se Malavasi (2011); Barbosa *et al.* (2012); Mayo *et al.* (2013); Johansen e Carmo (2014) e Mendes (2016). Esses autores demonstraram que estes tipos de imóveis ofereciam risco aumentado de transmissão de dengue nas áreas sob sua influência, e desempenhavam papel importante na amplificação da reprodução do mosquito, estabelecendo relação importante entre a proximidade a estes locais e a ocorrência de casos de dengue.

No entanto, essas pesquisas consideraram um curto período, sendo estudados geralmente apenas um ou dois anos. Além disso, em algumas delas, como em Barbosa *et al.* (2012) e Mayo *et al.* (2013) apesar de serem considerados indicadores larvários e positividade dos PE e IE, não foram utilizados métodos de análise espacial, mas somente análise estatística, como por exemplo, técnicas de regressão logística e análise de correlação linear simples de Pearson. Já Malavasi (2011), Johansen e Carmo (2014) e Mendes (2016) fizeram o uso de métodos de análise espacial, como por exemplo, a verificação da distribuição dos casos por meio do método de densidade *kernel* e o método de criação de faixas de distância a partir dos PE que foram, posteriormente, combinados com técnicas estatísticas (elaboração de modelos de risco; regressão binomial negativa inflacionada de zeros; teste *Kolmogorov-Smirnov* (KS)). Nas pesquisas acima mencionadas foram considerados apenas os PE. Com exceção de Johansen e Carmo (2014) que consideraram as células da grade estatística do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como unidade mínima de análise, os demais trabalhos utilizaram subdivisões com menor precisão espacial, como por exemplo, setores censitários ou distritos de saúde.

Conforme será demonstrado ao longo desta tese, esta pesquisa oferece os seguintes avanços em relação às pesquisas citadas: são considerados como possíveis fontes de risco tanto PE como IE; o período do estudo é mais abrangente, envolvendo quatro anos de análise, integrando altas taxas de incidência e taxas mais moderadas; são empregados diversos métodos de análise espacial (para detecção de aglomerados - tanto de casos de dengue como de taxas de incidência - e para a construção de faixas de distância a partir de possíveis fontes de risco); e, ainda, em conjunto com a análise espacial são aplicadas técnicas de análise estatística.

Com relação à detecção de aglomerados de casos e taxas de incidência, em que foram aplicados a densidade espacial kernel, análise de autocorrelação local de Moran e de varredura espacial *Scan*, esta pesquisa apresenta maior ênfase na definição dos métodos e análises, descrevendo-os e avaliando-os. As questões sobre o território (sobre como a doença influencia nele e vice-versa) não é o enfoque principal, conforme mais bem detalhado na sessão de material e métodos. Considera-se que este trabalho pode trazer contribuições importantes para a discussão dos fatores que podem influenciar na distribuição dos casos e taxas de incidência de dengue no município, principalmente, com relação a proximidade aos PE-IE. É preciso salientar que foram seguidas abordagens mais voltadas para o ramo da epidemiologia espacial do que para o ramo da geografia da saúde - definidos durante a revisão bibliográfica. Desse modo, considera-se que, futuramente, este estudo poderá servir, também, como uma referência metodológica tanto para a academia como para agentes e gestores públicos.

2. HIPÓTESE

Considera-se a hipótese de que a taxa de incidência de dengue é mais alta em áreas mais próximas aos imóveis cadastrados como PE-IE. Acredita-se que há relação entre a taxa de incidência e proximidade a esses locais, pois é sabido que essas categorias de imóveis apresentam como características grande quantidade de recipientes em condições favoráveis à proliferação de larvas, além de se destacarem na dispersão passiva do mosquito tanto na fase de ovo, como na sua fase adulta, em função do ramo de atividade. Tais imóveis também podem ser considerados de maior importância na disseminação do vírus da dengue devido ao grande fluxo e/ou permanência de pessoas nesses locais. Por isso, os PE-IE podem desempenhar um papel importante tanto no surgimento, desenvolvimento e dispersão do *Aedes aegypti*, como na disseminação do vírus da dengue.

3. OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar a distribuição espacial dos casos de dengue e das taxas de incidência de dengue no município de Campinas-SP, entre janeiro de 2013 a dezembro de 2016, e verificar se os imóveis cadastrados como PE-IE apresentam alguma relação com a disseminação da doença no município.

3.1 Objetivos específicos

- Analisar, anualmente, a distribuição espacial dos PE-IE, dos casos de dengue e das taxas de incidência;
- Avaliar, anualmente, se ocorreu a formação de aglomerados de altas taxas de incidência de dengue, aplicando-se diferentes métodos de análise espacial, como análise de autocorrelação espacial e análise para detecção de aglomerados (densidade espacial *kernel* e varredura espacial *Scan*);
- Avaliar, anualmente, se altas taxas de incidência de dengue ocorrem em áreas mais próximas aos PE-IE;
- Identificar áreas mais críticas, onde deva ser dada atenção no combate larval, auxiliando a logística das atividades de vigilância e controle epidemiológico do município de Campinas.

4. ÁREA DE ESTUDO

O município de Campinas, está situado nas coordenadas $22^{\circ}54'35.52''\text{S}$ e $47^{\circ}3'45.29''\text{W}$ (Figura 1). De acordo com dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2020), o município possui 1.175.501 habitantes, sendo que 98% residem na área urbana. A densidade demográfica do município está representada de forma detalhada no mapa da figura 2, produzido pela prefeitura municipal de Campinas (2015). De acordo com o IBGE (2021), a densidade demográfica de Campinas corresponde a 1.359,60 hab/km².

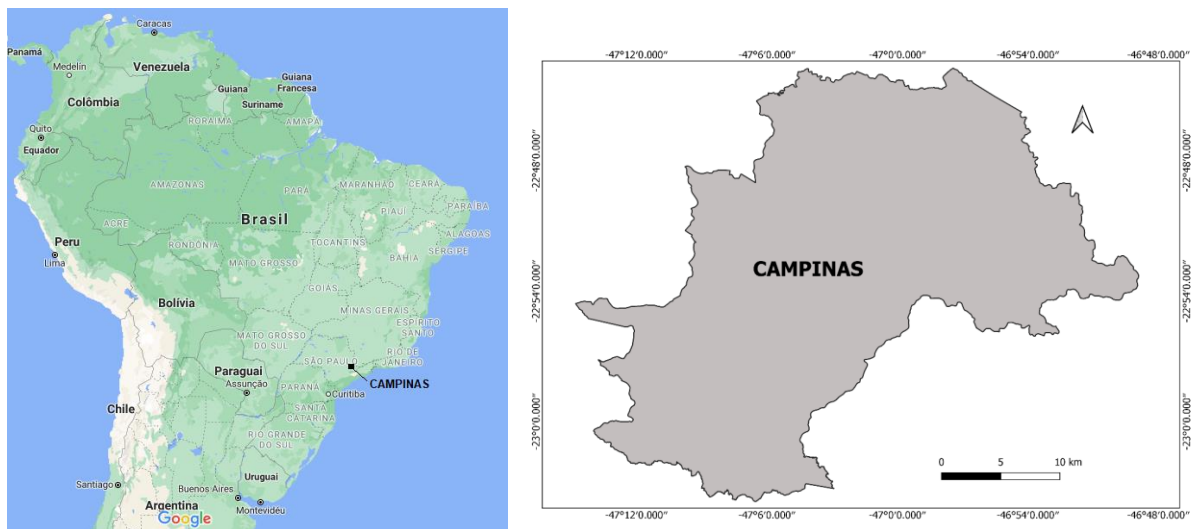


Figura 1: Localização do município de Campinas no estado de São Paulo.

Fonte: Elaboração própria, com base no mapa do Google Maps (2021) e nos limites estadual e municipal fornecidos pelo IBGE (2010a).

De acordo com o censo demográfico de 2010, o município apresentava 90,7% de domicílios com tipo de saneamento adequado, 87,5% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização, 55,9% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) e 89,79 dos domicílios particulares permanentes construídos de alvenaria com revestimento (IBGE, 2021).

Johansen (2018) descreve em parte de sua pesquisa as características demográficas e socioeconômicas da população do município de Campinas. O percentual de domicílios particulares permanentes do tipo casa é a principal unidade de moradia do município, salvo na região central, onde predomina a verticalização. Os mais elevados números de habitantes por quilômetro quadrado estão distribuídos pela área ocupada do município, mas as áreas com maior densidade demográfica se destacam especialmente na região central e em direção ao sul.

As porções leste e norte, por sua vez, apresentam predominância de baixas densidades. Com relação à renda per capita, Johansen (2018) percebeu uma clara divisão, marcada pela Rodovia Anhanguera, onde as regiões norte e leste apresentam altos rendimentos e a região sul mais empobrecida. Ele afirma que essa divisão entre os grupos sociais é bastante evidente independentemente da unidade espacial de análise selecionada.

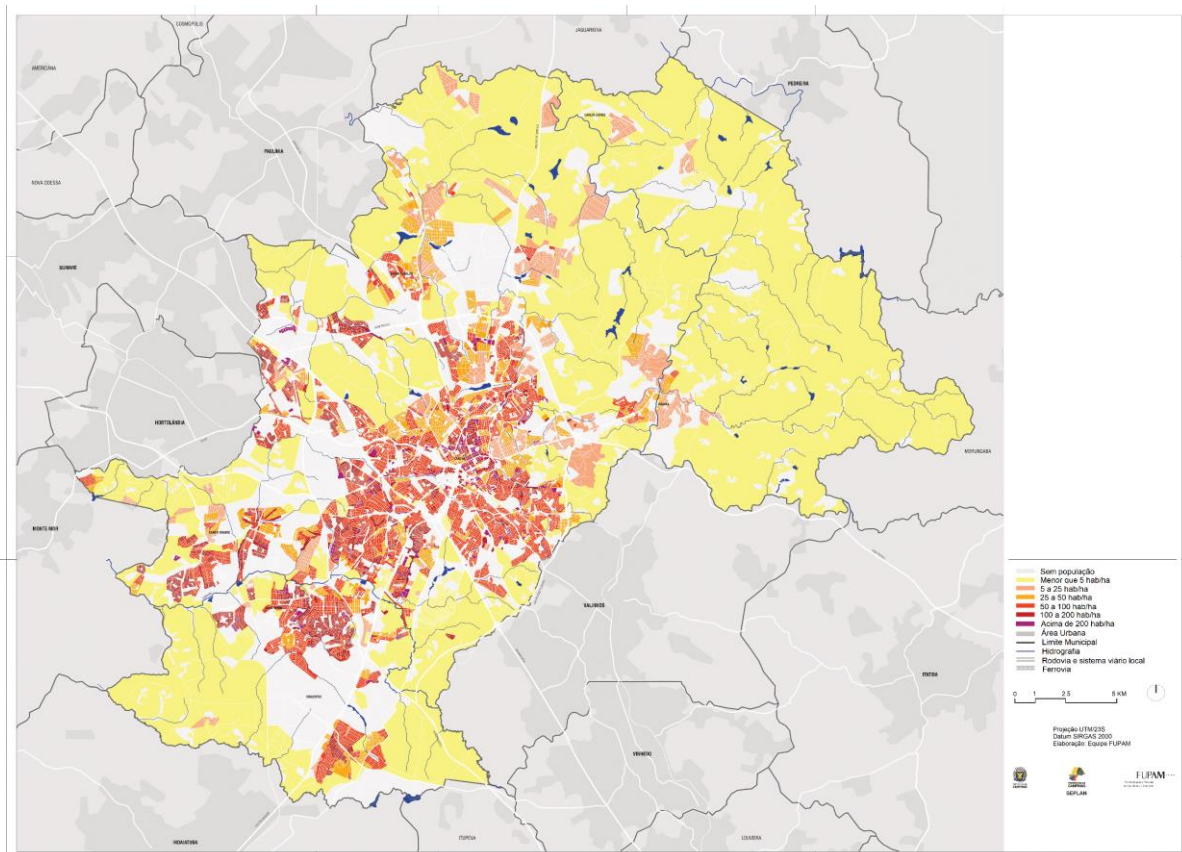


Figura 2: Densidade demográfica, Campinas, São Paulo.

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Campinas (2015).

O município de Campinas foi escolhido como área de estudo para esta pesquisa, pelo fato de nele, terem sido registradas algumas epidemias de dengue nos últimos anos. Por isto, reúne características epidemiológicas e geográficas favoráveis à infestação pelo mosquito *Aedes aegypti*. Sabe-se que desde a década de 1980 a população do município de Campinas tem crescido, devido, principalmente, a processos migratórios e ao desenvolvimento industrial que ocorreram como resultado de ações de desconcentração industrial da Região Metropolitana de São Paulo (JOHANSEN; CARMO; ALVES, 2016). Kubota (2012) relata que tal processo de crescimento populacional no município provocou a expansão desordenada do perímetro urbano

e o aumento dos problemas sociais urbanos, como o surgimento de periferias sem infraestrutura e equipamentos urbanos, coleta de lixo e fornecimento precário de água e coleta de esgoto.

Estes fatores contribuíram para o surgimento de paisagens com tendências para alta densidade de criadouros do *Aedes aegypti*. Além disso, por ser considerada um importante centro industrial, tecnológico e científico do país, localizando-se numa região de grande acessibilidade - tanto por via terrestre, como aérea -, Campinas apresenta condições que favorecem a grande circulação de pessoas em escala regional, nacional e internacional, contribuindo para maior difusão espacial do vírus da dengue.

Na última década ocorreram cinco anos com alta taxa de incidência de casos de dengue no município de Campinas: 2007 (1.100,936 casos/100 mil hab.), 2013 (609,331 casos/100 mil), 2014 (3.647,010 casos/100 mil), 2015 (5.638,185 casos/100 mil) e 2019 (2.185,083 casos/100 mil) (SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE, 2020; IBGE, 2007; 2010b; 2020). Portanto, o período de abrangência escolhido para esta pesquisa inclui o ano 2013, quando as taxas de incidência começam a aumentar; os anos 2014 e 2015 - com as maiores taxas de incidência já registradas no município - e, por fim, o ano 2016, quando ocorreu um decréscimo significativo na taxa de incidência (Figura 3).

O ano de 2019, para o qual também foi identificado um significativo aumento na taxa de incidência não será considerado nesta pesquisa devido ao prazo para finalização da tese e ao tempo necessário para obtenção, organização e padronização dos dados referentes aquele ano. No entanto, este período poderá ser acrescentado para análise em futuros artigos.

Percebe-se que há uma significativa diferença nas taxas de incidência e que há uma sazonalidade. Esse fenômeno pode estar associado à diversos fatores, tais como sorotipo da doença circulando durante determinado período, imunidade da população ou mesmo condições climáticas. É sabido que, conforme relatado por Johansen, Carmo e Alves (2016), a epidemia de 2007 foi causada principalmente pela circulação do sorotipo DENV-3 no município, e a de 2014, pelo sorotipo DENV-1. As elevadas taxas de incidência em 2014 mostram uma população que nunca havia tido contato massivo com o vírus DEN-1. Os autores acima mencionados ainda destacam que, da região metropolitana de Campinas, apenas Americana apresentou taxa de incidência de dengue autóctone superior à de Campinas em 2014, com taxa de incidência de 3.969 casos/100 mil habitantes. O sorotipo DENV-1 permaneceu circulando no município durante 2015 e 2016 (SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE, 2016)

A figura 3 mostra a evolução da taxa de incidência de casos confirmados de dengue no município de Campinas entre 1998 e 2019.

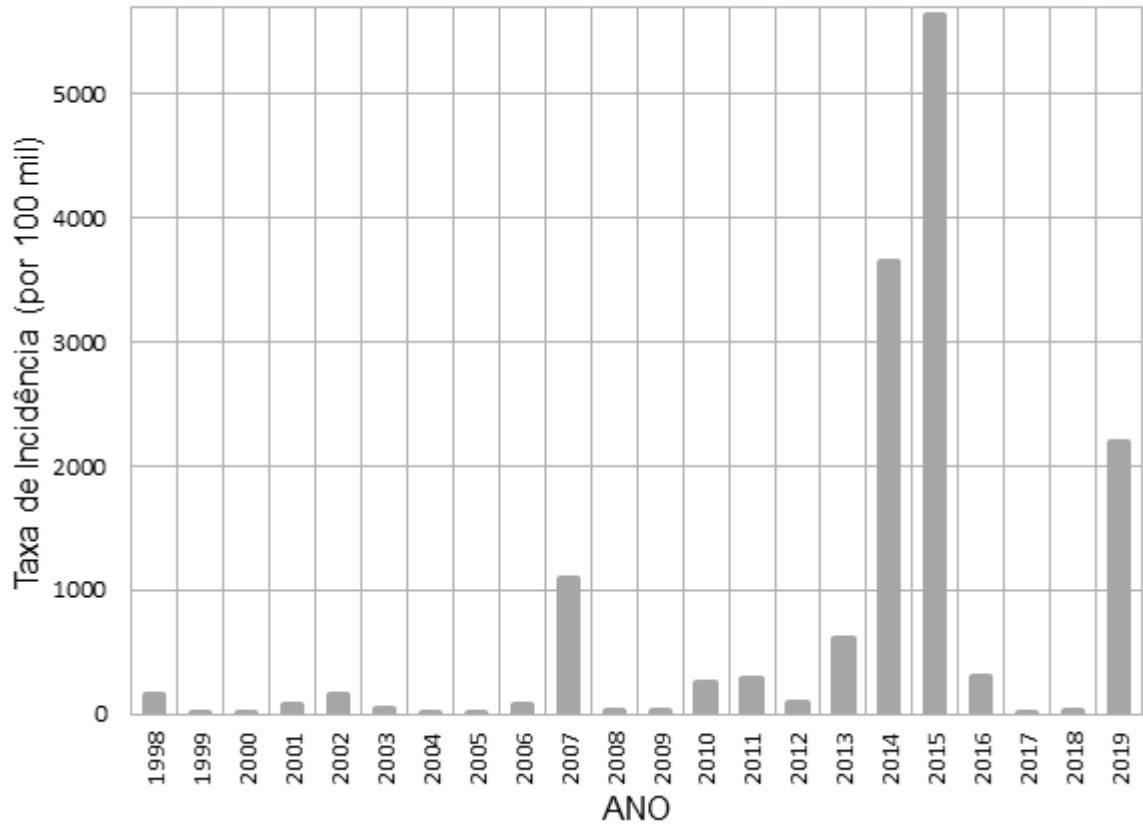


Figura 3: Evolução da taxa de incidência de dengue no município de Campinas-SP, entre 1998 e 2019.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde (2020) e pelo IBGE (2007; 2010b; 2020).

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*

Os mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* têm recebido grande atenção em todo o mundo, pois ambos são transmissores eficientes de doenças como a dengue, febre amarela, Zika e *Chikungunya*. Além disso, é sabido que o *Aedes aegypti*, mais comum em áreas urbanas, também é responsável pela transmissão da febre do vale Rift, doença que afeta principalmente animais, mas também pode infectar humanos (LETA, *et al.* 2018). Por isso, esforços têm sido feitos para a realização de um mapeamento do risco global das doenças transmitidas por estes mosquitos. Leta *et al.* (2018), por exemplo, identificaram tanto áreas onde essas doenças foram notificadas (seja por meio da transmissão ativa ou de surtos relacionados a viagens), como áreas em que esses agravos ainda não foram relatados, mas que são consideradas adequadas para os mosquitos.

Eles avaliaram dados referentes a 250 países, entre 1952 e 2017, e descobriram que 86% deles proporcionam condições adequadas para a sobrevivência e estabelecimento tanto do *Aedes aegypti* como do *Aedes albopictus*. O número total de países reportando casos autóctones de Zika, dengue, *Chikungunya*, febre amarela e febre do vale Rift, foram respectivamente 85, 111, 106, 43 e 39. O mapa mostra os locais sem ocorrência (em branco) até a ocorrência das cinco doenças (em vermelho) (Figura 4).

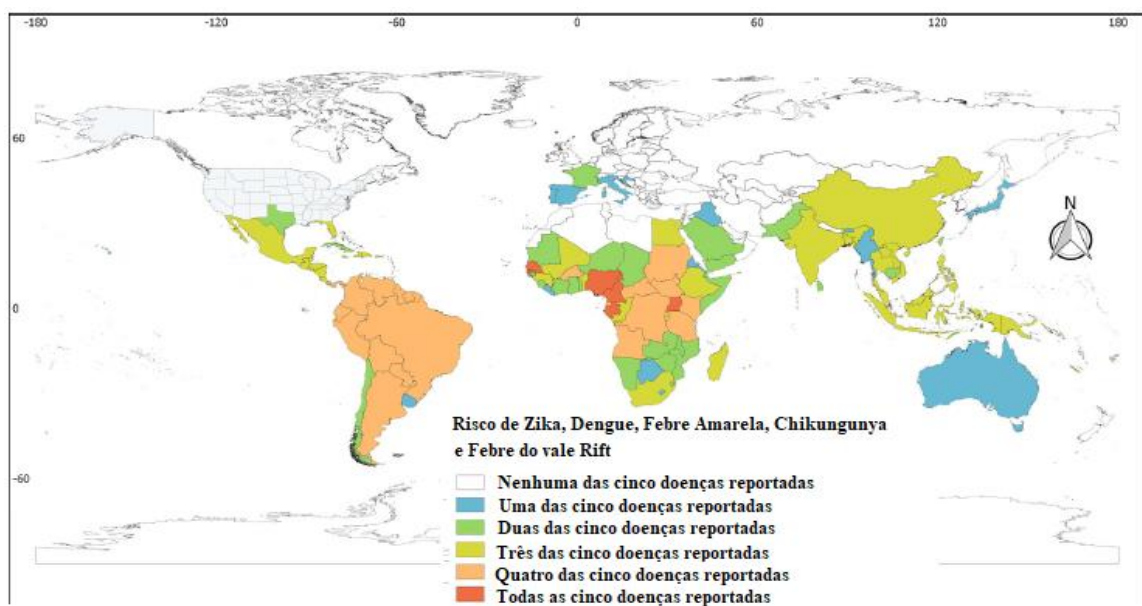


Figura 4: Ocorrência de doenças transmitidas pelos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* a nível global.

Fonte: Adaptado de Leta *et al.* (2018).

Em relação à América Latina e, especificamente ao Brasil, Marcondes e Ximenes (2016) apresentaram um panorama das doenças transmitidas pelos mosquitos *Aedes*. Os autores informam que tanto o *Aedes aegypti* como o *Aedes albopictus*, estão amplamente distribuídos e são muito numerosos, em pequenas e grandes cidades da América Latina. Estes mesmos autores relataram que, assim como aconteceu em outros continentes, o rápido crescimento urbano, que levou ao surgimento de conjuntos de habitações precárias, com infraestrutura inadequada, tem tornado difícil reduzir as populações de *Aedes aegypti*. Sobre as doenças transmitidas por este mosquito, eles informam que, no Brasil, entre 2002 e 2007 quase três milhões de casos de dengue foram notificados. Na região nordeste, por exemplo, mais de 75% dos criadouros surgem devido ao armazenamento precário de água, enquanto na região sudeste, a maioria desses locais é encontrado em recipientes domiciliares.

Além da dengue, estes pesquisadores também comentam sobre as recentes infecções de *Chikungunya*, que no Brasil, alcançaram altos números nos estados do Amapá, Bahia e Minas Gerais, no ano de 2014, e a Zika, foi notificada em ao menos sete estados brasileiros: Bahia, Sergipe, Paraíba, Rio Grande do Norte, Maranhão, Pará e São Paulo.

Consoli e Oliveira (1994) descreveram os principais mosquitos de importância sanitária no Brasil e forneceram explicações detalhadas sobre o ciclo de vida do *Aedes aegypti*, seus hábitos e principais fatores que influenciam no seu desenvolvimento e longevidade, que são aqui apresentados de maneira resumida. O ciclo de vida do *Aedes aegypti* compreende duas fases: a aquática e a aérea, passando por quatro estágios distintos (ovo, larva, pupa¹ e mosquito alado). As fêmeas restringem seus hábitos hematófagos aos horários diurnos, sendo seus picos de maior atividade no amanhecer e pouco antes do crepúsculo vespertino. Com relação à longevidade dos mosquitos adultos, essa depende de fatores como a nutrição larval, o metabolismo do adulto e sua idade fisiológica, além de fatores extrínsecos como temperatura, umidade, luz e a existência de parasitas e predadores.

No entanto, o *Aedes aegypti* tem se adaptado rapidamente, expandindo sua presença em regiões temperadas, indicando capacidade de inibir a eclosão dos ovos de acordo com a exposição à luz, o que poderia permitir a disseminação dessa espécie em regiões com invernos mais frios (FISCHER *et al.* 2019). Outra característica é de que as larvas do mosquito não precisam mais, necessariamente, de água limpa para se desenvolver. Um estudo conduzido por Beserra, *et al.* (2010) avaliou a influência da qualidade da água no ciclo de vida e a atração de

¹Nesta fase ocorre a metamorfose da larva para o mosquito adulto.

fêmeas do mosquito *Aedes aegypti* para depositar seus ovos em diferentes fontes de água, sendo conduzidos testes em amostras de água de esgoto bruto, efluente de reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), efluente de lagoa polimento, efluente de filtro anaeróbio, água da chuva e água desclorada. A qualidade da água demonstrou afetar apenas os estágios do ovo e da larva, mas não o pupal ou o adulto.

Também já é conhecida a resistência do *Aedes aegypti* a inseticidas. Vontas *et al.* (2012), realizaram uma revisão da literatura relacionada a mecanismos de resistência do *Aedes aegypti* aos inseticidas. Os autores relataram que este mosquito já desenvolveu resistência a todas quatro classes de inseticidas (carbamatos, organoclorados, organofosfatos e piretróides), o que tem comprometido o sucesso das intervenções de controle em diversos países.

As fêmeas podem se dispersar para encontrar parceiros, alimento ou locais para oviposição. Estudos mostraram que as fêmeas podem voar distâncias relativamente curtas, permanecendo próximas do local de onde eclodiram, em média 288,12 m. No entanto, deslocamentos do *Aedes aegypti* já foram observados em distâncias que variam entre 690 m e 800 m (HONÓRIO *et al.* 2003; FREITAS; OLIVEIRA, 2009).

5.2 Pontos estratégicos e imóveis especiais

De acordo com a Superintendência de Controle de Endemias do Estado de São Paulo (SUCEN, 2009), os Pontos Estratégicos (PE) são imóveis com maior importância na geração e dispersão ativa e passiva do *Aedes aegypti*. No quadro 1 é demonstrado o conjunto dos ramos de atividades associados a imóveis classificados como pontos estratégicos.

Os imóveis que apresentam grande quantidade de recipientes em condições favoráveis à proliferação de larvas, tais como depósitos de pneus usados e de ferro velho, borracharias e cemitérios, por exemplo, podem contribuir de forma importante nos níveis de infestação da área. Podem, também, se destacar na dispersão passiva do mosquito principalmente na fase de ovo, por meio do transporte de recipientes de um município para outro, em atividades comerciais.

Outros imóveis, como por exemplo, estações rodoviárias, aeroportos e transportadoras, geralmente apresentam pequena quantidade de recipientes propícios ao desenvolvimento do mosquito, no entanto, são importantes na dispersão passiva do *Aedes aegypti*, principalmente na sua fase adulta, em função do ramo de atividade que está relacionado ao transporte de mercadorias e passageiros.

Quadro 1: Principais ramos de atividade associados a pontos estratégicos

Ramo de atividade dos Pontos Estratégicos	
1- Borracharias, depósitos de pneus e recauchutadoras	9- Portos e aeroportos
2- Depósitos de materiais para reciclagem; oficinas de desmanche	10- Armazéns, silos e entrepostos
3- Postos de gasolina e de troca de óleo	11- Depósitos de contêineres
4- Oficinas mecânicas e funilarias	12- Construções/canteiros de obras; obras paradas
5- Lojas e depósitos de material de construção	13- Cemitérios
6- Depósitos de bebidas e garrafas	14- Floriculturas/viveiros de mudas
7- Garagens de carros, ônibus e transportadoras; marinas	15- Indústrias
8- Estações rodoviárias e ferroviárias	16- Outros

Fonte: Superintendência de Controle de Endemias do Estado de São Paulo (2009).

A atividade de pesquisa e controle deve ser realizada pelo município, com periodicidade quinzenal ou mensal a depender da classificação de risco do PE, considerando-se municípios que já estejam infestados pelos mosquitos *Aedes*. Essa atividade tem como objetivo realizar trabalho de vistoria, pesquisa larvária e ações de controle, contribuindo assim para reduzir os índices de infestação da área onde eles estiverem localizados e, também, conter a dispersão passiva para áreas não infestadas.

Ainda, conforme a SUCEN (2009), os Imóveis Especiais (IE) são imóveis não residenciais de médio e grande porte que apresentam maior importância na disseminação do vírus da dengue, em situações de transmissão da doença, em função do grande fluxo e/ou permanência de pessoas e, além disso, a complexidade das edificações favorecem a proliferação

dos mosquitos *Aedes*. Correspondem a estabelecimentos de ensino, quartéis, penitenciárias, hotéis, templos religiosos, casas comerciais, indústrias, entre outros. Os ramos de atividades dos IE encontram-se, a seguir, no quadro 2.

Quadro 2: Principais ramos de atividade associados a imóveis especiais

Ramo de atividade dos Imóveis Especiais	
1- Hospitais	12- Teatros
2- Serviços de pronto Socorro	13- Centros esportivos e/ou culturais
3- Ambulatórios e unidades básicas de saúde	14- Shoppings centers
4- Estabelecimentos de ensino	15- Hipermercados
5- Conventos e seminários	16- Outros imóveis comerciais de grande porte
6- Asilos	17- Imóveis industriais de grande porte
7- Hotéis e colônias de férias	18- Campos de futebol
8- Quartéis	19- Zoológicos
9- Delegacias de polícia	20- Clubes
10- Penitenciárias	21- Parques
11- Templos religiosos	22- Cidades universitárias
	23- Outros

Fonte: Superintendência de Controle de Endemias do Estado de São Paulo (2009).

Assim como acontece para os PE, as ações de vistoria, pesquisa larvária e de controle, também são realizadas pelo município e são, geralmente, consideradas mais

trabalhosas e complexas que em outros imóveis. Tais ações devem ser implementadas com periodicidade trimestral ou semestral a depender da classificação de risco e ramo de atividade.

Além disso, a SUCEN (2009) explica que, para que os imóveis sejam cadastrados como PE-IE, é necessário que estes atinjam uma pontuação mínima de risco, de acordo com as características destes imóveis, associadas à dengue. Esse cadastro deve ser atualizado continuamente, e revisado anualmente.

5.3 Geografia da saúde e epidemiologia espacial

A relação entre saúde, ambiente e cidade não é uma ideia nova. Um exemplo clássico é o estudo da distribuição espacial de óbitos por cólera na epidemia que atingiu Londres em 1854, realizado pelo médico John Snow (GUIMARÃES, 2015). Ele demonstrou a correspondência entre o número de mortes por cólera e o grau de poluição das fontes de água de cada bairro e identificou que os casos de morte por esta doença estavam concentrados nas ruas próximas a poços de abastecimento de água contaminados. Naquela época, suas recomendações foram importantes para o avanço das práticas em saúde pública na Inglaterra, pois ao sugerir o fechamento do poço identificado como fonte da infecção, o surto de cólera na cidade foi controlado.

Guimarães (2015) explica que, desde as primeiras décadas do século XX, nota-se a aproximação da pesquisa geográfica à perspectiva da saúde. Maximilien Sorre, por exemplo, valorizava a produção cartográfica, considerando as áreas de extensão dos principais problemas de saúde pública. Sorre também foi o responsável por propor a noção de “complexo patogênico”, em 1955, em sua obra Fundamentos biológicos da geografia humana, no qual o desenvolvimento de uma doença num agrupamento humano seria resultado da interação entre algum agente patógeno – por exemplo, vírus, bactéria, fungo, protozoário –, o hospedeiro humano e o ambiente. Naquela época, o rápido crescimento urbano verificado em todo o mundo e os intensos fluxos migratórios provocaram diversos tipos de impacto ambiental abalando as relações ecológicas e disseminando inúmeras doenças.

Ao longo do século XX, a Geografia se transformou, tanto com relação ao enfoque temático como dos procedimentos metodológicos e, assim, novas indagações foram reforçadas, conforme relata Guimarães (2015): como entender a dimensão social das doenças com maior incidência na população urbana? Como considerar os processos sociais na explicação das diferenças do perfil de morbimortalidade entre os bairros de uma mesma cidade?

Mais tarde, as reflexões do geógrafo Milton Santos sobre um novo período histórico – denominado por ele de período técnico-científico – ajudou a compreender que a produção do espaço urbano gera inúmeros complexos “tecnopatogênicos”. A poluição sonora e atmosférica e o modo de vida, caracterizados pelo estresse psicossocial, por exemplo, estão entre os maiores fatores de risco da vida nas cidades. Aos poucos, o conceito de doença deslocou-se para o de saúde, compreendida como um estado de bem-estar completo, físico, mental e social e não simplesmente marcado pela presença da enfermidade. Assim, as pesquisas em geografia da saúde passaram a se orientar em duas direções: dos estudos das doenças propriamente ditas e da atenção à saúde (GUIMARÃES, 2015).

Santana (2014), explica que o objetivo geral da geografia da saúde é proporcionar conhecimentos que sirvam para entender as relações que se estabelecem entre as condicionantes da saúde e os resultados efetivos na saúde, bem-estar e desenvolvimento dos territórios. Atualmente, tem se dado ênfase aos aspectos relativos à distribuição das doenças, aos problemas regionais da saúde ligados ao planejamento, utilização ou localização dos serviços públicos, à privatização dos cuidados de saúde e às explicações das variações em saúde. Desse modo, o território é a componente fundamental da geografia da saúde, pois é, simultaneamente, uma causa e um efeito dos problemas de saúde, sendo a ele acrescentados fatores como a composição socioeconômica, etnia e gênero, com impacto no acesso à saúde e aos cuidados de saúde.

Epidemiologia espacial, no entanto, não é sinônimo de geografia da saúde; epidemiologia espacial se refere a pesquisas epidemiológicas baseadas em dados espaciais. Apesar de as pesquisas epidemiológicas focando a localização tenham, historicamente, recebido menos atenção, a epidemiologia moderna tem cada vez mais incorporado a perspectiva espacial em projetos de pesquisas e modelos (KIRBY; DELMELLE; EBERTH, 2017).

As abordagens nesta área do conhecimento podem incluir o mapeamento da distribuição espacial das doenças ao longo do tempo, a criação de mapas de risco baseados na distribuição de vetores ou na incidência da doença e, também, a incorporação de elementos explícitos da paisagem (OSTFELD *et al.*, 2005).

Nesse sentido, Vanwambeke (2016) ressalta que as doenças transmitidas por mosquitos – ou de maneira mais geral, transmitidas por vetores – estão fortemente associadas aos condicionantes ambientais. A autora argumenta que o interesse pelas conexões entre distribuição de vetores, circulação de patógenos e o ambiente tem crescido ao longo dos últimos vinte anos e que duas razões principais podem explicar este fenômeno:

a) Muitos aspectos das mudanças ambientais globais têm impacto significativo no risco da emergência e re-emergência de doenças infecciosas, tais como clima, mudanças nas populações de animais e humanas, interações entre as populações de animais e humanos, mudanças no uso e cobertura da terra, mobilidade global – de bens e pessoas;

b) Nossa capacidade de analisar associações entre fatores ambientais e epidemiológicos é maior do que antes. Atualmente, é possível se mapear, com alta resolução espacial e temporal, vários fatores relevantes para doenças transmitidas por vetores. Além disso, dados relacionados a vetores, patógenos e doenças também estão ganhando maior acessibilidade, graças ao aumento das notificações, melhor compilação e publicação dos dados, bem como, o aparecimento de novas ferramentas digitais.

Assim, tanto sistemas de informação geográfica (SIG), como estatística espacial são ferramentas de análise de dados epidemiológicos espaciais (LAWSON *et al.* 2016). Conforme notam Robb, Bauer e Vena (2016), desde o início dos anos 1990 tem sido reforçado a importância da multidisciplinaridade em epidemiologia e que, esforços colaborativos são fundamentais para propor novas visões para a pesquisa científica.

A epidemiologia espacial se preocupa com o estudo das epidemias, avaliando sua distribuição no espaço geográfico e sua relação com prováveis fatores de influência e determinantes manifestos na paisagem. A geografia da saúde, não se limita apenas ao estudo de epidemias e doenças infecciosas, mas trata da distribuição geográfica de qualquer fenômeno relacionado à saúde: bem-estar social, distribuição de hospitais e postos de saúde, infraestrutura hospitalar e de saneamento básico, características demográficas e condições socioeconômicas, etc. O que há em comum é que ambas podem utilizar métodos e ferramentas de análise espacial e análise estatística similares.

Além disso, tanto a geografia da saúde como a epidemiologia espacial integram e complementam os conhecimentos da área da Geografia e da Epidemiologia: com relação à primeira, são necessários conhecimentos advindos da ciência geográfica – a definição de uma área de estudo e de uma escala de análise; a localização dos dados a serem considerados, sejam eles referentes a dados epidemiológicos, de vetores, de unidades de saúde, fontes de exposição; tais dados são representados e interpretados por meio da elaboração de mapas, com o auxílio de SIG. Com relação à Epidemiologia, são necessários conhecimentos sobre os agentes etiológicos da doença, sobre os modos de transmissão, sobre os perfis e fatores de risco para determinado agravo e sobre as medidas preventivas.

Nota-se também que, para o desenvolvimento de pesquisas sobre a distribuição espacial de epidemias e fatores que possam estar associados a elas, é importante considerar uma perspectiva multidisciplinar, para além das ciências geográfica e epidemiológica. É necessário buscar conhecimentos na área da biologia, climatologia, demografia, estatística, física, informática, entre outros.

5.4 Métodos e técnicas de análise espacial

Existem, atualmente, diversos recursos para a análise espacial, seja para revelar padrões por meio de eventos pontuais, areais ou por superfícies contínuas. Dentre tais representações, aquela relacionada aos mapas de eventos pontuais é considerada um dos procedimentos mais comuns e conhecidos na cartografia geográfica. O ponto, geralmente considerado como elemento localizador de dados e informações, contém certa simplicidade que é enganosa, conforme aponta Ferreira (2014a). O autor explica que, em análise espacial, os pontos não devem ser considerados isoladamente, mas, principalmente, com relação ao seu arranjo espacial, ou seja, um conjunto distribuído no espaço, que contém forma e densidade. É por meio deste arranjo que se pode visualizar, quantificar e mapear as diferenças entre os padrões de distribuição espacial de diversos tipos de objetos geográficos, tais como a localização de casos de uma epidemia.

Quando se trabalha com eventos em saúde, o arranjo espacial de pontos pode se apresentar de forma aglomerada, regular ou aleatória. No padrão aglomerado os pontos estão concentrados em um determinado local no espaço; no padrão aleatório, os eventos distribuem-se aleatoriamente, não havendo, aparentemente, um modelo que explique sua distribuição, sendo uma mescla de distribuição aglomerada e uniforme. Com relação ao padrão regular os pontos estão espalhados em todo o espaço, mantendo, no entanto, uma distância regular e constante entre si. Na prática de saúde, este último padrão citado é pouco comum, mas pode ocorrer, por exemplo, no caso da distribuição de armadilhas para monitoramento de infestação por mosquitos (ovitrampas), que são distribuídas propositalmente de forma regular (BRASIL, 2007).

5.4.1 Análise de autocorrelação espacial

Sabe-se que, com relação a doenças infecciosas como a dengue, os padrões espaciais geralmente apresentam autocorrelação espacial de aglomerados, devido a relações

espaciais entre os casos e o mecanismo locais de propagação da doença, envolvendo distância e vizinhança (JEEFOO; TRIPATHI; SOURIS, 2011).

Câmara *et al.* (2004) relatam que a caracterização da dependência espacial é fundamental para a análise exploratória espacial, pois ela mostra como os valores de um determinado atributo estão correlacionados no espaço e o quanto ele pode ser dependente dos valores desta mesma variável nas regiões adjacentes.

Para isso, existem testes de autocorrelação Global e Local. A diferença entre eles é que os indicadores globais fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados, enquanto os indicadores locais produzem um valor específico para cada subárea, permitindo a identificação de agrupamentos.

Conforme explicado por Câmara *et al.* (2004), para identificar a autocorrelação global, pode ser usado o Índice Global de Moran, cuja hipótese nula é de independência espacial (valor zero), sendo que o índice varia entre -1 e 1 , onde; valores positivos (entre 0 e $+1$) indicam correlação direta e negativos (entre 0 e -1), correlação inversa.

De acordo com Anselin (1995), o Índice Global de Moran pode ser expresso pela Equação 1:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_i z_i^2} \quad [\text{Eq. 1}]$$

onde, n é o número de unidades espaciais; w_{ij} são os elementos da matriz normalizada de proximidade espacial; $z_i = (x_i - \bar{x})$ e $z_j = (x_j - \bar{x})$, que se referem aos desvios do valor do atributo (x) em cada unidade em relação à média (\bar{x}) da região de estudo; e S_0 é a soma de todos os w_{ij} .

Outra abordagem para a análise de autocorrelação são os estimadores locais, como por exemplo, o Índice Local de Moran, também conhecido como LISA (*Local Indicator of Spatial Association*). Anselin (1995) sugere que um indicador local de associação espacial é qualquer estatística que satisfaça os dois requisitos a seguir:

- a) O LISA para cada observação fornece uma indicação da dimensão de agrupamentos espaciais significativos com valores semelhantes em torno daquela observação.
- b) A soma de LISA para todas as observações é proporcional a um indicador global

de associação espacial.

Desse modo, o Índice Local de Moran é expresso pela Equação 2 (ANSELIN, 1995):

$$I_i = \frac{z_i}{m^2} \sum_j w_{ij} z_j \quad [\text{Eq. 2}]$$

onde, $z_i = (x_i - \bar{x})$ e $z_j = (x_j - \bar{x})$, se referem aos desvios do valor do atributo (x) em cada unidade em relação à média (\bar{x}) da região de estudo; m^2 é a variância estimada do atributo nas n unidades espaciais; e w_{ij} são os elementos da matriz normalizada de proximidade espacial.

Conforme demonstrado por Ferreira (2014b), o índice de Moran pode ser utilizado em diversas situações de interesse para a Geografia, tais como a ocorrência de determinada espécie de planta; estabelecimentos comerciais (útil em estudos de *geomarketing* e segmentação de mercado); crimes; acidentes; casos de doenças, entre outros. Ao longo desta tese serão apresentados exemplos de aplicação deste método relacionados a estudos considerando a ocorrência de doenças, principalmente, a dengue.

Jeefoo *et al.* (2011) utilizaram os Índices Global e Local de Moran para avaliar os padrões de difusão espacial e identificar aglomerados de dengue na província de *Chachoengsao*. Essa província, localizada na Tailândia, é composta por 11 distritos, 93 subdistritos e 820 vilas. Os dados epidemiológicos utilizados nesta pesquisa referem-se a casos suspeitos e confirmados, notificados entre 1999 e 2007, para cada vila localizada na referida província. Inicialmente, a taxa de incidência foi ajustada, de modo que as áreas com menor densidade populacional pudessem apresentar taxas mais realistas. Por isso, foi utilizado o método de suavização de Bayes e os autores passaram a denominar a taxa suavizada de taxa de morbidade de dengue (*Dengue Fever Morbidity Rate*). Estes pesquisadores utilizaram o Índice Global de Moran para avaliar a autocorrelação na distribuição espacial da dengue e verificar se as vilas apresentavam padrões agregados ou dispersos em relação à taxa de morbidade de dengue. Para identificar autocorrelação espacial a nível local, foi utilizado o Índice Local de Moran (LISA).

Como resultado, eles observaram que a distribuição espacial das taxas de morbidade de dengue ocorreu de forma aglomerada ao longo de toda a província, durante todo o período estudado (1999-2007). O índice mais alto, com significância estatística, foi

encontrado para as taxas referentes ao ano de 2004 (*Moran's I*: 0,12). Desse modo, a estatística do Índice Local de Moran foi aplicada para os dados referentes ao ano de 2004 e revelou a existência de aglomerados de altas taxas de morbidade de dengue em três distritos (*Mueang Chachoengsao, Plaeng Yao e Bang Nam Priao*).

Pangilinan *et al.* (2017) analisaram a distribuição de incidência de dengue na Região da Capital Nacional (RCN), nas Filipinas, a mais densamente povoada do país. Foram utilizados dados de casos notificados de dengue, ocorridos entre 2010 e 2013. O Índice Global de Moran foi estimado para cada trimestre, ao longo dos quatro anos. Sete dos dezesseis trimestres apresentaram significância estatística, com nível de 5%. Os valores significantes do Índice Global de Moran variaram entre 0,1901 e 0,5244.

Após identificar a significância estatística para o teste global, eles utilizaram o Índice Local de Moran para identificar, em cada trimestre, as cidades que apresentaram aglomerados significativos. Desse modo, os autores identificaram que as cidades localizadas na região norte (tais como *Caloocan, Malabon, Navotas e Valenzuela*) exibiam alta autocorrelação espacial (com aglomerados H-H), indicando que os altos valores de taxas de incidência tendiam a ocorrer próximos entre si. Além disso, os resultados também sugeriram que havia um movimento dos aglomerados de incidência ao longo do tempo, das cidades do noroeste para o nordeste.

Ferreira (2020), utilizou o Índice Local de Moran para avaliar a distribuição de incidência de COVID-19 (*Corona Virus Disease*) no município de São Paulo-SP. Foram utilizados o Índice Local de Moran univariado para investigar a dependência espacial da taxa de incidência suavizada da doença e o Índice Local de Moran bivariado para avaliar a associação espacial entre a incidência suavizada e determinantes sociais da pobreza (média salarial, porcentagem de domicílios localizados em favelas e porcentagem de população acima de 60 anos de idade). Foram considerados 143.447 casos notificados até 18 de maio de 2020 e utilizada como unidade de agregação dos dados os 96 distritos do município. A taxa de incidência foi suavizada por meio do método de suavização empírica de Bayes.

O estudo demonstrou que a incidência suavizada apresentou autocorrelação espacial positiva e estatisticamente significativa ($I=0,333$; $p<0,05$), com aglomerados de altas incidências na zona leste do município e que os domicílios onde havia população mais vulnerável à COVID-19 estavam localizados nos distritos que possuíam como características baixos salários, alta porcentagem de favelas e baixa porcentagem de população acima de 60 anos de idade.

5.4.2 Detecção de aglomerados

Métodos como o de detecção densidade espacial *kernel* e a estatística espacial *Scan*, permitem identificar locais de ocorrência de aglomeração de eventos e, além disso, testar sua significância estatística, como é o caso da estatística espacial *Scan* (BRASIL, 2007).

Hazelton (2016) explica que, apesar de haver uma variedade de métodos estatísticos disponíveis para examinar a distribuição espacial e a variação de risco de doenças, o método de densidade *kernel* é ainda o mais comum. O autor salienta que, enquanto dados brutos podem ser difíceis de interpretar, o método de densidade *kernel* pode fornecer uma imagem mais clara da distribuição espacial geral dos eventos. Smith *et al.* (2018) afirmam que, para a utilização do método de densidade *kernel*, a seleção da largura de banda é, geralmente, mais uma arte do que uma ciência. Uma largura de banda maior, por exemplo, espalha a influência dos eventos pontuais a uma grande distância, mas é também mais provável a ocorrência de efeitos de borda próximo aos limites da região de estudo. Estes pesquisadores explicam ainda que, os valores da densidade *kernel* são apresentados como densidades relativas que fornecem valores de eventos por unidade de área (ou seja, são ajustados pelo tamanho da grade, representando em mapas, o número de eventos por metro quadrado ou por hectare) - esse é o padrão ou única opção disponível em muitos SIG.

Wen *et al.* (2015) analisaram a relação entre os locais onde há aglomeração de pessoas e a frequência dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Assim, eles puderam avaliar qual o risco espacial de exposição à dengue na cidade de *Kaohsiung*, em Taiwan, entre junho de 2009 e junho de 2010. Dentre os métodos utilizados pelos autores, está o estimador de densidade *kernel*. Nesta pesquisa, os autores representaram a distribuição espacial dos transmissores da dengue por meio de uma superfície contínua. Além disso, por meio da densidade *kernel* é mantida a privacidade dos dados dos pacientes. Com base em estudos preliminares, estes autores definiram um raio de 1.500 m para os mapas de risco de dengue e raio de 300 m de raio para os mapas de risco baseado nos vetores.

Wen *et al.* (2015) constataram também que os vetores têm, geralmente, maior probabilidade de surgirem em distritos bem desenvolvidos. A distribuição dos mosquitos *Aedes aegypti* parece estar mais concentrada nas áreas centrais, que são também os locais onde há maior aglomeração de pessoas. As áreas mais próximas aos limites da cidade, no entanto, apresentaram maior risco para os mosquitos *Aedes albopictus*.

Carvalho *et al.* (2017) utilizaram o método de densidade espacial *kernel* para identificar as regiões da cidade do Rio de Janeiro que apresentaram casos de dengue clássica e severa, durante os anos de 2011 e 2012. Para a análise de densidade *kernel* os autores utilizaram a função gaussiana e um raio de vizinhança de 900 m. Dentre os resultados obtidos, eles puderam identificar que das trinta e três regiões administrativas da cidade, sete delas apresentaram densidades variando entre os níveis de médio a alto, para casos de dengue clássica, enquanto nove apresentaram as mesmas classificações para densidade de casos de dengue severa. Isso demonstra que, apesar de a dengue se encontrar disseminada geograficamente por toda a cidade, observou-se uma predominância de áreas com altas densidades (*hotspots*) relacionadas a casos de dengue severa.

Além disso, foi possível identificar que as regiões administrativas de Bangu, Vila Isabel, Tijuca, Anchieta, Madureira e Campo Grande possuíam áreas com *hotspots* para casos de dengue clássica. Nas regiões administrativas de Realengo, Jacarepaguá, Rio Comprido, Copacabana Santa Teresa, Rocinha, Anchieta, Madureira e Campo Grande foram encontrados *hotspots* de dengue severa. Os autores consideraram, portanto, que essa pode ser uma ferramenta valiosa para o planejamento de ações no combate às epidemias de dengue.

Oliveira *et al.* (2017) utilizaram o estimador de densidade *kernel* para investigar a relação espacial entre os possíveis casos de *Zika* vírus em mulheres gestantes e casos de microcefalia. Foram utilizados dados secundários disponibilizados pelo ministério da saúde do Brasil, referentes a casos suspeitos de *Zika* vírus e casos confirmados de microcefalia, entre primeiro de janeiro de 2015 até 12 de novembro de 2016.

A análise dos mapas de densidade *kernel* baseados na distribuição de possíveis casos de *Zika* vírus em mulheres gestantes, mostrou, para o ano de 2015, um aglomerado maior de casos na região nordeste, principalmente no estado da Bahia. No ano de 2016, os casos expandiram para outras áreas da região nordeste e sudeste do Brasil. No entanto, para os dois anos analisados, eles observaram que os maiores aglomerados foram encontrados na região nordeste, acompanhados de alguns aglomerados menores também nas regiões sudeste, centro-oeste e sul.

Com relação aos casos confirmados de microcefalia, Oliveira *et al.* (2017) constataram que os casos seguiram a primeira onda epidêmica de *Zika* vírus, com casos de microcefalia ocorrendo predominantemente na região nordeste e alguns casos detectados nas regiões sudeste e centro-oeste. No entanto, não foram identificados aglomerados significativos após a segunda onda de *Zika* vírus, apesar de alguns aglomerados terem sido encontrados nas

regiões nordeste e sudeste, mas menos expressivos. Eles sugerem novos estudos para descobrir o porquê isso ocorreu.

No que se refere ao método para detecção de aglomerados *Scan*, esse algoritmo se difere do anterior pois detecta aglomerados espaciais e espaço temporais de forma prospectiva ou retrospectiva, fornecendo, ainda, a significância estatística dos aglomerados encontrados (KULLDORFF, 2015a). Conforme explicado por Jung (2016), segundo este método, são aplicadas inúmeras janelas de varredura com tamanhos variáveis, e são comparadas as áreas internas e externas à janela de varredura. A janela apresenta forma circular em duas dimensões, e cilíndrica em três dimensões, sendo que, a base representa o espaço, e a altura o tempo.

Kulldorff (2015a) esclarece que, para cada localidade (célula da grade) e tamanho da janela de varredura, a hipótese alternativa é de que existe um risco elevado no interior da janela em comparação com o exterior. A janela com máxima verossimilhança constitui-se o aglomerado mais provável, ou seja, aquele que tem menos probabilidade de ter ocorrido ao acaso. Entre os resultados calculados pelo programa, está o risco relativo (RR). Este é o risco estimado dentro do aglomerado dividido pelo risco estimado fora do aglomerado (KULLDORFF, 2015a). O modelo de varredura *Scan* integra o software gratuito *SaTScan*TM (KULLDORFF, 2015b).

Pellini *et al.* (2017) utilizaram o método de estatística por varredura para descrever a trajetória da epidemia de AIDS (*Acquired Immunological Deficiency Syndrome*) em mulheres com idade de 13 anos ou mais, residentes no município de São Paulo, no período entre 1983 e 2012. A análise espaço-temporal revelou diversos aglomerados, distribuídos em todas as regiões da cidade. Como resultado da variação espacial das tendências temporais, que permite identificar áreas com uma tendência de crescimento ao longo do tempo e proporciona uma estimativa de uma tendência temporal por toda a área de estudo, o que se observou foi uma tendência de periferização da epidemia.

Pinto *et al.* (2018) utilizaram estatísticas de varredura para identificar, dentre outros aspectos, a variação espaço-temporal de aglomerados de tuberculose entre imigrantes sul-americanos residentes no município de São Paulo, entre 2006 e 2013. Estes autores concluíram que, por meio da análise puramente espacial, as áreas de ponderação que representavam risco excessivo para tuberculose estavam localizadas, principalmente, na região central, norte e nordeste do município de São Paulo, enquanto a análise puramente temporal indicou um aglomerado de alto risco nos últimos três anos do período em estudo (2011-2013).

Farinelli *et al.* (2018) usaram o sistema de varredura para identificar aglomerados espacial e espaço-temporal de casos de dengue ocorridos no ano de 2007 em Várzea Paulista - SP. Os autores identificaram um aglomerado de alto risco na região nordeste e um aglomerado de baixo risco na região sudoeste. Eles foram a campo para fotografar paisagens representativas desses dois ambientes. Na região identificada como de alto risco, os domicílios eram, em geral, de um pavimento, autoconstruídas e, situados em áreas de ocupação. Por outro lado, na área de baixo risco os domicílios possuíam um ou dois pavimentos, geralmente com jardim, e, apartamentos construídos em locais de áreas regularizadas. Na análise espaço-temporal, os autores identificaram um aglomerado de alto risco, entre 31 de março e 20 de maio, e um aglomerado de baixo risco, entre 30 de maio e 2 de julho.

Bermudi *et al.* (2019) utilizaram o método *Scan* para identificar aglomerados espaciais de alto e baixo risco de óbitos por neoplasias de mama e de colo do útero em mulheres com idade de 20 anos ou mais, residentes no município de São Paulo, entre 2000 e 2016, segundo as áreas de abrangência das unidades básicas de saúde do município. Os autores constataram que as regiões mais centrais, ao norte e a oeste são as áreas identificadas como de alto risco para a mortalidade por câncer de mama, enquanto as regiões com maior risco para a mortalidade por câncer de colo do útero são aquelas localizadas nos extremos sul e leste do município.

Barrozo *et al.* (2020) desenvolveram um projeto de pesquisa cujo objetivo era verificar e acompanhar agrupamentos de municípios brasileiros com alto risco de casos confirmados e óbitos por COVID-19. Os pesquisadores consideraram o período entre 25 de fevereiro de 2020 até 01 de maio do mesmo ano, quando foram confirmados 90.982 casos e 6.367 óbitos no Brasil. Por meio do método de varredura *Scan* foi possível realizar a análise espacial retrospectiva e espaço-temporal prospectiva. Como resultados da análise espacial, foram encontrados 24 agrupamentos significativos, sendo aquele com maior número centrado em Taboão da Serra-SP e incluí outros 17 municípios. Com relação aos óbitos, foram encontrados 10 agrupamentos de alto risco significativos, sendo que o maior número de óbitos ocorreu no agrupamento que tem como centro o município de Osasco-SP e incluí outros 15 municípios. Como resultados da análise espaço-temporal foram encontrados 11 agrupamentos ativos até o dia 01 de maio e aquele com o maior número de casos tinha como centro o município de São Bernardo do Campo-SP e estava ativo desde o dia 31 de março. Os agrupamentos ativos de óbitos, por sua vez, foram encontrados no período entre 25 de fevereiro

e 01 de maio, sendo oito agrupamentos no total, sendo o mais importante centrado em Ferraz de Vasconcelos-SP e outros 28 municípios, com início no dia 06 de abril.

5.4.3 Avaliação do efeito da distância a possíveis fontes de risco

Quando se tem uma fonte suspeita de risco de dengue, podem ser criados mapas com áreas de influência em torno desta fonte e, em seguida, calcular a taxa de incidência dentro desta área de influência. Desse modo, pode-se avaliar se os riscos decaem com o aumento da distância da fonte suspeita (BRASIL, 2007). Marteis *et al.* (2013), Johansen e Carmo (2014) e Mendes (2016) já demonstraram o uso desse método, inclusive para avaliar a relação entre ocorrência de dengue e a proximidade de pontos estratégicos.

Marteis *et al.* (2013) identificaram e analisaram a distribuição espacial de imóveis-chave para *Aedes aegypti* no bairro Porto Dantas, em Aracaju, SE, entre 2007 e 2008. Para identificar os imóveis-chave, o primeiro levantamento foi realizado no período anterior à epidemia (setembro de 2007), o segundo foi realizado no início da epidemia (entre fevereiro e março de 2008) e o terceiro, no período posterior à epidemia (em novembro de 2008). Visitas foram realizadas em todos os imóveis do bairro, nos dias de segunda a sexta e, aos finais de semana, foram revisitados os imóveis inicialmente fechados. Todos os recipientes com potencial para se tornar criadouro foram investigados. Foram considerados como imóveis positivos aqueles que apresentavam alguma forma imatura do mosquito, independentemente da quantidade e do estágio de desenvolvimento dos imaturos. Para determinação dos imóveis-chave, os pesquisadores consideraram aqueles positivos em mais de um levantamento e que apresentassem pupas em, pelo menos, uma das visitas. Os autores utilizaram a análise de densidade *kernel*, com função de suavização quártica e largura da banda de 200 m. Para avaliar a dispersão dos mosquitos, partindo dos imóveis-chave, foram construídas áreas de influência de 200 m. Marteis *et al.* (2013) constataram que os imóveis-chave apresentam tendência de agrupamento na área próxima ao centro do bairro. A análise da dispersão dos mosquitos a partir desses imóveis revelou que eles são responsáveis pela manutenção da infestação na localidade e são focos geradores de mosquitos que podem se dispersar para áreas vizinhas ao bairro, pois o mesmo apresenta características favoráveis para a proliferação do *Aedes aegypti*, tais como áreas de urbanização precária e com a existência de invasões de terra.

Tendo em vista a importância potencial de pontos estratégicos para a disseminação dos mosquitos transmissores da dengue, Johansen e Carmo (2014) avaliaram a influência desses

imóveis em relação aos casos confirmados de dengue, ocorridos entre janeiro e maio de 2013, no município de Caraguatatuba-SP. Foram delimitadas faixas de distância de 300 m ao redor de cada um desses pontos, o que compreende o raio de voo do *Aedes aegypti*. Os autores explicam que a utilização das faixas de distância contribui para reduzir alguma imprecisão nos dados. Com o objetivo de estimar a dimensão da importância desses pontos no aumento da taxa de incidência de dengue nas regiões em suas proximidades, Johansen e Carmo (2014) acrescentaram uma coluna ao banco de dados, na qual, para as células abrangidas pelas faixas de distância foi atribuído o valor 1 (sim) e para as demais foi atribuído o valor zero (não). Essa variável foi acrescentada às outras características ambientais e sociodemográficas para realizar uma regressão binomial negativa inflacionada de zeros. Esse método de regressão foi escolhido pois, durante a análise exploratória dos dados, os autores identificaram que a variância se mostrou muito superior à média da distribuição dos dados, indicando uma possível superdispersão dos dados e, por esse motivo, não seria possível a utilização de outros modelos de regressão considerados mais tradicionais. Dentre as variáveis que mostraram relações estatisticamente significativas, cita-se a proximidade de pontos estratégicos, que aumenta a taxa de incidência de dengue em 67%.

Mendes (2016) utilizou a estratégia de delimitação de faixas de distância para avaliar a influência da proximidade de pontos estratégicos do município de Campinas, na ocorrência de casos de dengue em suas proximidades. Foram considerados os pontos estratégicos cadastrados em 2013. As faixas de distância foram delimitadas a partir dos pontos estratégicos em intervalos de 200 m até atingir o raio máximo de 2.000 m. Em seguida, as faixas de distância foram interseccionadas aos casos confirmados de dengue espacializados para 2013, para verificar o número de casos localizados em cada subárea. O teste KS foi usado por Mendes (2016) para avaliar a influência dos pontos estratégicos. Esse teste é usado para verificar se dois conjuntos de dados diferem significativamente, e é calculado com base na diferença máxima entre a proporção observada e a proporção estimada. Em seguida, esta diferença foi comparada a um valor de significância de uma tabela estatística. Para cada faixa de distância foram calculados o número de casos observados (aqueles localizados dentro da respectiva faixa de distância) e o número de casos esperados (estimado com base na média da densidade de casos/km² no município para o ano de 2013). O resultado do teste KS apresentou significância estatística e foi constatado que, na faixa de distância de 0 a 200 m aos pontos estratégicos, o número de casos observados foi o dobro do número de casos esperados e, conforme a distância aumentava, a diferença entre o número de casos observados e casos esperados diminuía. A

partir da faixa de distância de 400 a 600 m o número de casos esperados superou o número de casos observados. Nesse sentido, os pontos estratégicos avaliados nessa pesquisa indicaram ter uma influência no número de casos de dengue em suas proximidades para o ano de 2013.

5.5 Regressão linear simples

A estatística reserva o termo regressão ao estudo de uma variável dependente em função de uma ou mais variáveis, as variáveis independentes. O objetivo central desse tipo de análise é desenvolver um modelo matemático a partir do qual é possível estimar ou prever o valor médio da variável dependente a partir de variações na variável independente (MAIA, 2019). Maia (2019) explica que, entre os muitos tipos de associações entre duas variáveis, a mais simples e frequente é a linear. No entanto, é recomendável a elaboração de uma análise gráfica para compreender o tipo de relação entre as variáveis. A associação linear entre as variáveis pode ser positiva quando os valores de Y e X são diretamente proporcionais, ou negativa, quando os valores de Y e X são inversamente proporcionais. A regressão linear simples pressupõe que a relação entre Y e X seja dada pela Equação 3:

$$Y_i = \beta X_i + \alpha + \epsilon_i \quad [\text{Eq. 3}]$$

onde, Y_i é a variável resposta (ou dependente) e representa o que o modelo tentará prever; β é o coeficiente angular (inclinação em relação à variável explicativa); X_i é a variável explicativa (ou independente); α é o coeficiente linear (interceptação da reta com o eixo vertical); ϵ_i representa os resíduos, isto é, as diferenças entre os valores preditos e os valores reais. O comportamento dos resíduos é aleatório e deve satisfazer determinadas hipóteses, como: distribuição normal, homogeneidade das variâncias e independência da variável explicativa.

De acordo com Maia (2019), embora haja diferentes métodos para aplicação de regressão linear, o mais usual é o método dos mínimos quadrados. Um bom modelo de regressão é aquele que ajuda a explicar em grande medida a variabilidade de Y . O coeficiente de determinação R^2 varia entre 0 e 1 e estima a proporção da variabilidade da variável dependente que é explicada pela variável independente do modelo de regressão (Equação 4):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad [\text{Eq. 4}]$$

onde, n é o número de observações; Y_i são os valores observados; \bar{Y} é a média dos valores observados; e \hat{Y}_i é o valor estimado.

Para saber se o R^2 é significativo, ou seja, considerado estatisticamente diferente de zero, deve ser realizada a análise de variância (ANOVA). A estatística de teste utilizada é a estatística F , que é obtida por meio da razão entre dois quadrados médios (variâncias amostrais). No caso da regressão linear simples, o valor de significância (F de significação) coincide com o valor p do coeficiente angular da variável independente. A estatística F do teste da ANOVA para um ajuste de regressão linear simples é dada pelo conjunto de Equações 5 (MAIA, 2019):

$$\begin{aligned} QMR &= \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{k} \\ QME &= \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - k - 1} \\ F_0 &= \frac{QMR}{QME} \end{aligned} \quad [\text{Eq. 5}]$$

onde, k refere-se ao número de variáveis explicativas (independentes); n refere-se ao número de observações; QMR é o quadrado médio da regressão - desvio dos valores preditos (\hat{Y}_i) em relação à média (\bar{Y}); QME é o quadrado médio dos erros (resíduos) - desvio dos valores observados (Y_i) em relação aos valores preditos (\hat{Y}_i); e F_0 refere-se à estatística F .

Esse método de regressão linear já foi utilizado em outras pesquisas que buscam encontrar relações entre incidência de dengue e outros fatores, sejam eles sociais ou ambientais. Naqvi *et al.* (2019) investigaram o impacto da temperatura e pluviosidade na incidência de dengue entre 2007 e 2012 no distrito de Lahore (Paquistão) por meio de regressão linear simples e múltipla. Os resultados revelaram uma relação entre os fatores climáticos considerados e a incidência de dengue, com coeficientes de determinação significantes, a um nível de confiança de 95%.

Akter *et al.* (2017) estudaram a associação entre determinantes sociodemográficos e ecológicos na Austrália e tendência espaço-temporal dos casos de dengue. Os resultados da

análise de regressão linear indicaram que havia um aumento significativo de casos de dengue associado a fatores como propriedades contendo tanques para estocar água da chuva, chegada de pessoas do exterior, populações indígenas, casas com terraço e pessoas economicamente mais abastadas.

6. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa não houve necessidade de avaliação pelo comitê de ética, pois são utilizados dados secundários, contidos em banco de dados produzidos por instituições públicas, cujas informações são de acesso público. Além disso, os dados utilizados foram espacializados e apresentados apenas de forma agregada. De acordo com a Resolução n.º 510, de 07 de abril de 2016, esse tipo de pesquisa não exige avaliação por sistema de Comitês de Ética em Pesquisa e da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CEP/CONEP) (BRASIL, 2016).

Com base na consulta à literatura que serviu como fundamentação teórica para esta pesquisa, buscou-se dar enfoque nos principais métodos que têm sido utilizados em pesquisas na área de epidemiologia espacial, não se restringindo apenas a estudos de epidemias transmitidas por vetores. Dentre a ampla variedade de métodos apresentados que permitem a análise exploratória dos dados, sua organização e visualização em mapas, foram escolhidos para esta pesquisa: para a análise descritiva dos dados foram elaborados gráficos para representar a distribuição das taxas de incidência no município.

Na análise espacial dos casos de dengue, bem como das taxas de incidência foram utilizados os métodos de densidade espacial *kernel*, análise de autocorrelação de Moran e estatística espacial *Scan*.

Além de terem sido usados com sucesso em diversos trabalhos, conforme demonstrado anteriormente, esses métodos proporcionaram identificar as áreas com concentração de casos de dengue (densidade espacial *kernel*), avaliar a estrutura espacial das taxas de incidência, distinguindo os locais onde houve aglomerado de altas taxas (autocorrelação espacial de Moran) e estimar quais as áreas com risco elevado de incidência (estatística espacial *Scan*). Isso possibilitou verificar se, ao longo do período estudado, o arranjo espacial dos dados e localização dos aglomerados se mantiveram semelhantes ou foram alterados.

Para avaliar a relação dos PE-IE e a taxa de incidência em suas proximidades foi escolhido o método de criação de faixas de distância em torno dos potenciais fontes de risco. Conforme já mencionado, este método apresenta como vantagem a redução de alguma imprecisão nos dados, tenha ela sido gerada no momento da composição da grade regular ou na espacialização dos casos de dengue.

Para corroborar os resultados, foram elaborados gráficos demonstrando a relação entre a taxa média de incidência de dengue por faixa de distância, e a partir da análise gráfica, foi utilizado o método de regressão linear simples. A seguir, são apresentados, de forma mais detalhada, o material utilizado, os métodos empregados e os resultados obtidos por meio deles.

6.1 Material

6.1.1 Dados epidemiológicos

Foram utilizados os endereços dos casos confirmados de dengue registrados entre 2013 e 2016, obtidos do banco de dados da Secretaria Municipal de Saúde da Prefeitura Municipal de Campinas. Após a realização de um pedido formal ao Centro de Educação dos Trabalhadores da Saúde (CETS) e recebendo autorização do secretário municipal para realização da pesquisa, os dados foram disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica do município, em planilhas, omitidas todas as informações pessoais. Este banco de dados contém registros de 118.658 casos confirmados de dengue no período de 2013 a 2016, assim contabilizados: 6.940 casos em 2013, 42.218 em 2014, 65.835 casos em 2015 e; 3.665 casos em 2016.

Conforme orientações para vigilância em saúde das arboviroses urbanas no estado de São Paulo (CENTRO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016), a partir de 2017, todos os cálculos para o acompanhamento da situação epidemiológica de dengue por meio de análises temporais, são realizados tendo como base o ano-calendário e não mais o ano-dengue², de forma a padronizar os dados do estado de São Paulo, com aqueles obtidos pelo Ministério da Saúde.

De acordo com a figura 5, percebe-se que, posicionando-se os meses de janeiro a dezembro no centro da série, não ocorrerá o corte da série nos meses de pico da taxa de incidência, o que poderia prejudicar a análise temporal. Percebe-se que, no mês de janeiro a taxa de incidência começa a subir, atingindo os maiores valores, geralmente, entre os meses de março a maio. A partir deste mês, as taxas começam a decrescer, mantendo-se assim até dezembro, e, em janeiro, o ciclo se reinicia.

² Período entre as semanas epidemiológicas 27 (julho) a 26 (junho) do ano seguinte, dada a sazonalidade da transmissão no estado, com maiores taxas de incidências no verão e outono e acentuado declínio no início do inverno.

6.1.2 Pontos estratégicos e imóveis especiais

Os pontos relativos aos endereços dos pontos estratégicos e imóveis especiais cadastrados pela prefeitura municipal no período de 2013 a 2016, foram obtidos por meio de consulta aos relatórios do banco de dados “Relação de Pontos Estratégicos e Imóveis Especiais Cadastrados Como Positivos”, disponível no sistema SISAWEB, na página eletrônica da Superintendência de Controle de Endemias do Estado (SUCEN, 2017).

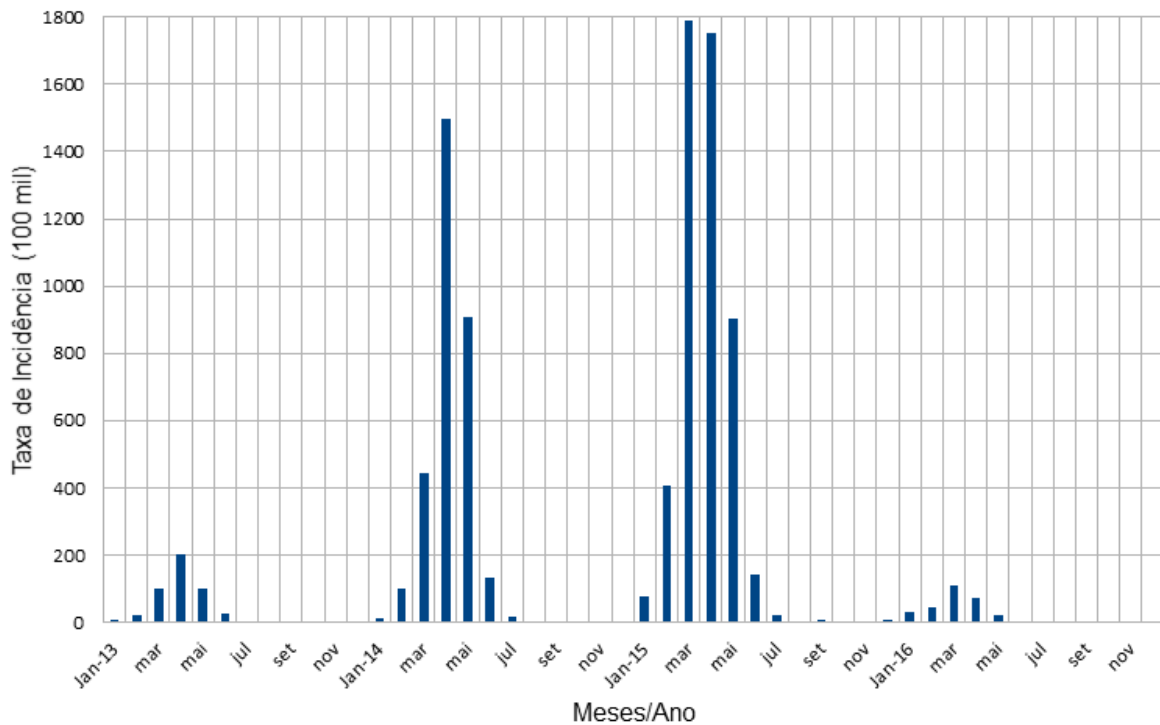


Figura 5: Variação mensal da taxa de incidência de dengue entre 2013 e 2016, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados em 2017 pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Foi possível realizar a seleção do período em que se deseja obter as informações, escolher o município de interesse, além da possibilidade de selecionar o órgão responsável pela execução de vigilância e cadastro. É importante destacar que, embora as prefeituras municipais sejam as principais responsáveis por esses tipos de levantamento, em períodos nos quais há aumento no número de casos de dengue e que o município seja de médio ou grande porte, outras entidades (como por exemplo, a SUCEN) podem ser convocadas a auxiliar no trabalho das prefeituras.

Os dados foram obtidos em formato de planilhas e apresentam o número de cadastro do PE ou IE, o ano em que ele foi cadastrado, o ramo de atividade do estabelecimento, o endereço, o número de recipientes pesquisados, se apresentou larvas de *Aedes aegypti* e/ou *albopictus*, e, também, o número de mosquitos encontrados de cada uma das espécies (*Aedes aegypti/albopictus*).

Desse modo, foram considerados para esta pesquisa 1.089 PE-IE, sendo 161 PE referentes ao ano de 2013; 225 em 2014; 257 em 2015; e 239 em 2016; 59 IE referentes ao ano de 2013; 46 em 2014; 51 em 2015; e 51 no ano de 2016 (Figuras 6 a 13).

6.1.3 Dados cartográficos vetoriais

Foram utilizados nesta pesquisa três tipos de arquivos em formato vetorial cartográfico *shapefile*: limites territoriais do município de Campinas; setores censitários e a grade estatística do Censo Demográfico de 2010, todos disponibilizados na página eletrônica do IBGE (2010a; 2010c).

A grade estatística do Censo de 2010 contém dados demográficos agregados e mapeados em células de dimensões de 1.000 m x 1.000 m nas áreas rurais, e 200 m x 200 m nas áreas urbanas. Diferente de unidades geográficas tradicionais, como os setores censitários, bairros ou municípios, a grade estatística, se mantém estável e fixa, podendo se adaptar a diferentes recortes geográficos e facilitando a realização de estudos comparativos ao longo do tempo. Além disso, suas células integram mais facilmente a outros dados científicos, como por exemplo, imagens obtidas por sensores orbitais (IBGE, 2010c).

Para referenciar a localização de aglomerados de casos e incidência de dengue, ao longo deste trabalho, optou-se por usar a mesma nomenclatura adotada pela secretaria municipal de saúde para a subdivisão dos distritos e centros de saúde (Figura 14 e Quadro 3).

Como base de logradouros foram utilizados os dados do *Google Maps*, disponibilizada na *web*.

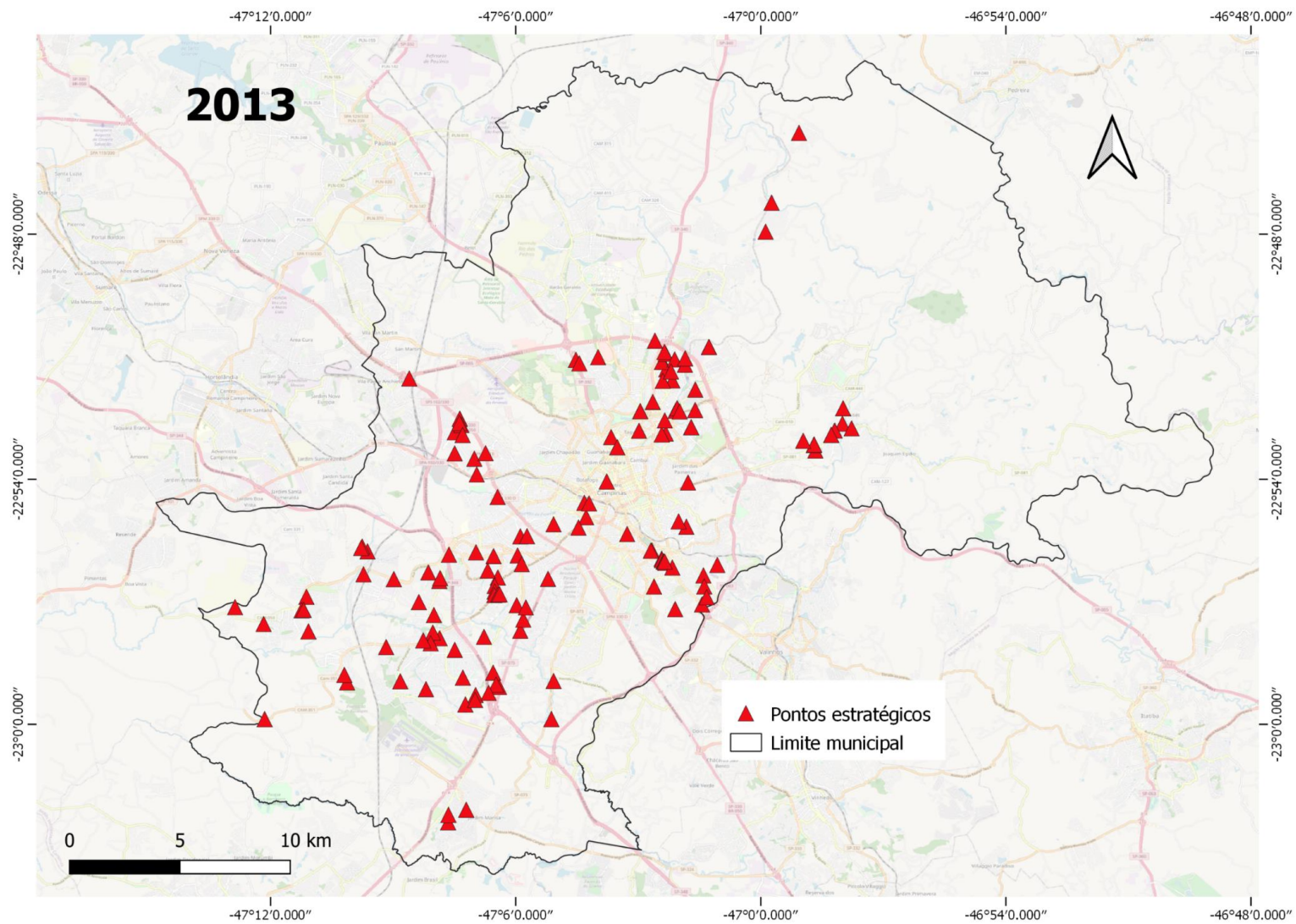


Figura 6: Mapa de localização dos pontos estratégicos cadastrados no ano de 2013, em Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

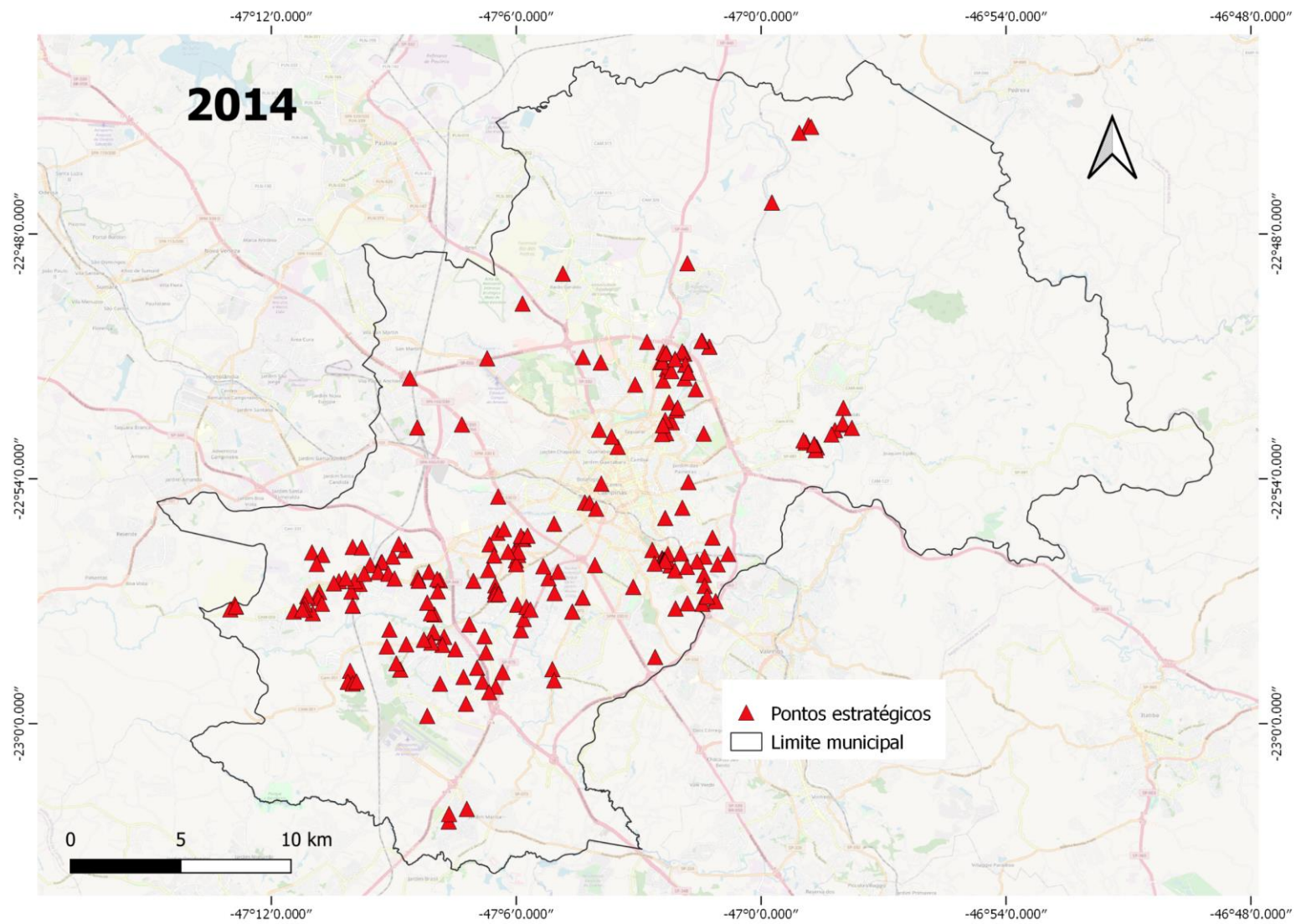


Figura 7: Mapa de localização dos pontos estratégicos cadastrados no ano de 2014, em Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

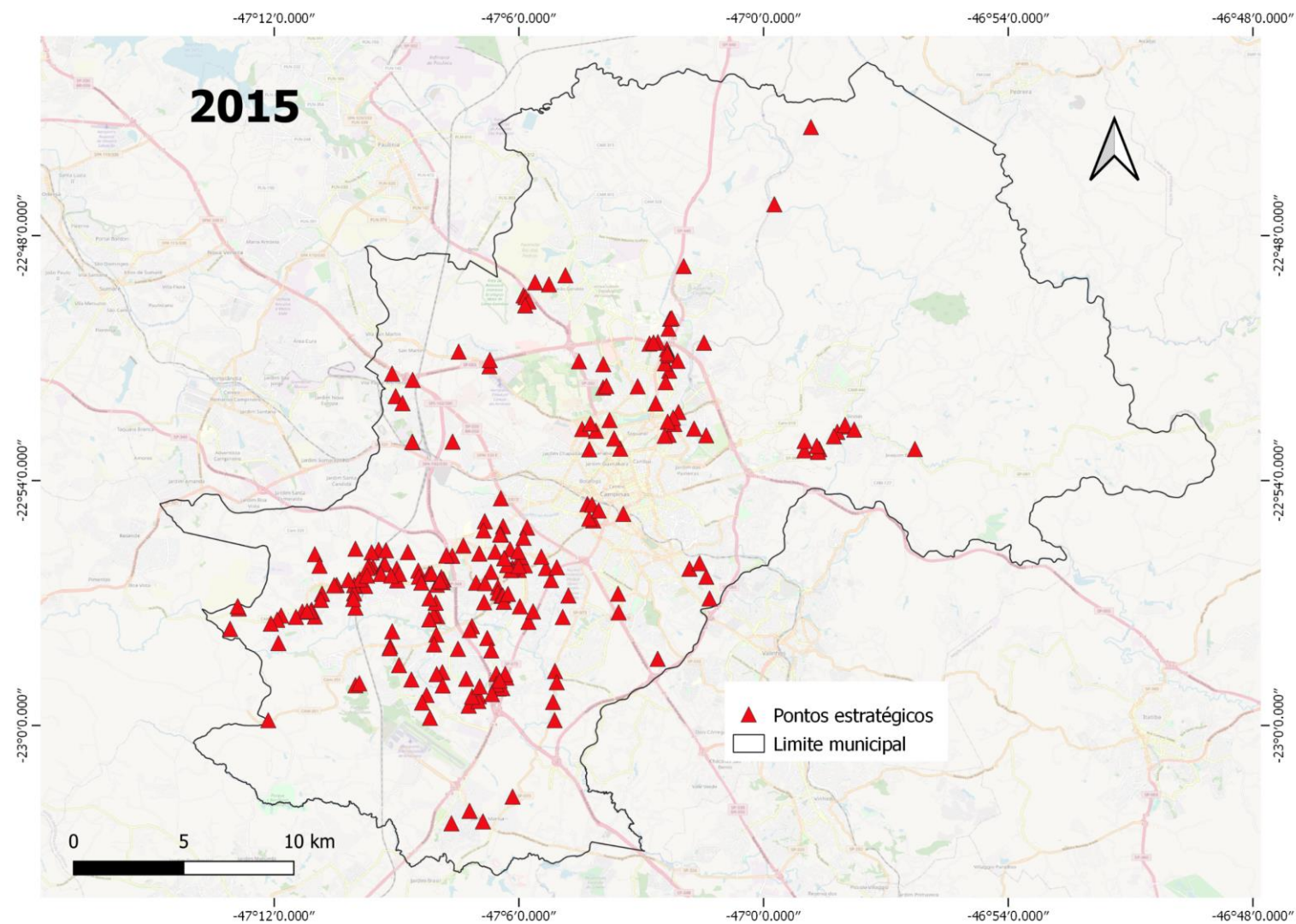


Figura 8: Mapa de localização dos pontos estratégicos cadastrados no ano de 2015, em Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

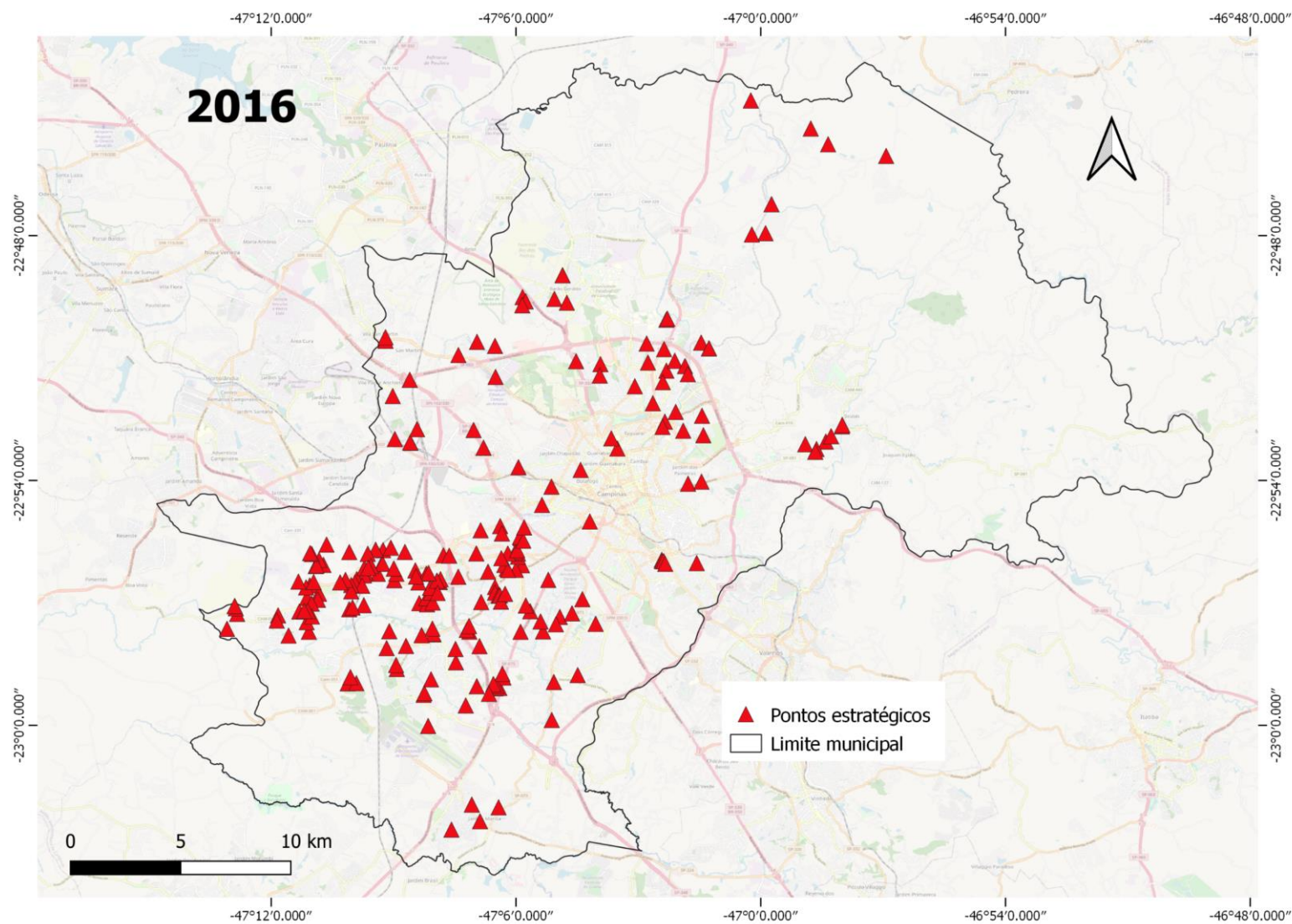


Figura 9: Mapa de localização dos pontos estratégicos cadastrados no ano de 2016, em Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

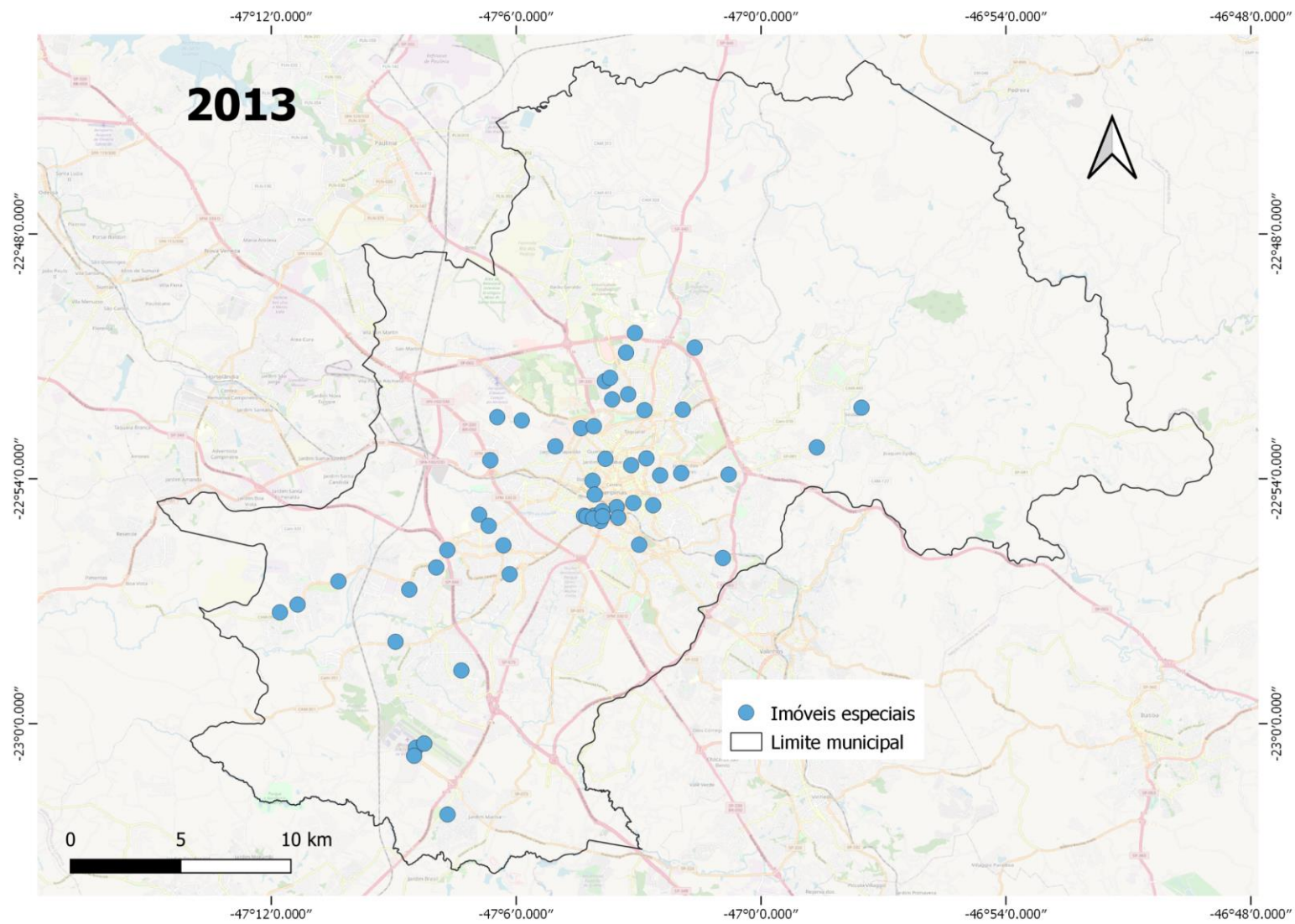


Figura 10: Mapa de localização dos imóveis especiais cadastrados no ano de 2013, em Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

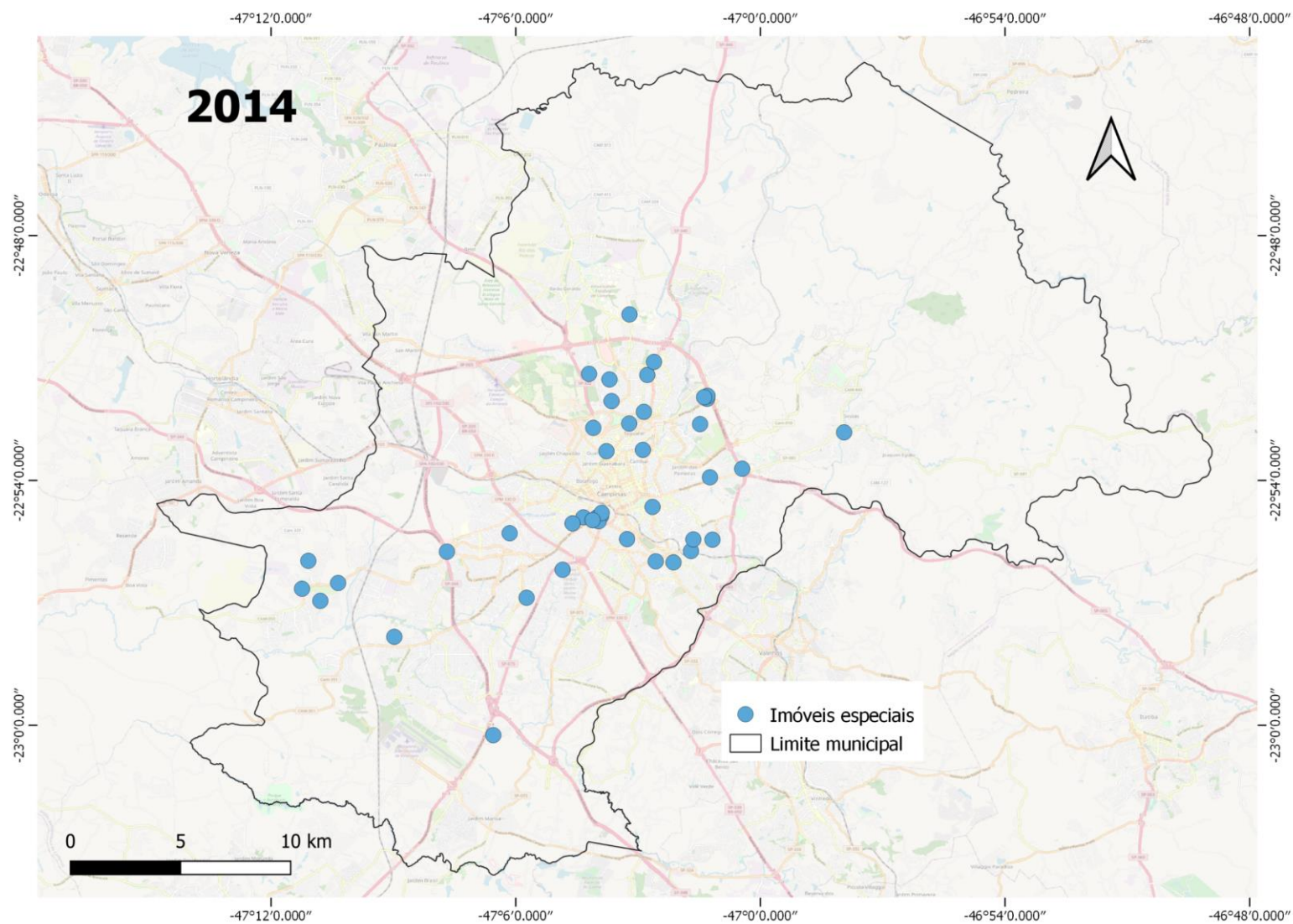


Figura 11: Mapa de localização dos imóveis especiais cadastrados no ano de 2014, em Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

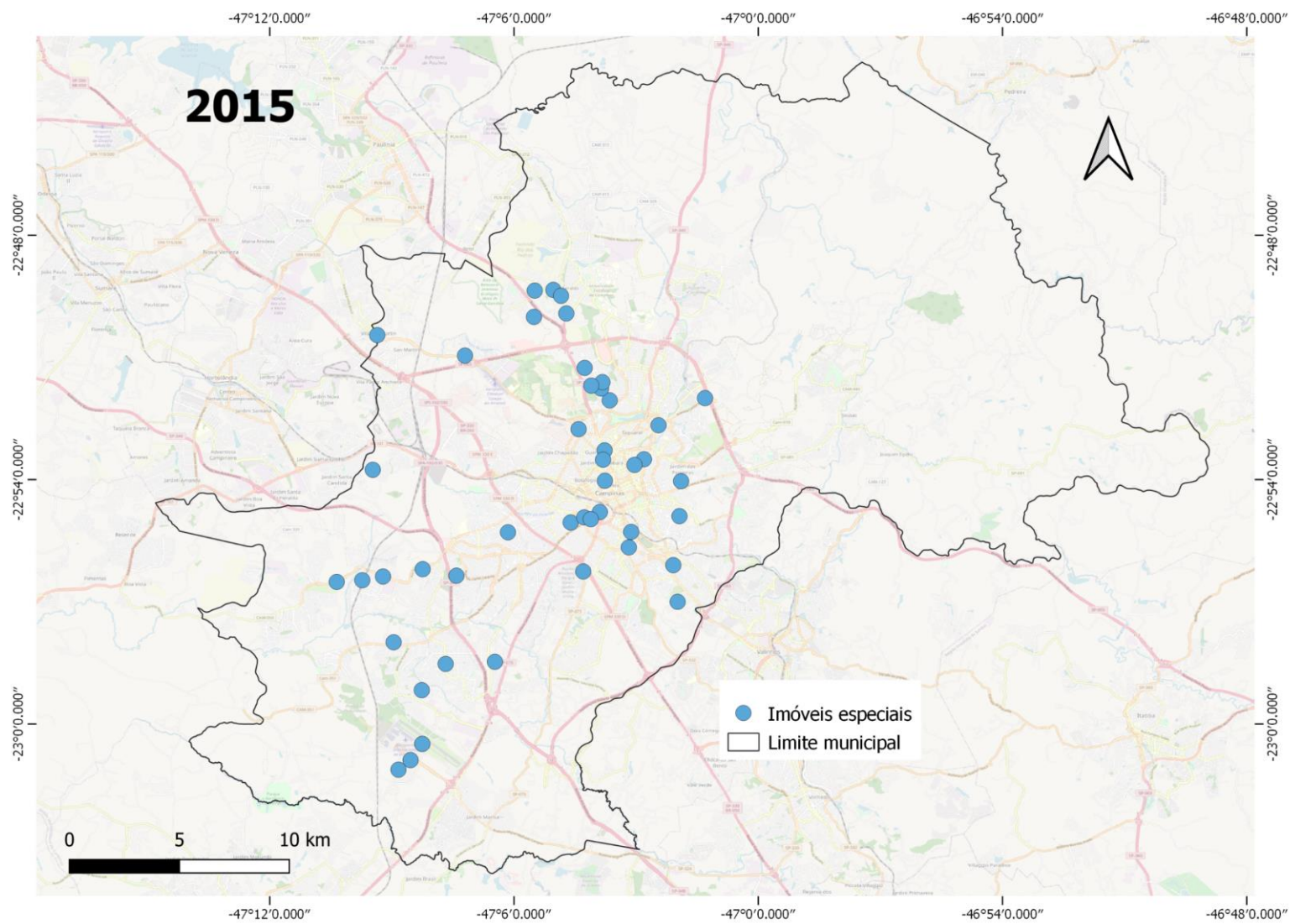


Figura 12: Mapa de localização dos imóveis especiais cadastrados no ano de 2015, em Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

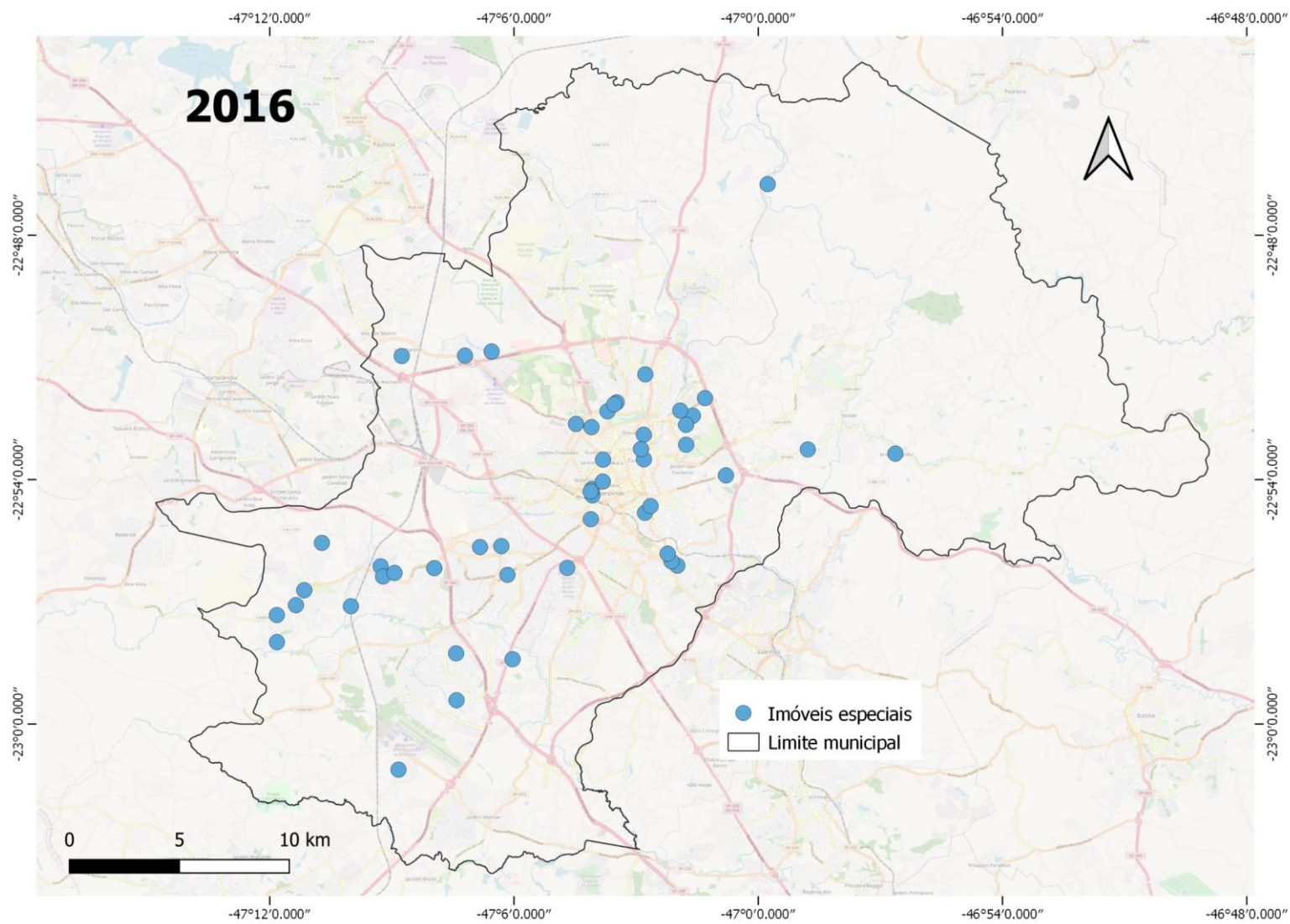


Figura 13: Mapa de localização dos imóveis especiais cadastrados no ano de 2016, em Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

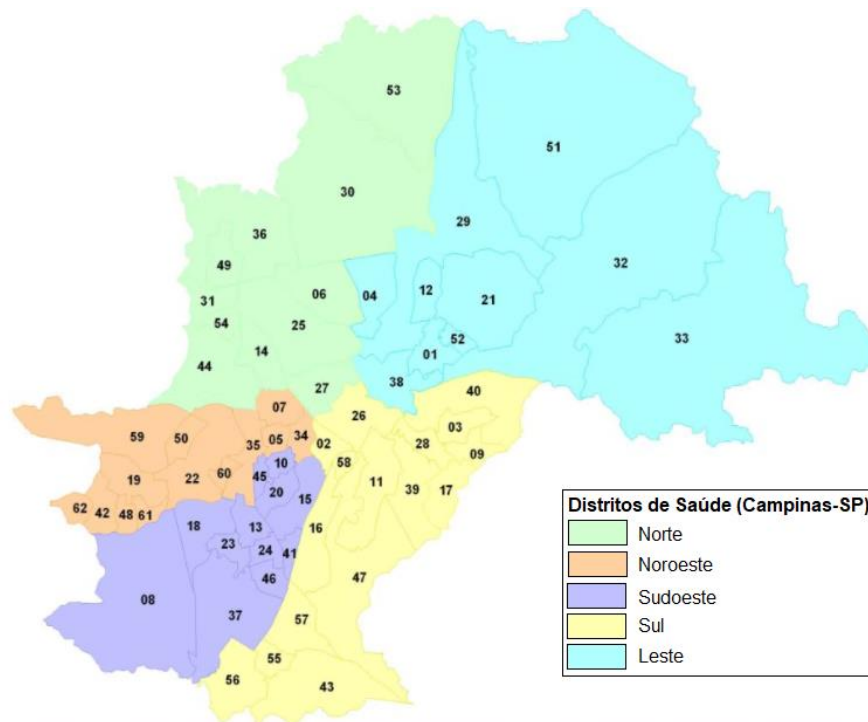


Figura 14: Subdivisão dos distritos e centros de saúde do município de Campinas.

Fonte: Adaptado de Secretaria Municipal de Saúde (2021).

Quadro 3: Centros de Saúde do município de Campinas – SP

Centros de Saúde		
1 - Conceição	22 - Florence	43 - São Domingos
2 - Vila Rica	23 - Dic I	44 - Sta. Bárbara
3 - Orozimbo Maia	24 - Dic III	45 - V. União / CAIC
4 - Costa e Silva	25 - Eulina	46 - Santo Antônio
5 - Perseu	26 - Faria Lima	47 - Carvalho de Moura
6 - Santa Mônica	27 - Aurélia	48 - Itajaí
7 - Integração	28 - Santa Odila	49 - Cássio Raposo do Amaral
8 - União dos Bairros	29 - Taquaral	50 - Rossin
9 - Esmeraldina	30 - Barão Geraldo	51 - Carlos Gomes
10 - Santa Lúcia	31 - Anchieta	52 - Boa Esperança
11 - Figueira	32 - Sosas	53 - Village
12 - São Quirino	33 - Joaquim Egídio	54 - Rosália
13 - Aeroporto	34 - Pedro Aquino	55 - Campo Belo
14 - Boa Vista	35 - Ipaussurama	56 - Fernanda
15 - Campos Elíseos	36 - São Marcos	57 - Nova América
16 - São José	37 - São Cristóvão	58 - Oziel
17 - São Vicente	38 - Centro	59 - Santa Rosa
18 - Vista Alegre	39 - Vila Ipê	60 - Satélite Iris
19 - Valença	40 - Paranapanema	61 - Lisa
20 - Capivari	41 - Itatinga	62 - Campina Grande
21 - 31 de março	42 - Floresta	63 - San Martin

Fonte: Adaptado de Secretaria Municipal de Saúde (2021).

6.2 Metodologia

6.2.1 Organização e padronização da base de dados

Considerando-se a grande quantidade de dados utilizados nesta pesquisa, a padronização dos endereços dos casos, bem como dos pontos estratégicos e imóveis especiais, contidos nas planilhas originais, constituiu-se em uma atividade detalhada, complexa e trabalhosa, tendo em vista os problemas de preenchimento e digitação dos bancos de dados fornecidos para utilização nesta pesquisa. Esta atividade foi realizada manualmente, endereço por endereço, demandando assim, dedicação intensa por um longo período, tendo sido realizado por cerca de dois anos. A comparação e padronização da nomenclatura do banco de dados e da base do sistema viário se deu linha a linha.

Esse processo de organização e padronização foi fundamental para realizar, com maior acurácia, a geocodificação dos dados. Nesta etapa da pesquisa, os endereços foram conferidos individualmente e comparados com a sua respectiva localização na base vetorial do sistema viário e, sempre que necessário, corrigidos para a grafia correta. A grafia correta adotada para cada endereço foi aquela disponível na base do sistema viário do *Google Maps*. As principais inconsistências identificadas, tanto nas planilhas referentes aos logradouros dos casos de dengue, como dos imóveis cadastrados como pontos estratégicos e imóveis especiais foram as seguintes: endereços digitados em grafia incorreta; endereços incompletos; abreviaturas de partes do endereço; e, inclusive, campos de endereço deixados em branco.

Optou-se por digitar os endereços por extenso, sem abreviação e sem acentuação. Exceções foram feitas quando o endereço só era encontrado no sistema do *Google Maps*, usando abreviações ou acentuação. No entanto, quando o logradouro contido na planilha referente aos casos não era encontrado, de nenhuma forma, na base do sistema viário, recorria-se à página de internet dos correios para busca de Código de Endereçamento Postal (CEP), para verificar, principalmente, dois aspectos: se o logradouro de fato existia e seu registro não constava na base do sistema viário do *Google Maps*; ou se havia algum logradouro com o nome similar, localizado no mesmo bairro.

No quadro 4 são mostrados alguns exemplos de inconsistência identificadas nesta etapa. Para manter o anonimato das informações originais, os exemplos apresentados são fictícios.

Para a padronização dos endereços referentes aos casos de dengue, além do maior volume de dados, surgiram outras dificuldades, dentre as quais destacamos:

a) Endereços com grafia duplicada, localizados em bairros diferentes, em alguns casos um classificado como rua e outro, como avenida (nesses casos, foi acrescentado o nome do bairro ao nome do logradouro);

b) Endereços grafados como números ou letras, que se repetem em vários loteamentos e condomínios (esses casos foram separados para caso fossem expressivos, serem revistos ao final da etapa de padronização).

c) Alguns endereços não puderam ser identificados, porque a grafia não corresponde ou nem se assemelha a endereços da base de dados. Há, ainda, endereços localizados fora do município de Campinas, em municípios limítrofes. Nessas situações os endereços foram classificados como *não encontrados*.

Quadro 4: Exemplos de grafias que dificultaram o processo de geocodificação de endereços (os exemplos são fictícios)

GRAFIA CORRETA (PADRÃO GOOGLE MAPS)	EXEMPLOS DE GRAFIAS ENCONTRADAS NOS REGISTROS
AVENIDA GILDA IZALTINA GRIECCO	RUA HILDA ISOLINA GREGO
	AV. DILMA HISALTINA GRIGOL
	AV GILZA I. GRECO
RUA JOAO FREDERICO OLIVEIRA WERNECK	R. JOAO WERNER DE OLIVEIRA
	RUA JOSE FREDERICO O. VERNEQUE
	RUA JOAO F. WERNEQUE OLIVEIRA
RUA ALE MOHAMED AHMED	AV. ALLAN MOHAMED ARMEDE
	R. ALMORAN MAMEDE
	A M AHMED
RUA ANTONIA KNIPPELBERG LOUREIRO	AV ANTONIA NIPPELBERGUE
	RUA ANTONIA K. LOURENÇO
	R. ANTONIO ROSENBERG LOUREIRO

Fonte: Elaboração própria (2018).

6.2.2 Geocodificação dos dados

O método de geocodificação proposto no projeto de pesquisa inicial era o de utilizar o complemento *mmqgis*, disponível no sistema de informação geográfica QGIS (QGIS, 2021), versão 2.18.16. Este método de geocodificação foi utilizado apenas para os PE-IE.

No entanto, desde junho de 2018 a empresa *Google* atualizou as normas de utilização de seus aplicativos, impondo limites de uso, a partir dos quais o serviço passa a ser cobrado (GOOGLE, 2018). Para adquirir a chave do *API Geocoding* é necessário realizar um cadastro na plataforma *Google Cloud*, fornecendo dados pessoais e uma forma de pagamento dos serviços. Para serviços de geocodificação o limite de gratuidade corresponde, atualmente, a cerca de 40 mil endereços por mês. Por esse motivo foi preciso considerar a possibilidade de utilização de outro método, que fosse de acesso livre, gratuito e de relativa facilidade de operação para ser utilizado com os endereços de casos confirmados de dengue (Tabela 1).

Foram testados quatro métodos para geocodificação:

- a) Complemento *mmqgis*, disponível no QGIS, que utiliza a base cartográfica do *Open Street Map*;
- b) Complemento *mmqgis*, disponível no QGIS, que utiliza a base cartográfica do *Google Maps*;
- c) *Google Earth Pro*;
- d) Complemento do *Google Documents*.

Tabela 1: Resultados obtidos em cada método de geocodificação testado

Método de Geocodificação	Percentual de Endereços Geocodificados (%)	Percentual de Endereços Geocodificados Corretamente (%)
MMQGIS (<i>Open Street Map</i>)	67,52	62,36
MMQGIS (<i>Google Maps - API Geocoding</i>)	100,00	97,43
GOOGLE EARTH	100,00	97,74
<i>Script</i> disponível no GOOGLE DOCUMENTS	100,00	98,38

Fonte: Elaboração própria (2018).

Para os testes de geocodificação acima mencionados foram considerados parte dos dados, relativos ao ano de 2013, que naquele momento já estavam organizados e padronizados.

Em razão do número elevado de casos, optou-se por subdividir a planilha principal em várias planilhas com menor número de pontos, evitando com isso sobrecarregar os aplicativos e provocar eventuais erros de processamento. O critério adotado foi separar os endereços por centro de saúde. Mais informações sobre esta etapa podem ser encontradas em Mendes; Ferreira (2019) e o método que apresentou melhor desempenho e, portanto, o escolhido para geocodificar os casos, foi utilizando o complemento *Geocode* disponível nas planilhas no *Google Documents* e executando o script denominado *Geocoding Macro Google Script*.

Em seguida, os endereços dos pontos geocodificados foram conferidos, com ênfase nos pontos que se afastavam da área analisada. Naqueles pontos em que se percebia a necessidade de correção da localização, o editor de mapas do *Google Maps* foi usado para movê-los para a localização correta.

6.2.3 Estimativa da população residente com base nos setores censitários e na grade estatística

Os dados de arquivos vetoriais cartográficos referentes aos setores censitários e grade estatística já contém os dados sobre a população estimada pelo censo de 2010 do IBGE. Desde o último censo, houve aumento da população, estimada pelo IBGE, para o município como um todo. Sabe-se que em 2010, a população no município era de 1.080.113 habitantes. Nos anos abrangidos por esta pesquisa, a população estimada aumentou para 1.144.862 habitantes em 2013; 1.154.617 em 2014; 1.164.098 em 2015; e 1.173.370 habitantes em 2016, conforme pode ser visto na figura 15.

A estimativa para os anos em estudo está disponível apenas para o município, mas não para os setores censitários ou células da grade estatística. Para ajustar anualmente a população residente nestas áreas foi utilizado o índice de crescimento populacional anual, calculado com base na estimativa da população realizada pelo IBGE.

Por isso, ao arquivo vetorial dos setores censitários, onde já havia a informação sobre a população do censo de 2010, foram acrescentadas colunas para estimar a população para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 (Figura 16). Este procedimento, bem como os demais descritos a seguir, foram realizados por meio do QGIS, versão 3.4.11 e projetados em WGS84 / UTM zona 23S (EPSG: 32723).

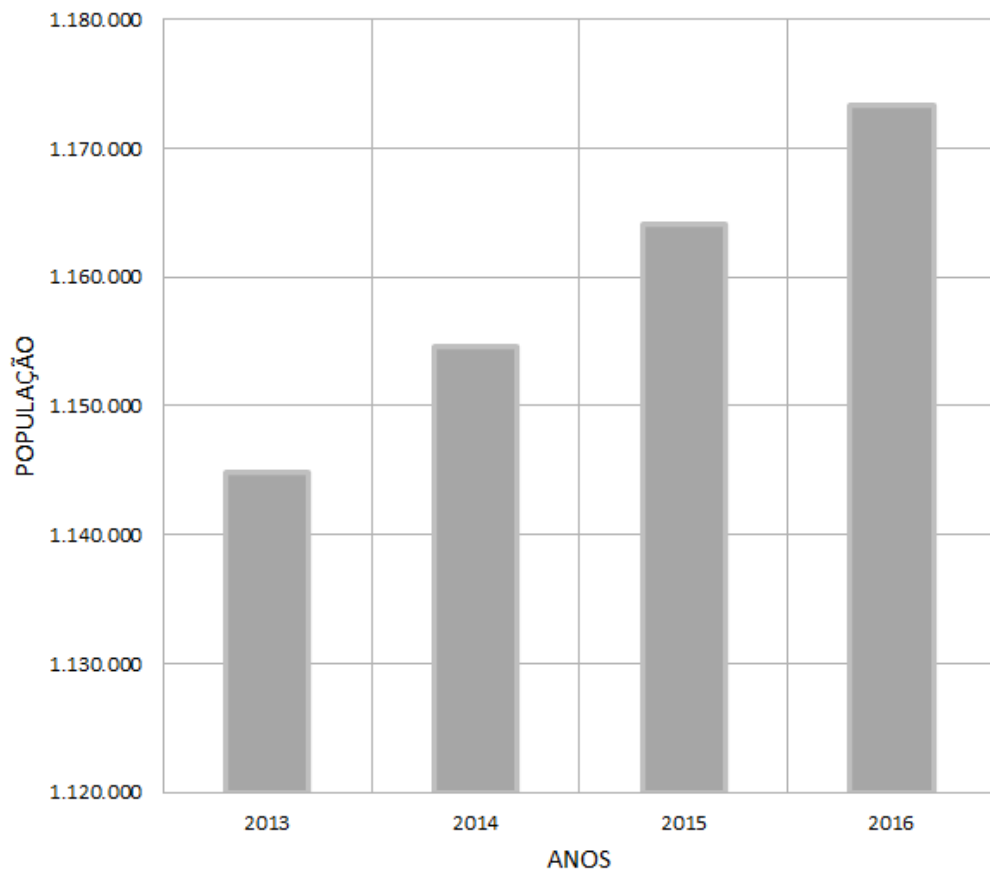


Figura 15: Estimativa da população para o município de Campinas para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados do IBGE (2020).

CD_GEOCODI	TIPO	NM_MUNICIP	pop2010	pop2013	pop2014	pop2015	pop2016	OBSERVACAO
350950205001266	URBANO	CAMPINAS	167	177	179	180	181	
350950205001267	URBANO	CAMPINAS	49	52	52	53	53	
350950205001268	URBANO	CAMPINAS		228	228	228	228	IMAGEM GOOGLE
350950205001269	URBANO	CAMPINAS	156	165	167	168	169	
350950205001270	URBANO	CAMPINAS	407	431	435	439	442	
350950205001271	URBANO	CAMPINAS	315	334	337	339	342	
350950205001272	URBANO	CAMPINAS	402	426	430	433	437	
350950205001273	URBANO	CAMPINAS	229	243	245	247	249	
350950205001274	URBANO	CAMPINAS	507	537	542	546	551	
350950205001275	URBANO	CAMPINAS	241	255	258	260	262	
350950205001276	URBANO	CAMPINAS	533	565	570	574	579	
350950205001277	URBANO	CAMPINAS	620	657	663	668	674	
350950205001278	URBANO	CAMPINAS	265	281	283	286	288	
350950205001279	URBANO	CAMPINAS		810	810	810	810	IMAGEM GOOGLE

Figura 16: Banco de dados contendo a estimativa da população para o município de Campinas para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados do IBGE (2020).

Dentre os setores censitários, 31 deles não possuíam moradores no ano de 2010. Para estes, foi realizada a estimativa populacional para 2013, 2014, 2015 e 2016, sobrepondo-se o vetor destes setores censitários às imagens de satélite do *Google Earth*, referentes a cada ano (Figuras 17 e 18). O método de estimativa da população para períodos intercensitários utilizando-se imagens de satélite já foi utilizado anteriormente, a exemplo do estudo realizado por Souza (2013), em que foi empregada a metodologia de interpretação visual de imagens de satélite (IKONOS II) para identificar áreas que possuísem características de ocupação residencial semelhantes, caracterizadas pelo espaço construído.

De acordo com este procedimento, foram contabilizados os imóveis observados em cada setor censitário e, em seguida, multiplicando-se o número de imóveis pelo número médio de três moradores por domicílio (IBGE, 2010b). Quando identificados prédios de apartamentos residenciais, fazia-se o uso do *Google Street View* para contabilizar o número de andares e número de apartamentos por andar. Nos casos em que ambientes coletivos eram observados, mantinha-se população zero.



Figura 17: Imagem orbital mostrando ocupação e uso da terra de um setor censitário de Campinas em 2010, nas proximidades do centro de saúde San Martin, distrito de saúde norte.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base em captura de tela de imagens do Google Earth.



Figura 18: Imagem orbital mostrando ocupação e uso da terra de um setor censitário de Campinas em 2016, nas proximidades do centro de saúde San Martin, distrito de saúde norte.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base em captura de tela de imagens do Google Earth.

O passo seguinte foi o cálculo da taxa de incidência de dengue (casos por 100 mil habitantes) nos setores censitários, por meio de intersecção entre a camada vetorial contendo pontos relativos aos endereços dos casos de dengue e a camada vetorial relativa aos setores censitários, por meio da ferramenta de contar pontos no polígono, disponível no QGIS (Figura 19).

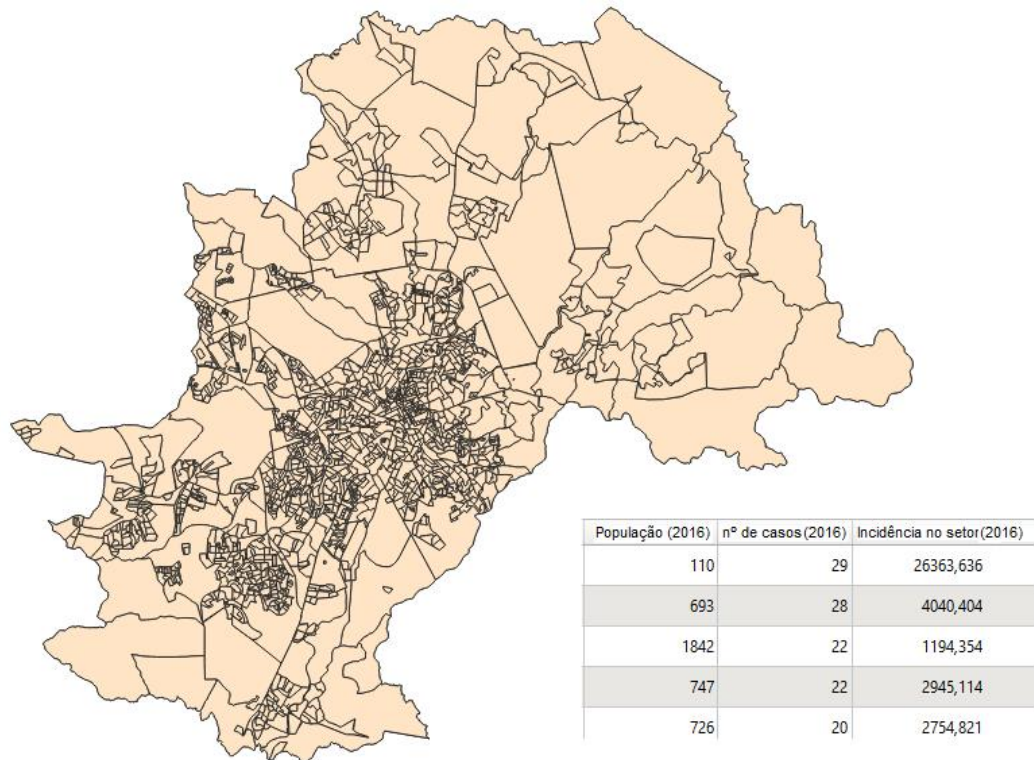


Figura 19: Exemplo de parte do banco de dados contendo o cálculo das taxas de incidência.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos setores censitários do IBGE (2010a).

Considerando-se que o arquivo vetorial da grade estatística do IBGE também já continha em sua tabela de atributos a população das células, estimada para o ano de 2010, a população para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 foi calculada conforme o índice de crescimento da população estimado para cada ano, da mesma forma que havia sido realizado para os setores censitários. A taxa de incidência em cada ano foi calculada com base na intersecção entre os casos de dengue e as células da grade, contendo a população atualizada.

Notou-se que alguns casos de dengue estavam localizados em células onde a população em 2010 era igual a zero. Como a população e a taxa de incidência já haviam sido atualizadas para os setores censitários, optou-se por adotar, para estes casos, o valor de taxa de

incidência do setor censitário no qual aquela célula se localizava. Caso a célula estivesse entre dois ou mais setores, era atribuída àquela célula, a média das taxas de incidências dos setores censitários. O mesmo procedimento foi adotado para a correção nos valores de *outliers* de taxas de incidência nas células da grade.

6.2.4 Análise espacial dos dados epidemiológicos

O Índice Local de Moran foi aplicado para identificar nas subáreas do município (células da grade estatística), possíveis aglomerados de autocorrelação.

Para o cálculo do Índice Local de Moran, foi utilizado o GeoDa, versão 1.14.0 (ANSELIN, 2019). Primeiramente, a partir das células da grade estatística, foi criada uma matriz de vizinhança por contiguidade de 1ª ordem, do tipo *Queen*. Em seguida, por meio da opção *Univariate Moran's I*, foi selecionada como variável as taxas de incidência para determinado ano e a matriz de vizinhança calculada na etapa anterior. Desse modo, foi possível identificar, para cada ano, aglomerados de autocorrelação local, detectando células com altos valores de taxas de incidência, próximas de células com altos valores de taxas de incidência (aglomerados H-H) e células com baixos valores de taxas de incidência, próximas de células com baixos valores de taxas de incidência (aglomerados L-L), conforme explicado por Ferreira (2020). A finalização dos *layouts* para esses mapas foi realizada no QGIS.

Para identificar a localização dos aglomerados de casos de dengue foi utilizado o método de densidade *kernel*, disponível no QGIS, onde o resultado é gerado em formato *raster*, indicando a densidade espacial de casos. Para o cálculo da densidade espacial foi utilizado o raio de 200 m, equivalente à média de voo do mosquito *Aedes aegypti* (HONÓRIO *et al.* 2003; FREITAS; OLIVEIRA, 2009).

Para identificar a localização de aglomerados de altas taxas de incidência foi utilizado o método de varredura *Scan*, disponível no programa *SaTScan*. Primeiro, foi necessário preparar os dados para inserção no programa. São criadas três planilhas, contendo as informações sobre o número de casos, sua localização e população. Foi considerado como unidade de análise as células da grade estatística e o procedimento foi aplicado, separadamente, para cada ano em estudo.

Na planilha de casos (Figura 20), cada linha representa um caso, e a cada caso está associado à sua localização (código de identificação da célula da grade estatística) e o ano de ocorrência; na planilha de localização dos casos (Figura 21), cada linha representa uma célula

da grade estatística, contendo a informação sobre seu código de identificação e a ela devem estar associadas as coordenadas de seu respectivo centroide. As coordenadas dos centroides são geradas previamente a este procedimento, por meio do programa QGIS.

	A	B	C
1	Código de Identificação da célula	Casos	Ano
2	200ME56976N87674	1	2013
3	200ME56976N87676	1	2013
4	200ME56976N87680	1	2013
5	200ME56978N87680	1	2013
6	200ME56976N87682	1	2013
7	200ME56996N87664	1	2013
8	200ME56996N87664	1	2013
9	200ME56996N87664	1	2013
10	200ME56996N87664	1	2013

Figura 20: Exemplo de parte da planilha de casos inserida para processamento no SaTScan.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Por fim, na planilha de população (Figura 22), cada linha refere-se à uma célula da grade estatística e a ela devem estar associadas as informações sobre seu respectivo código de identificação, a população estimada para cada célula e o ano considerado.

A análise pelo método *Scan* foi realizada segundo a opção puramente espacial, para detecção de aglomerados de altas taxas de incidência por meio do modelo de probabilidade discreta de Poisson. A janela espacial tinha formato circular e seu tamanho poderia considerar até 50% da população sob risco.

Tal parâmetro é sugerido no manual do usuário deste programa (KULLDORFF, 2015a). Foram realizadas 999 replicações e coletados o aglomerado de Gini. No *SaTScan*, existem diferentes critérios para reportar aglomerados, que irão produzir diferentes coleções de aglomerados sobrepostos ou não sobrepostos. O programa *SaTScan* possui uma ferramenta para determinar a melhor coleção de aglomerados, usando o índice de Gini, criando uma série de

aglomerados de Gini não sobrepostos. Com este critério, o *SaTScan* seleciona o grupo de aglomerados não sobrepostos que maximiza o índice de Gini, de forma que haja uma grande diferença nas taxas entre as áreas de aglomerados e sem aglomerados. (KULLDORFF, 2015a; ABDURROB *et al.*, 2016).

	A	B	C
1	Código de identificação da célula	Longitude (centróide)	Latitude (centróide)
2	200ME56948N87728	269661,11870	7464612,70500
3	200ME56948N87730	269633,19180	7464714,60400
4	200ME56958N87716	270665,46900	7463479,11700
5	200ME56956N87718	270488,55660	7463643,39400
6	200ME56958N87718	270637,44300	7463607,76300
7	200ME56954N87720	270289,62640	7463834,46300
8	200ME56956N87720	270432,44310	7463802,68900
9	200ME56958N87720	270629,40990	7463808,09900
10	200ME56952N87722	270109,18750	7464045,47400

Figura 21: Exemplo de parte da planilha de localização inserida para processamento no SaTScan.

Fonte: Elaboração própria (2021).

	A	B	C
1	Código de identificação da célula	População	Ano
2	200ME56948N87728	0	2013
3	200ME56948N87730	41	2013
4	200ME56958N87716	0	2013
5	200ME56956N87718	0	2013
6	200ME56958N87718	0	2013
7	200ME56954N87720	166	2013
8	200ME56956N87720	22	2013
9	200ME56958N87720	0	2013
10	200ME56952N87722	129	2013

Figura 22: Exemplo de parte da planilha de população inserida para processamento no SaTScan.

Fonte: Elaboração própria (2021).

6.2.5 Delimitação das faixas de distância até os pontos estratégicos e os imóveis especiais e cálculo da taxa média de incidência de casos de dengue por faixa de distância

Considerando que o total de população residente já havia sido atualizada e a incidência já havia sido calculada para cada uma das células da grade estatística, o passo seguinte foi a delimitação de faixas de distância a partir dos pontos estratégicos e imóveis especiais, para que se pudesse ser calculada a taxa média de incidência de dengue para cada uma dessas áreas.

Em torno dos imóveis PE-IE foram criadas faixas de distância crescentes com intervalos de 100 metros, até uma distância de 1.000 m, considerando que o voo do *Aedes aegypti* pode chegar até 800m e que a exposição associada ao vírus da dengue não está apenas relacionada à dispersão do mosquito, mas também, aos movimentos das pessoas, nas atividades sociais e comerciais (HONÓRIO *et al.*, 2003; CHIARAVALLOTI NETO *et al.*, 2019). O procedimento de delimitação das faixas de distância foi realizado no QGIS.

Após o mapeamento das faixas de distância, estas foram interseccionadas à camada vetorial da grade estatística, por meio da ferramenta interseção. Em seguida, foi calculada a taxa média de incidência para cada uma destas faixas de distância, medidas a partir dos PE-IE. A taxa média de incidência por faixa de distância foi calculada por meio da ferramenta mostrar resumo estatístico, disponível no QGIS. Para isso, basta selecionar a camada vetorial desejada (por exemplo, o polígono correspondente à determinada faixa de distância), e a coluna da tabela que contém o atributo que será mostrado no resumo estatístico (a coluna correspondente a taxa de incidência calculada para cada célula interseccionada às camadas referentes às faixas de distância). Em seguida, é apresentado um resumo estatístico, contendo informações como soma dos valores do atributo, média, mediana, desvio padrão, valores mínimo e máximo, dentre outros. Desse modo, foi considerado a média apresentada para a coluna contendo os valores de taxas de incidência das células da grade, correspondente a camada vetorial de cada intervalo de distância.

A mesma estratégia de criação de faixas de distância e cálculo da taxa média de incidência por faixas de distância foi aplicado aos PE-IE criados de modo aleatório (usados como controle). Esse procedimento foi feito com o propósito de detectar influências de eventuais variáveis de confusão que poderiam enviesar os resultados. Para criar os pontos aleatórios foi utilizada a ferramenta de criar pontos aleatórios no interior dos polígonos, disponível no QGIS. Então, foi preciso especificar a camada de entrada, que corresponde à base sobre a qual os pontos serão criados, o número de pontos a serem criados e se deve haver uma distância

mínima entre os pontos criados (a distância mínima escolhida foi de 10 metros, apenas para certificar de que vários pontos não fossem criados no mesmo local). Ressalta-se que, para a criação dos pontos aleatórios foram estabelecidos alguns critérios, definidos de acordo com as características dos PE-IE, de cada ano considerado, tais como: quantidade de pontos; localização em área urbana ou rural e; existência de população nas respectivas células da grade.

Para os pontos criados em áreas urbanas e rurais, a camada utilizada como base foi o arquivo vetorial do município, enquanto, para aqueles pontos criados apenas em áreas urbanas, foram utilizados o polígono referente as células da grade classificadas como urbanas. É importante que as células da área urbana estejam mescladas, de modo a formar um único polígono. Caso contrário, o número de pontos escolhidos para serem criados aleatoriamente dentro do polígono, será criado dentro de cada célula da grade. Por fim, a camada de pontos aleatórios, criada para cada ano de estudo, foi sobreposta à camada de pontos reais para conferir se não havia sobreposição de pontos reais e aleatórios.

6.2.6 Análise estatística

A representação gráfica, também chamada de diagrama de dispersão, é utilizada para verificar como se comportam os valores da variável dependente em função da variação da variável independente. Construir essa representação gráfica é parte do processo, pois é a partir dela que se estabelece o modelo para explicar determinado fenômeno, levando em consideração qual o tipo de curva mais se aproxima dos pontos representados no gráfico (PETERNELLI, 2003). Nesta pesquisa, a representação gráfica da variação da incidência com a distância aos PE-IE foi realizada por meio do programa *Microsoft Excel*. Para cada ano de estudo foram elaborados gráficos, nos quais, no eixo y foram representados os valores das taxas médias de incidência e no eixo x foram representadas as distâncias (em metros) a partir dos PE e dos IE. O mesmo método foi aplicado para os pontos gerados aleatoriamente, utilizados como controle.

Além da representação gráfica dos dados, relacionando a taxa média de incidência de dengue em função da distância dos PE-IE, também foi conduzida a análise formal. Isto é, foram elaborados, para cada ano de estudo, modelos de regressão linear simples, tendo como variável dependente os valores das taxas médias de incidência e, como variável independente, as distâncias às fontes (PE, IE e pontos de controle).

Esse procedimento foi realizado nos programas *GraphPad InStat 3.0* (*GraphPad Software*, 1998) e *R*, versão 4.0.3 (*R Project for Statistical Computing*, 2020). O objetivo foi

verificar se o valor da inclinação da reta de ajuste dos gráficos é significativamente diferente de zero. Caso a inclinação difira significativamente de zero, considera-se que há dependência entre a taxa de incidência e a distância aos PE-IE, considerando-se um intervalo de confiança de 95%.

Conforme recomendado pela literatura (MAIA, 2019), realizou-se também a análise dos resíduos para averiguar a adequabilidade dos modelos de regressão. Os resíduos são os erros quadráticos calculados entre os valores observados e as previsões do modelo. O erro (ε_i) representa variáveis omitidas ou também, dificuldades para mensurar aquelas presentes no modelo.

O modelo de regressão pressupõe que o efeito do erro seja mínimo. A análise da normalidade dos resíduos foi realizada por meio do teste *Shapiro-Wilk*; o teste de independência dos resíduos foi realizado utilizando-se o teste de independência de *Durbin-Watson* e o teste de homoscedasticidade foi realizado por meio do teste *Breusch-Pagan*; todos disponíveis no programa *R*. As suposições de normalidade, independência e homoscedasticidade foram analisadas considerando um intervalo de confiança de 95%.

7. RESULTADOS

Nos itens a seguir são apresentados os resultados obtidos na pesquisa. Foram desenvolvidos mapas anuais, considerando-se janeiro a dezembro de cada ano (2013-2016).

7.1 Mapas de incidência

As taxas de incidência calculadas para as células da grade estatística estão representadas na figura 23. Para a representação no mapa escolheu-se a escala logarítmica e assim facilitar a comparação das taxas de incidência em cada ano considerado. Isso porque há uma variação considerável nas taxas de incidência ao longo dos anos considerados, com taxas moderadas em 2013 e 2016 e altas taxas em 2014 e 2015.

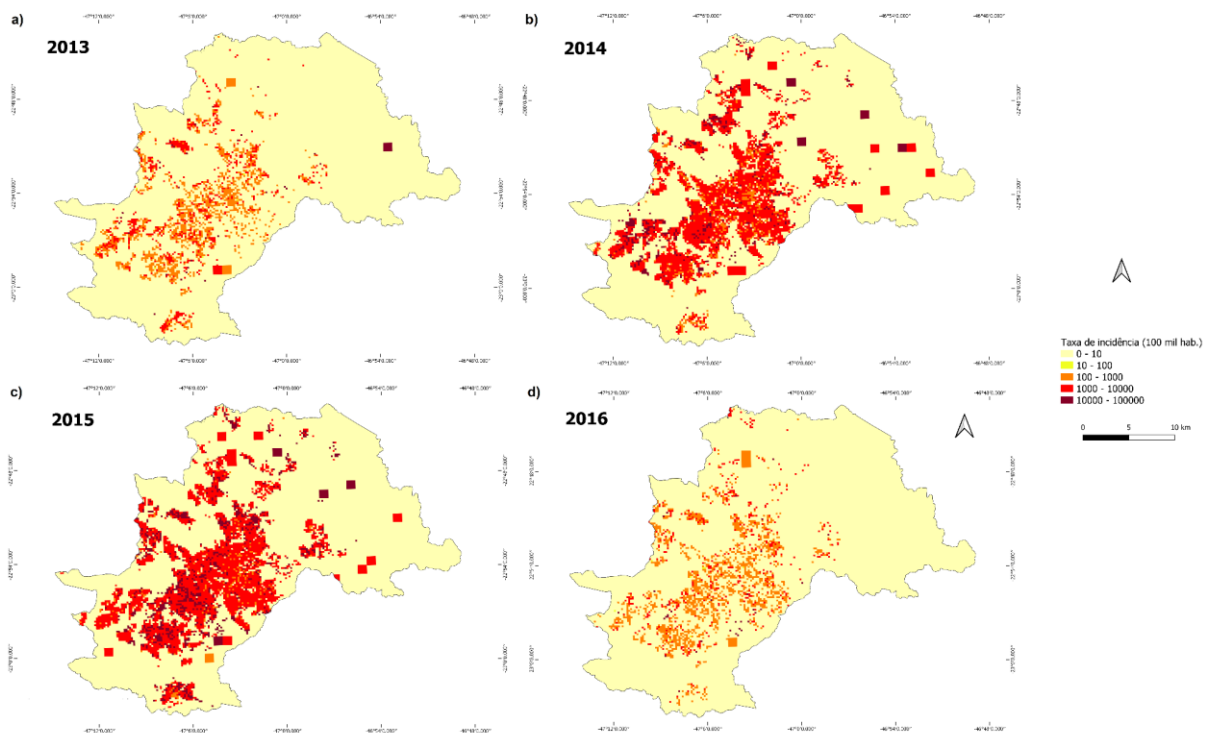


Figura 23: Taxas de incidência de dengue calculadas por células da grade estatística, no município de Campinas, nos anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

Essas informações sobre a taxa de incidência por célula da grade estatística serviram como base para a criação dos mapas de autocorrelação local de Moran, para o mapa de varredura

espacial *Scan* e para a estimativa da taxa média de incidência por faixa de distância a partir dos pontos estratégicos, imóveis especiais e pontos de controle.

7.2 Análise de autocorrelação local (LISA)

Foram identificadas áreas que apresentaram autocorrelação espacial significativa. Essas áreas foram classificadas em dois grupos: alto-alto (H-H), quando a taxa de incidência em determinada célula é alta e nas células vizinhas também é alta; e baixo-baixo (L-L) quando a taxa em determinada célula é baixa e nas células vizinhas também é baixa.

Percebe-se que células classificadas como H-H foram encontradas em todos os anos considerados (Figura 24), com um aumento expressivo nos anos de 2014 e 2015. Nota-se ainda que, de uma forma geral, nos distritos noroeste e sudoeste do município encontraram-se as maiores porcentagens de células classificadas no grupo de autocorrelação H-H (Figuras 26, 28, 30 e 32). Mais detalhes são apresentados adiante.

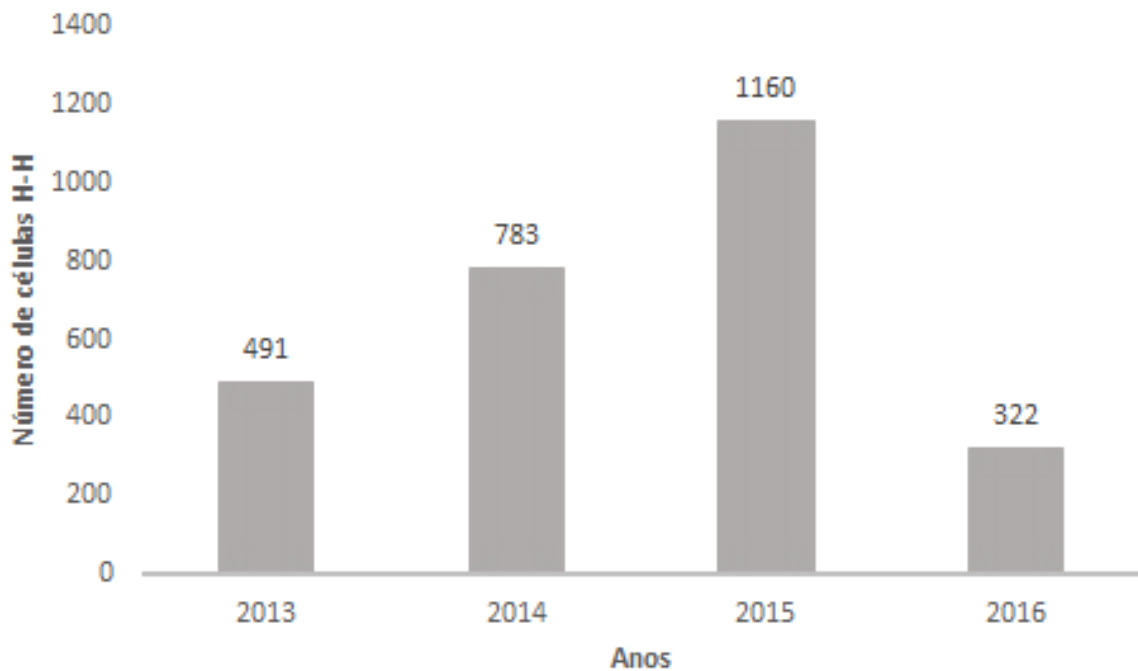


Figura 24: Número de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, entre 2013 e 2016, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Em 2013 foram detectados os seguintes aglomerados de células classificadas como H-H, distribuídos de acordo com os distritos de saúde do município (Figuras 25 e 33A):

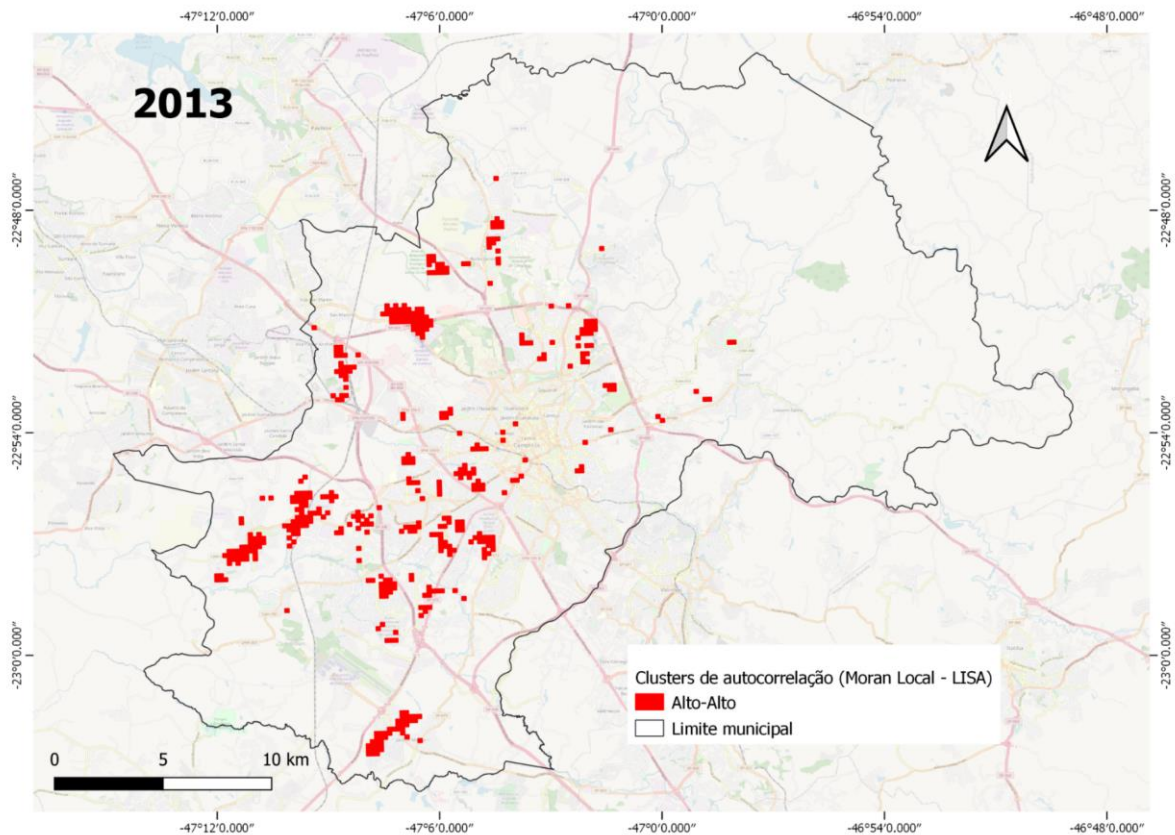


Figura 25: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes ao ano de 2013, no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA.

Fonte: Elaboração própria (2021).

- a) Distrito de Saúde Noroeste: nas proximidades da área de abrangência dos centros de saúde Itajaí, Florence, Valença e Rossin;
- b) Distrito de Saúde Sudoeste: nas proximidades da área de abrangência dos centros de saúde Aeroporto e Campos Elíseos;
- c) Distrito de Saúde Sul: nas proximidades da área de abrangência dos centros de saúde Fernanda, Carvalho de Moura e Campo Belo;
- d) Distrito de Saúde Norte: nas proximidades da área de abrangência dos centros de saúde Anchieta, Barão Geraldo, Rosália, São Marcos e Santa Mônica;

e) Distrito de Saúde Leste: nas proximidades da área de abrangência do centro de saúde São Quirino;

Não houve célula classificada como L-L em 2013 (Figuras 25 e 33A).

Naquele mesmo ano, as maiores porcentagens de células classificadas na categoria H-H foram identificadas nos distritos noroeste e sudoeste e as menores porcentagens de células classificadas como H-H foram identificadas no distrito leste (Figura 26).

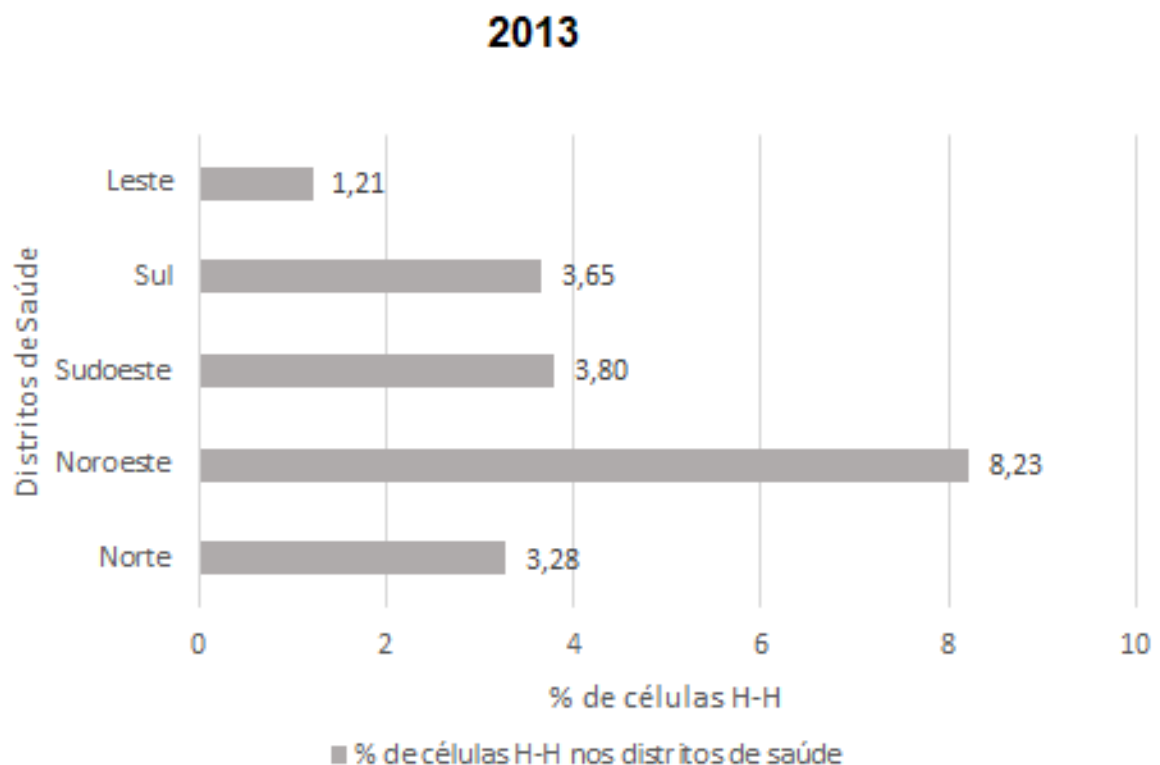


Figura 26: Porcentagem de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, no ano de 2013, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Em 2014 células classificadas na categoria H-H foram identificadas nos seguintes distritos de saúde (Figuras 27 e 33B):

a) Distrito de Saúde Noroeste: nas adjacências dos centros de saúde Florence, Floresta, Ipaussurama, Itajaí, Lisa, Santa Rosa, Pedro Aquino, Rossin, Satélite Íris e Valença;

b) Distrito de Saúde Sudoeste: nas adjacências dos centros de saúde Capivari, São Cristóvão, Santa Lúcia e União de Bairros;

c) Distrito de Saúde Norte: nas adjacências dos centros de saúde Barão Geraldo e São Marcos;

d) Distrito de Saúde Sul: nas adjacências do centro de saúde Esmeraldina e Paranapanema;

e) Distrito de Saúde Leste: Centro, São Quirino, Sousas e Taquaral.

Nota-se que o aglomerado L-L, apesar de se espalhar por todas as regiões do município, aparece mais significativamente nas células em áreas rurais (Figuras 27 e 33B).

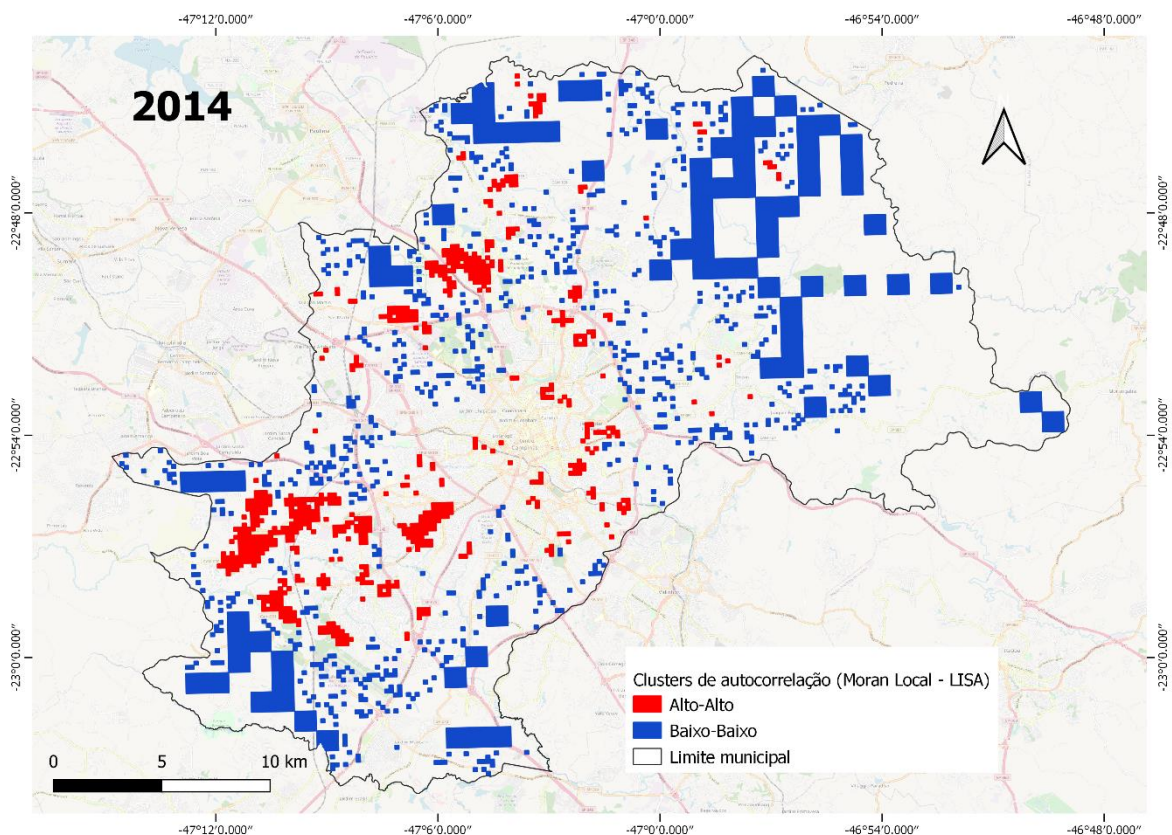


Figura 27: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes ao ano de 2014, no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA. Fonte: Elaboração própria (2021).

Assim como ocorreu em 2013, as maiores porcentagens de células classificadas na categoria H-H no ano de 2014 foram identificadas nos distritos noroeste e sudoeste (Figura 28). As menores porcentagens de células classificadas como H-H foram identificadas no distrito leste.

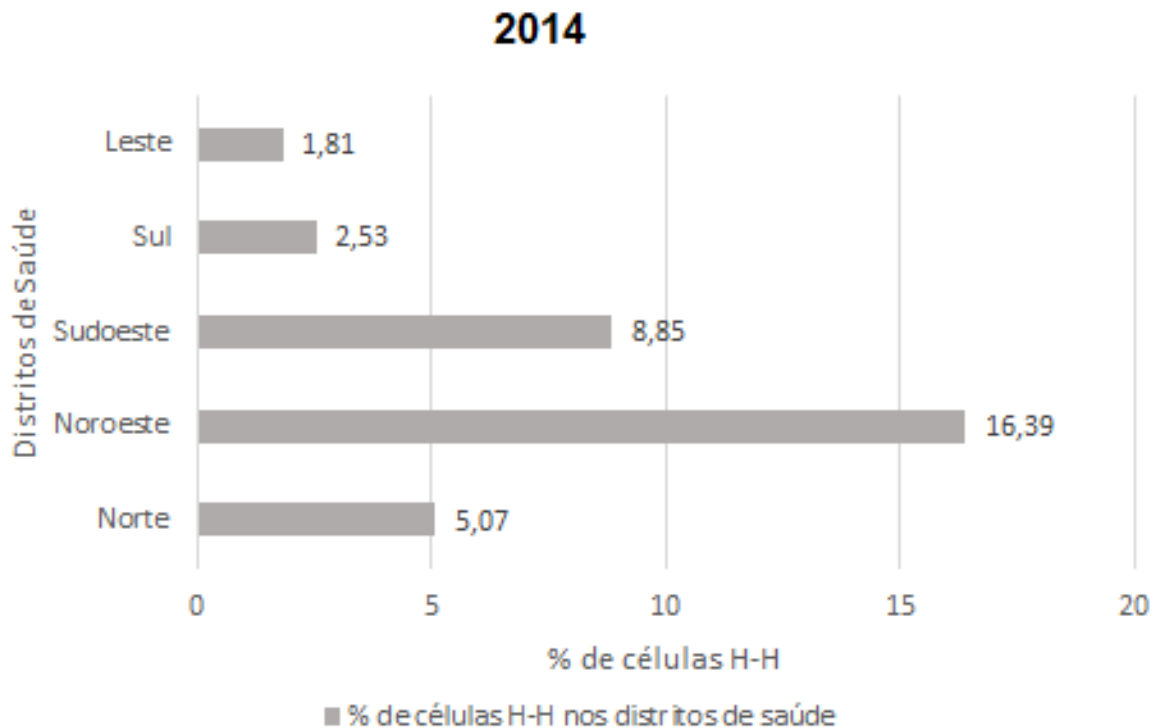


Figura 28: Porcentagem de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, no ano de 2014, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Em 2015, há um número mais expressivo de células classificados na categoria L-L, em comparação com os outros anos. Aglomerados de células classificadas como H-H foram identificadas nos seguintes distritos de saúde (Figuras 29 e 33C):

a) Distrito de Saúde Sudoeste: na área de abrangência dos centros de saúde Aeroporto, Capivari, Dic I, Dic III, Santa Lúcia, Tancredo Neves, Vila União e Vista Alegre;

b) Distrito de Saúde Noroeste: na área de abrangência dos centros de saúde Integração, Ipaussurama, Pedro Aquino e Perseu;

c) Distrito de Saúde Sul: na área de abrangência do centro de saúde Campo Belo, Carvalho de Moura, Fernanda e São Domingos;

d) Distrito de Saúde Norte: na área de abrangência dos centros de saúde Anchieta, Rosália, São Marcos e Village;

e) Distrito de Saúde Leste: na área de abrangência dos centros de saúde Costa e Silva, São Quirino, Sousas e Taquaral.

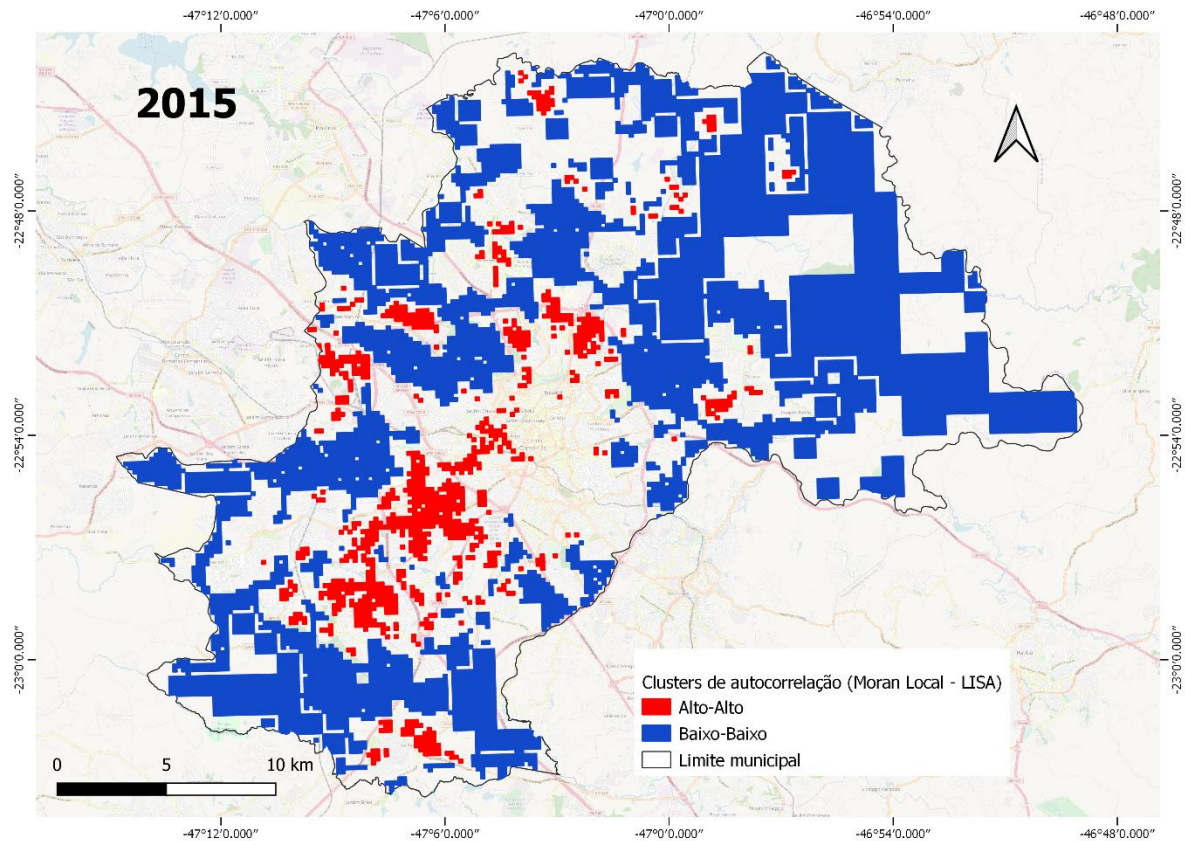


Figura 29: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes ao ano de 2015, no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Em 2015, as maiores porcentagens de células classificadas como H-H encontravam-se na região sudoeste, seguida da região noroeste e as menores porcentagens no distrito de saúde leste, conforme figura 30.

Em 2016, a maior parte do município apresentou células cuja autocorrelação não foi significativa. Aglomerados de células classificadas como H-H, em número bem menor que nos anos anteriores, puderam ser verificadas nos seguintes distritos de saúde (Figuras 31 e 33D):

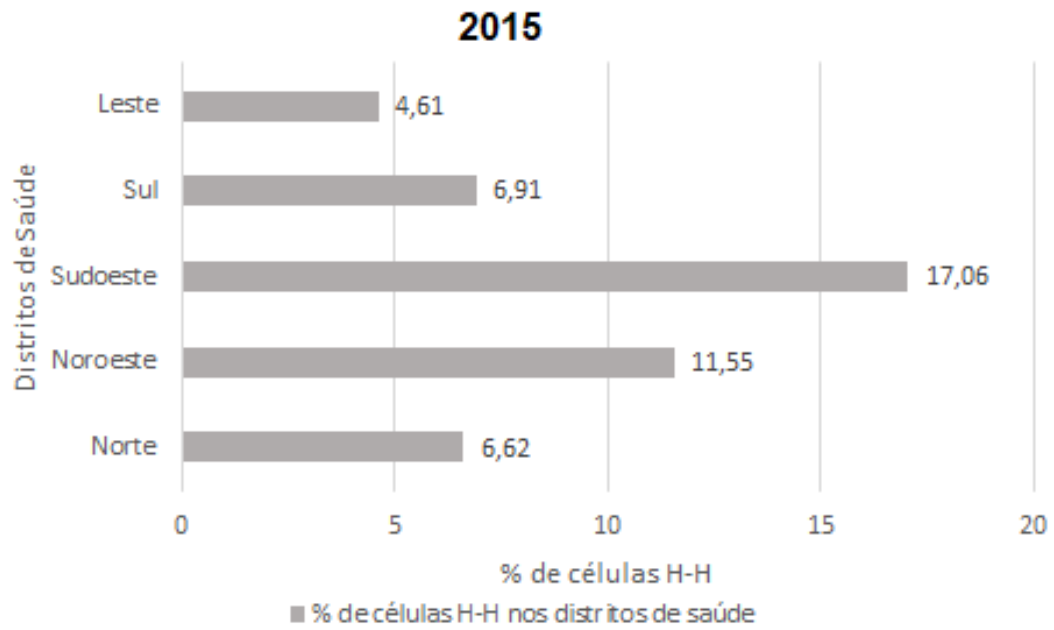


Figura 30: Porcentagem de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, no ano de 2015, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

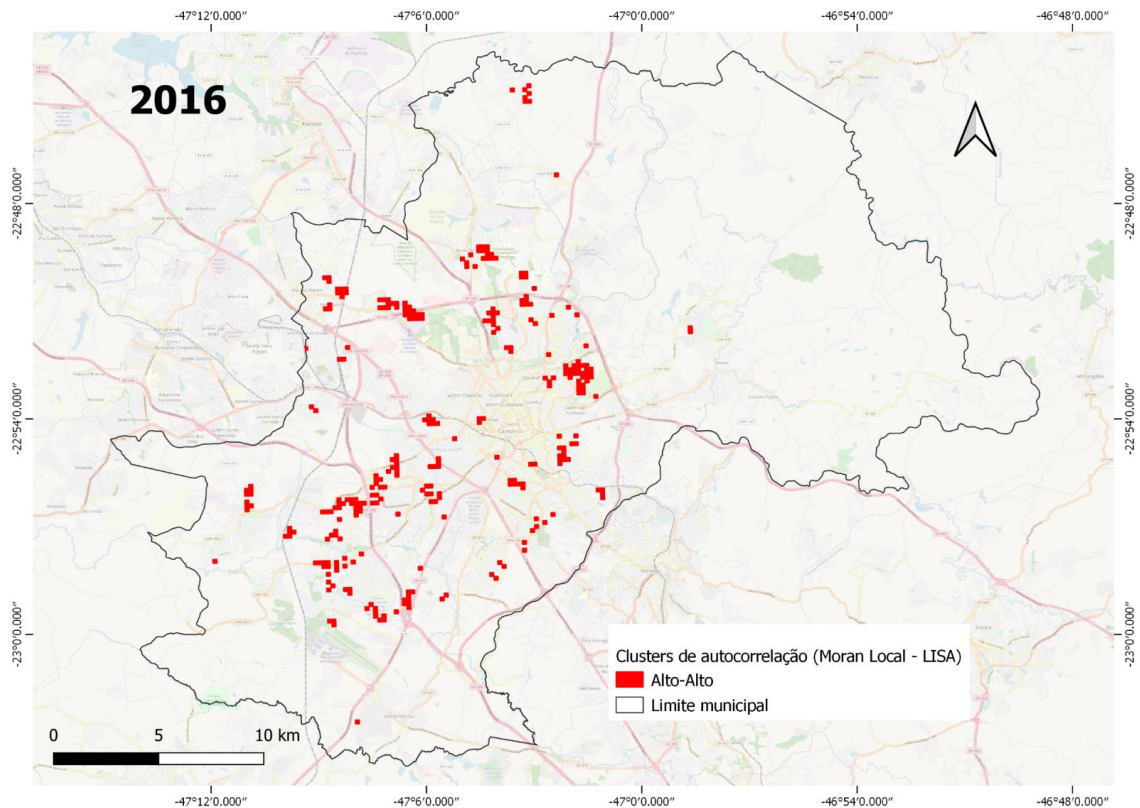


Figura 31: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes ao ano de 2016, no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA.

Fonte: Elaboração própria (2021).

a) Distrito de Saúde Noroeste: nas proximidades dos centros de saúde Integração, Ipaussurama, Perseu e Satélite Íris;

b) Distrito de Saúde Sudoeste: nas proximidades dos centros de saúde Dic I, Santo Antônio, São Cristóvão e Vista Alegre;

c) Distrito de Saúde Norte: nas proximidades dos centros de saúde Barão Geraldo, Cássio Raposo, São Marcos, Santa Mônica e Village;

d) Distrito de Saúde Sul: nas proximidades dos centros de saúde Figueira e Paranapanema;

e) Distrito de Saúde Leste: nas proximidades dos centros de saúde Boa Esperança, Conceição e Costa e Silva.

Não houve célula classificada como L-L em 2016 (Figuras 31 e 33D).

Em 2016 as maiores porcentagens de células classificadas como H-H foram identificadas nos distritos noroeste e sudoeste e as menores porcentagens no distrito leste (Figura 32).

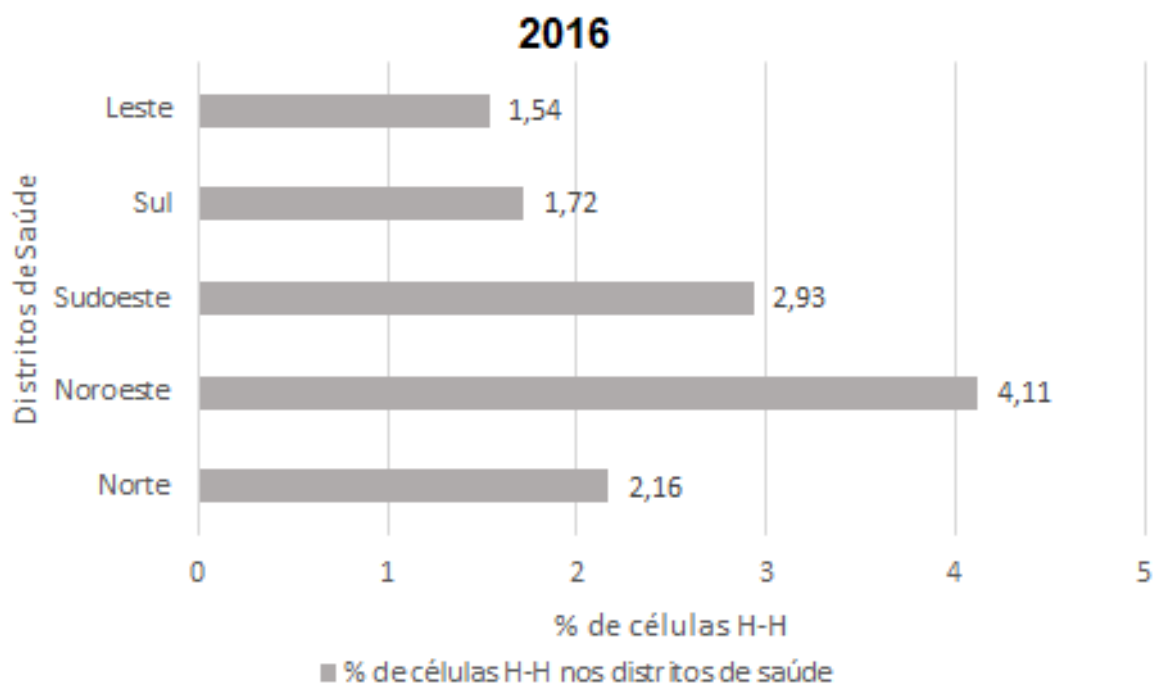


Figura 32: Porcentagem de células da grade estatística classificadas como aglomerado H-H nos mapas de autocorrelação local de Moran, no ano de 2016, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

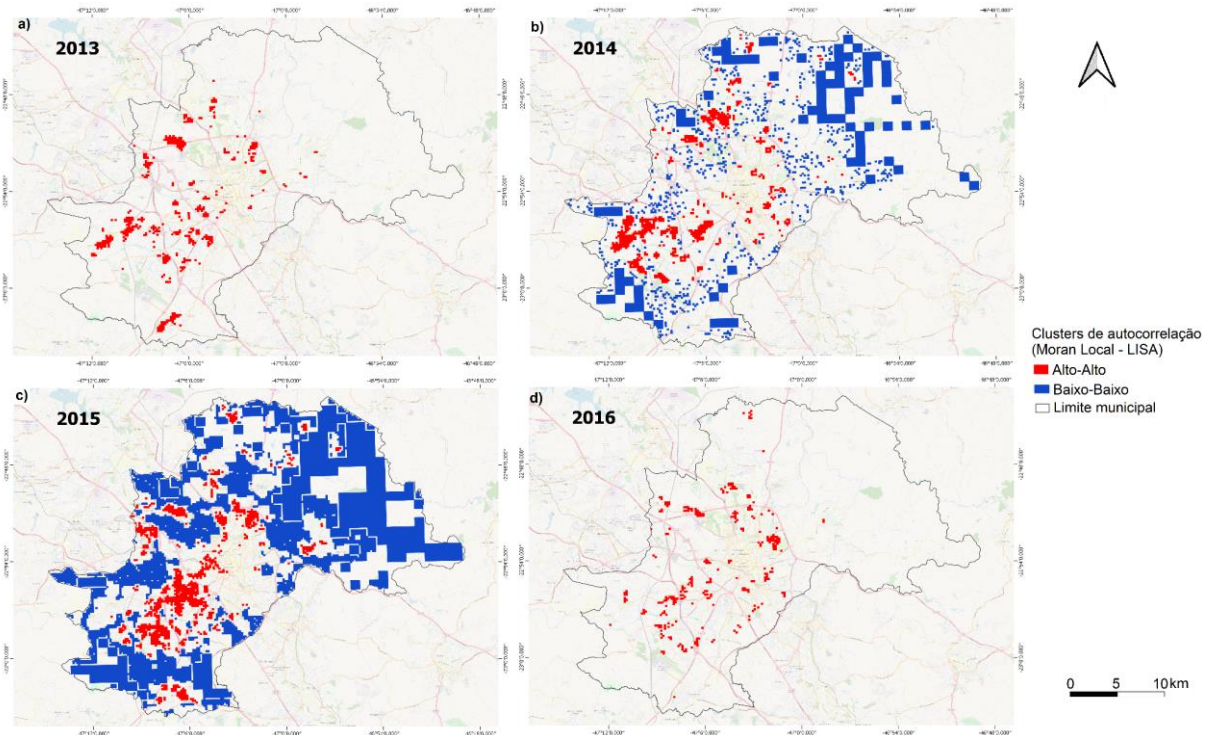


Figura 33: Aglomerados de autocorrelação para taxas de incidência de dengue, referentes aos anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D), no município de Campinas-SP, aplicando-se o Índice Local de Moran - LISA.

Fonte: Elaboração própria (2021).

7.3 Densidade espacial *kernel*

Com relação aos mapas de densidade espacial *kernel* (Figuras 34 a 38), observa-se que a maior quantidade de aglomerados de maior densidade (*hotspots*) estão associadas ao número total de casos em cada ano. O raio considerado para identificação dos aglomerados foi de 200 m. Na legenda dos mapas de densidade espacial *kernel*, os valores dos pixels indicam a intensidade de agregação, na qual os valores mais baixos são representados na cor amarelo claro e os valores mais altos em cores azuis. A transparência indica que não houve ocorrência de caso confirmado. Os anos de 2013 e 2016 apresentaram as menores quantidades de casos (6.940 e 3.665, respectivamente) e, portanto, a densidade espacial de casos para estes anos foi pouco expressiva.

No mapa de 2013 (Figuras 34 e 38A) é possível notar alguns *hotspots* mais importantes nos distritos de saúde norte e noroeste do município, mas que ainda assim, em comparação com os outros anos estudados, são consideradas densidades baixas.

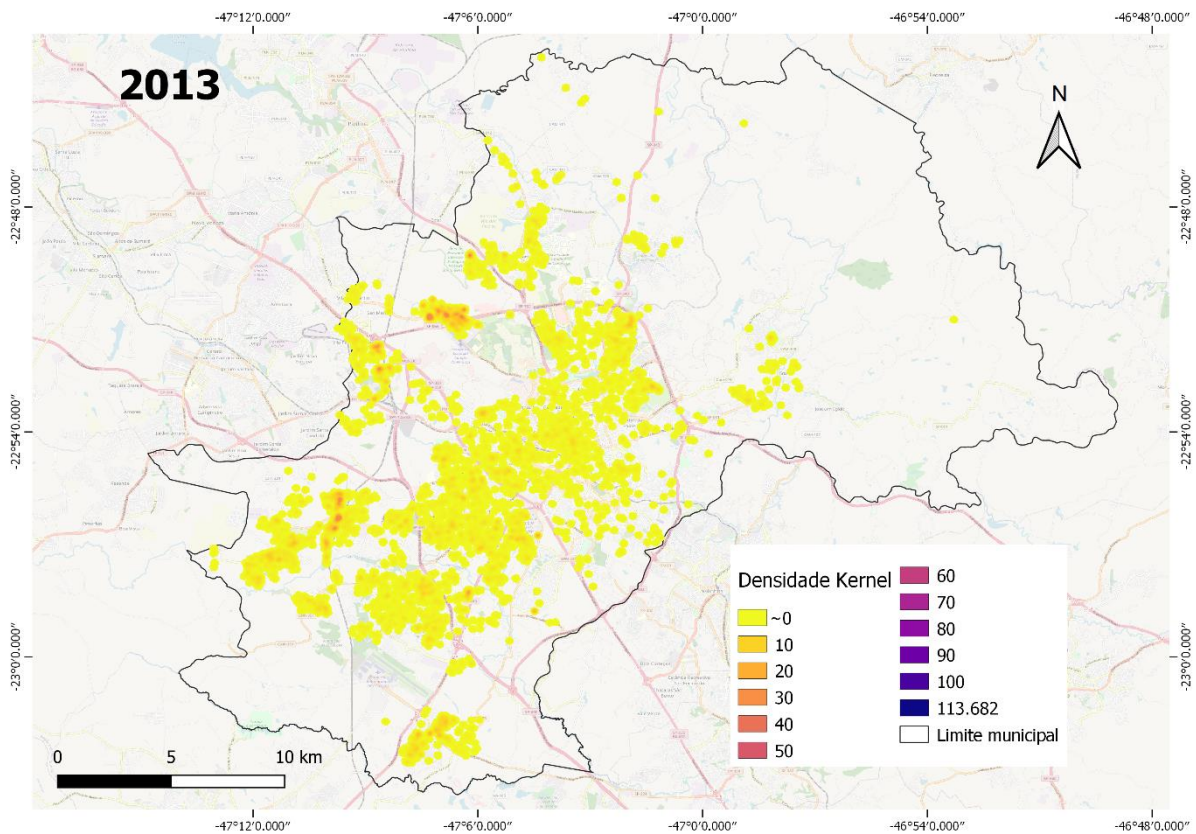


Figura 34: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para o ano de 2013, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Os anos de 2014 e 2015 foram aqueles que apresentaram os maiores números de casos confirmados (42.218 e 65.835, respectivamente). No ano de 2014, as maiores densidades de casos se concentraram nos distritos de saúde norte, noroeste, sudoeste e sul (Figuras 35 e 38B).

Em 2015, o distrito de saúde norte permaneceu com alta densidade de casos, sendo que outros aglomerados expressivos foram também detectados nos distritos de saúde sudoeste, sul e leste (Figuras 36 e 38C).

Para o ano de 2016 não foram encontradas densidades expressivas de casos (Figuras 37 e 38D).

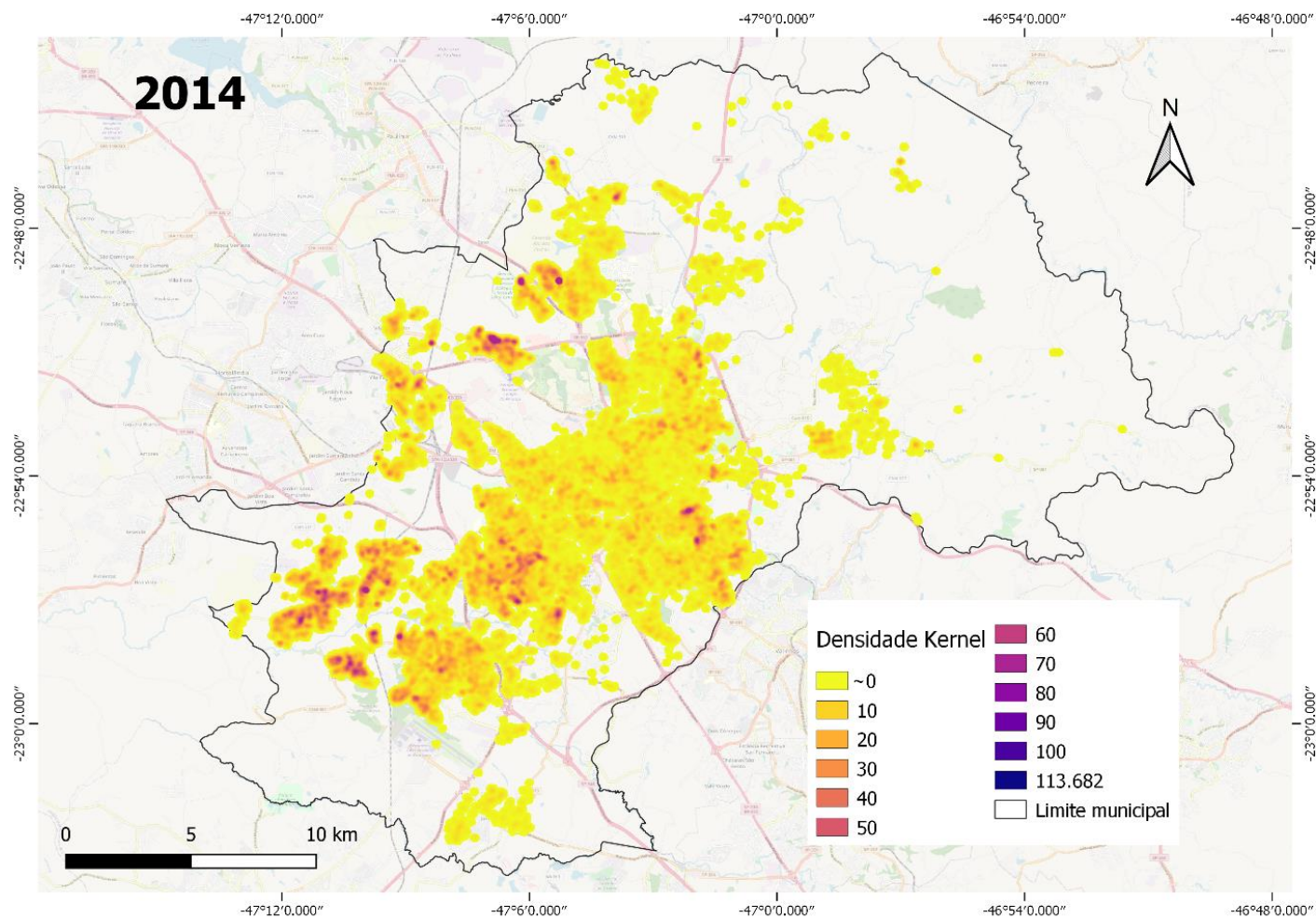


Figura 35: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para o ano de 2014, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

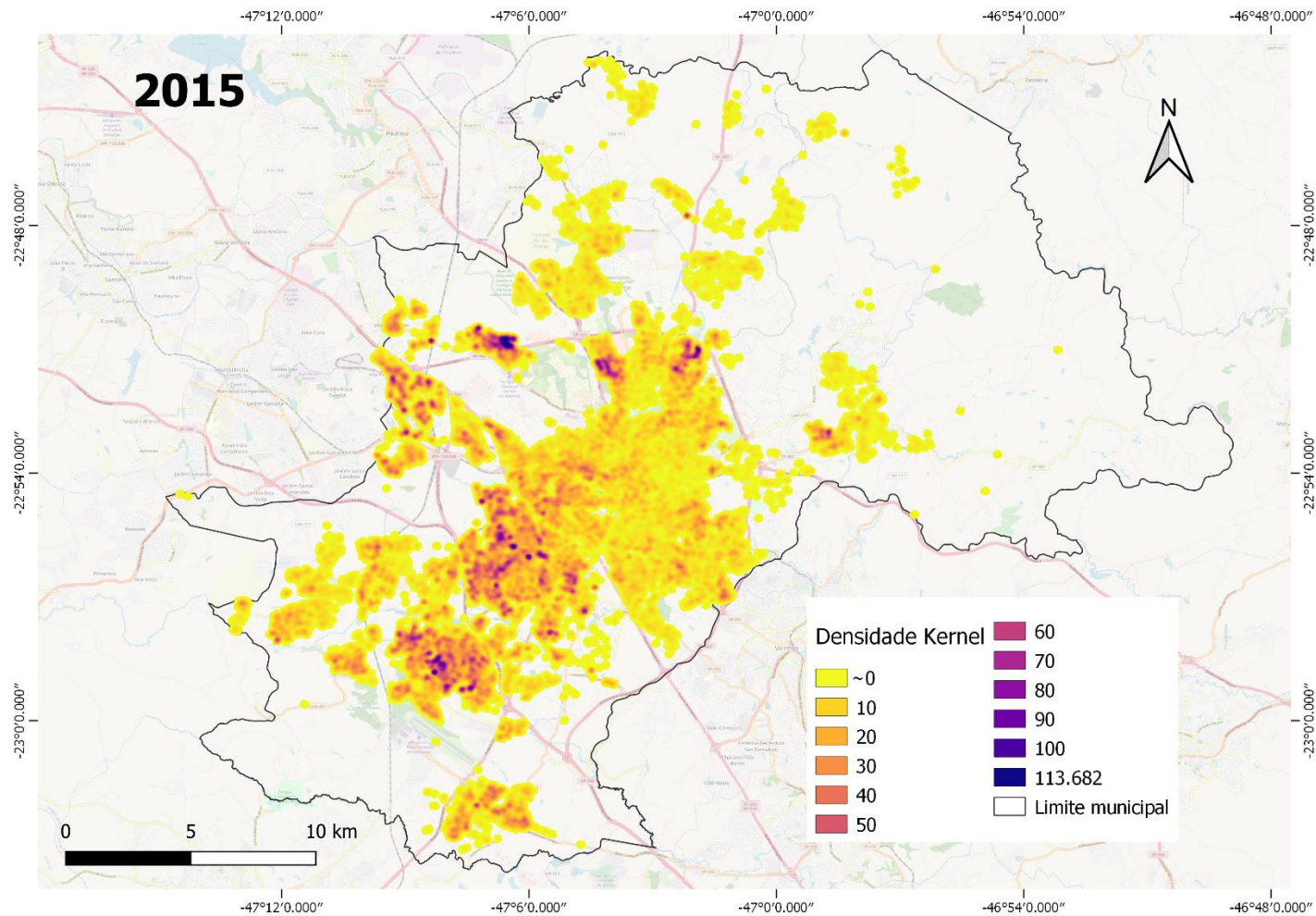


Figura 36: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para o ano de 2015, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

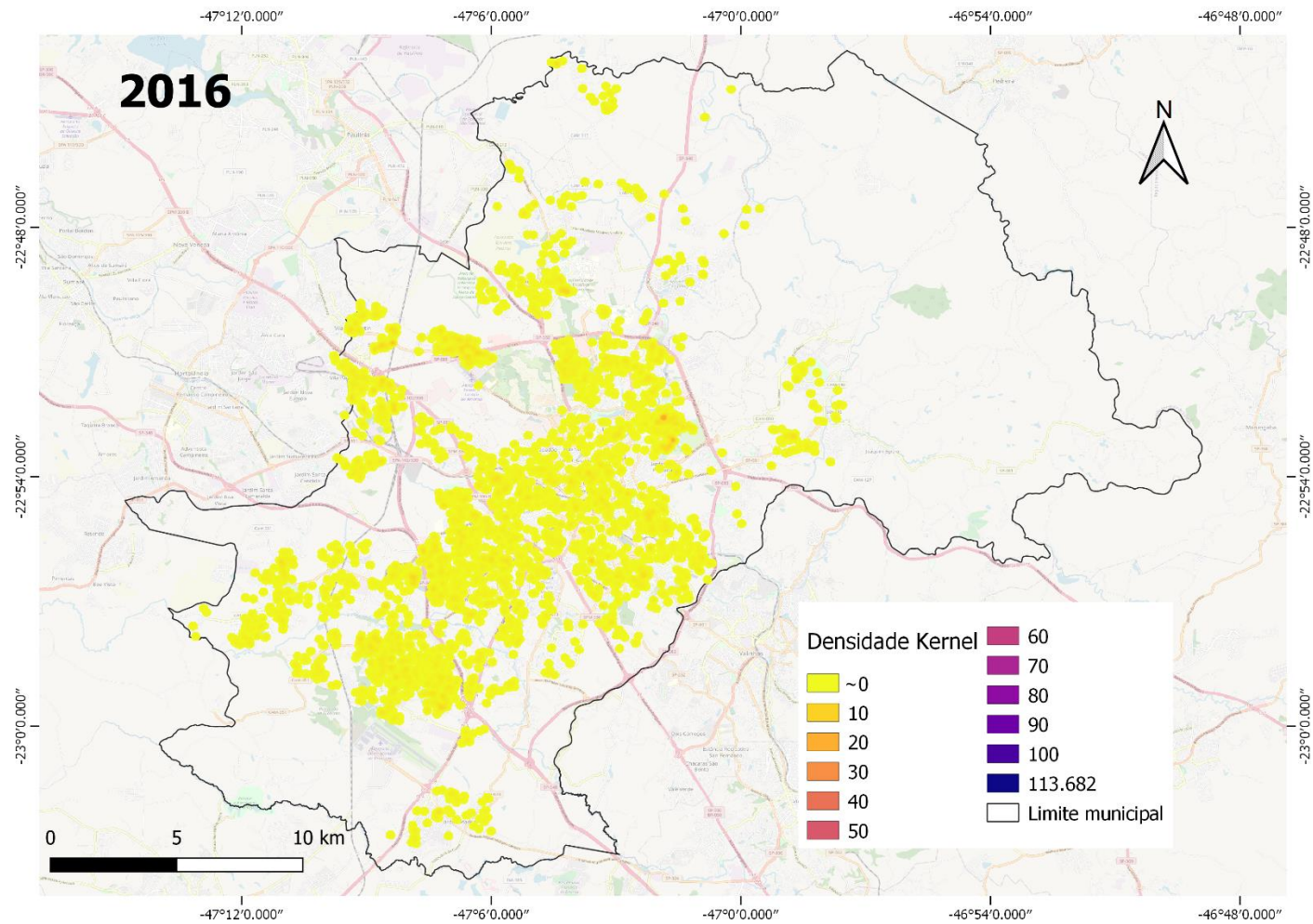


Figura 37: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para o ano de 2016, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

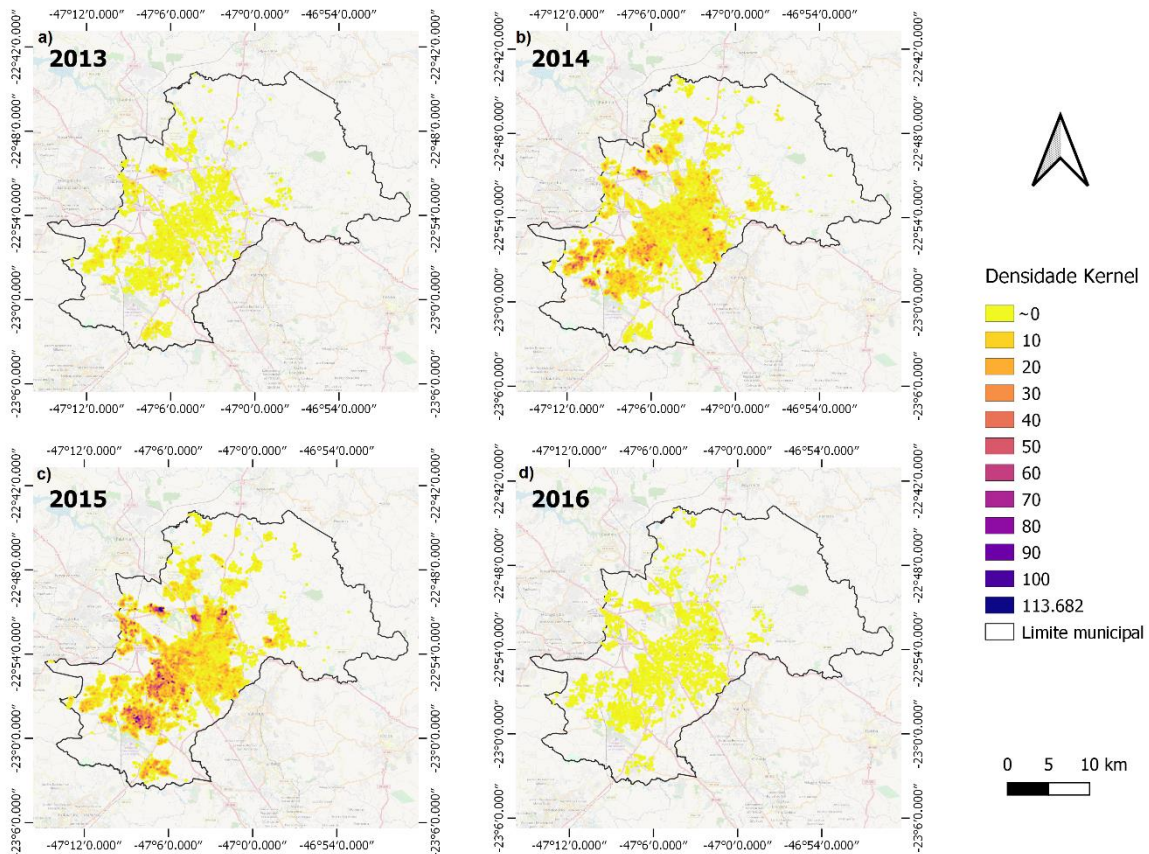


Figura 38: Mapas de densidade espacial kernel dos aglomerados de casos de dengue em Campinas, para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D), com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

7.4 Varredura espacial *Scan*

Para representação nos mapas de alto risco para altas taxas de incidência foram selecionados aqueles aglomerados cujo valor de $p < 0,05$. Foram identificados aglomerados de altas taxas de incidência em todas as regiões do município, em todos os anos considerados (Figuras 39 a 43). Os resultados estão sintetizados no quadro 5.

No ano de 2013 foram detectados 26 aglomerados (Figuras 39 e 43A), localizados nos seguintes distritos de saúde:

a) Distrito de Saúde Norte: Cinco aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Anchieta, Barão Geraldo, Rosália, São Marcos, Santa Mônica, Eulina e Santa Bárbara;

b) Distrito de Saúde Noroeste: Quatro aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Florence, Integração, Ipaussurama, Pedro Aquino, Rossin e Satélite Íris;

c) Parte dos Distritos de Saúde Noroeste e Sudoeste: Um aglomerado nas proximidades dos centros de saúde Florence, Floresta, Itajaí, Lisa, União de Bairros, Valença e Vista Alegre;

d) Distrito de Saúde Sudoeste: Dois aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Aeroporto, Capivari e Santa Lúcia;

e) Parte dos Distritos de Saúde Sudoeste e Sul: Cinco aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Fernanda, São Cristóvão, São José, Nova América, Itatinga, Campos Elíseos, União de Bairros e Vila Rica;

f) Distrito de Saúde Sul: Seis aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Campo Belo, Carvalho de Moura, Figueira e São José;

g) Distrito de Saúde Leste: Três aglomerados nas proximidades dos centros de saúde 31 de Março, Boa Esperança, São Quirino e Sousas.

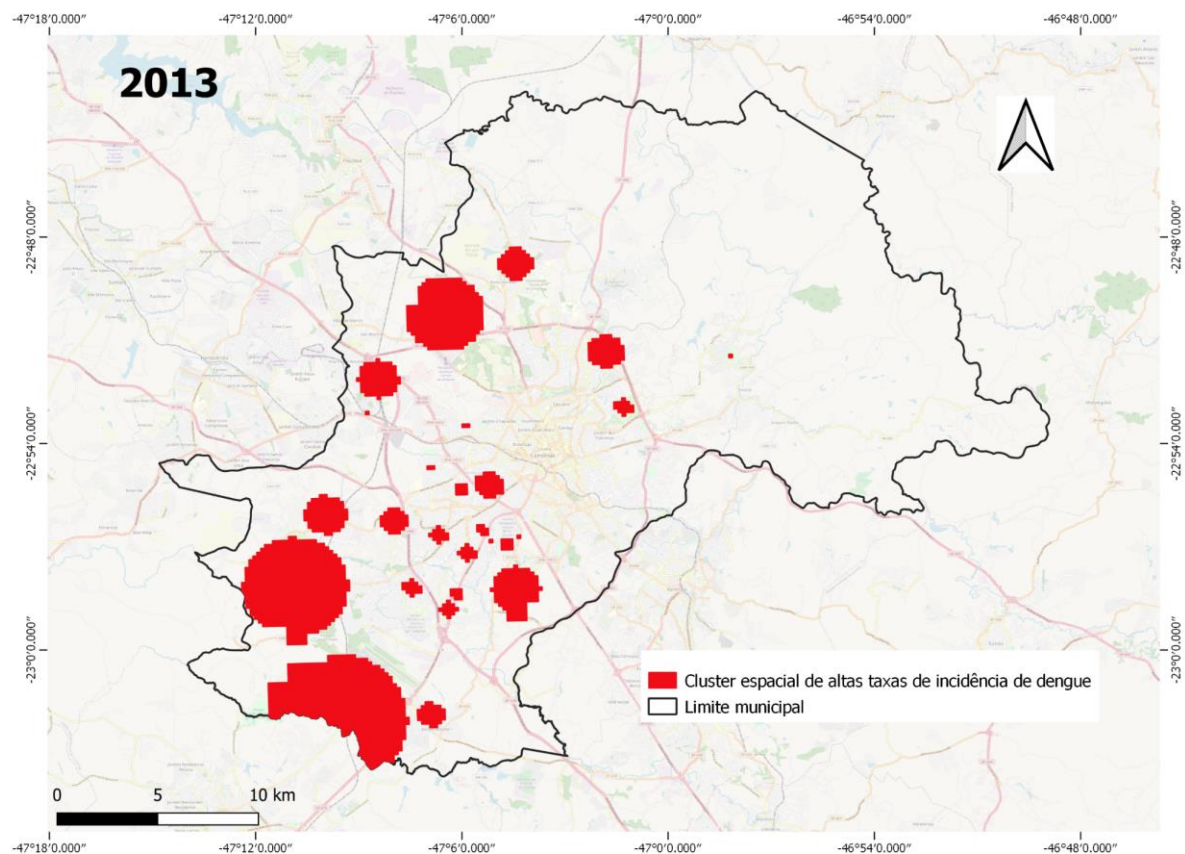


Figura 39: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para o ano de 2013, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Desses, o aglomerado com maior risco relativo ($RR = 56,66$) foi identificado no distrito de saúde norte (nas vizinhanças do centro de saúde Santa Bárbara), em que o número de habitantes estimado para o aglomerado era de 60, o número esperado de casos era de 0,28 e o número observado de casos foi de 16. O aglomerado com maior número de casos (635) foi identificado no distrito de saúde norte, na região de abrangência dos centros de saúde São Marcos, Santa Mônica e Barão Geraldo.

No ano de 2014 foram detectados 43 aglomerados (Figuras 40 e 43B), localizados nos seguintes distritos de saúde:

a) Distrito de Saúde Norte: Nove agrupamentos nas proximidades dos centros de saúde Anchieta, Barão Geraldo, Cássio Raposo do Amaral, Eulina, São Marcos, San Martin, Santa Bárbara e Village;

b) Distrito de Saúde Noroeste: Quatro agrupamentos nas proximidades dos centros de saúde Florence, Integração, Ipaussurama, Pedro Aquino, Perseu, Rossin, Satélite Íris e Valença;

c) Parte dos Distritos Noroeste e Sudoeste: Dois agrupamentos nas proximidades dos centros de saúde Capivari, Itajaí, Lisa, Pedro Aquino, Perseu, Santa Lúcia, Campos Elíseos e União de Bairros;

d) Distrito de Saúde Sudoeste: Seis agrupamentos nas proximidades dos centros de saúde Aeroporto, DIC I, DIC III, São Cristóvão e Vista Alegre;

e) Parte dos Distritos de Saúde Sudoeste e Sul: Um aglomerado nas proximidades dos centros de saúde Nova América e Itatinga;

f) Distrito de Saúde Sul: Seis aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Esmeraldina, Vila Ipê, Orozimbo Maia, Paranapanema, Faria Lima, São José, São Vicente;

g) Distrito de Saúde Leste: Quinze aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Carlos Gomes, Centro, Conceição, Joaquim Egídeo, São Quirino, Sousas e Taquaral.

O aglomerado com maior RR (18,86) foi identificado no distrito leste (nas vizinhanças do centro de saúde Carlos Gomes), em que o número de habitantes estimado para o aglomerado era de 36, o número esperado de casos era de 1,11 e o número observado de casos foi de 21. O aglomerado com maior número de casos (3.073) foi identificado no distrito de saúde norte, na região de abrangência dos centros de saúde São Marcos, San Martin, Santa Mônica e Barão Geraldo.

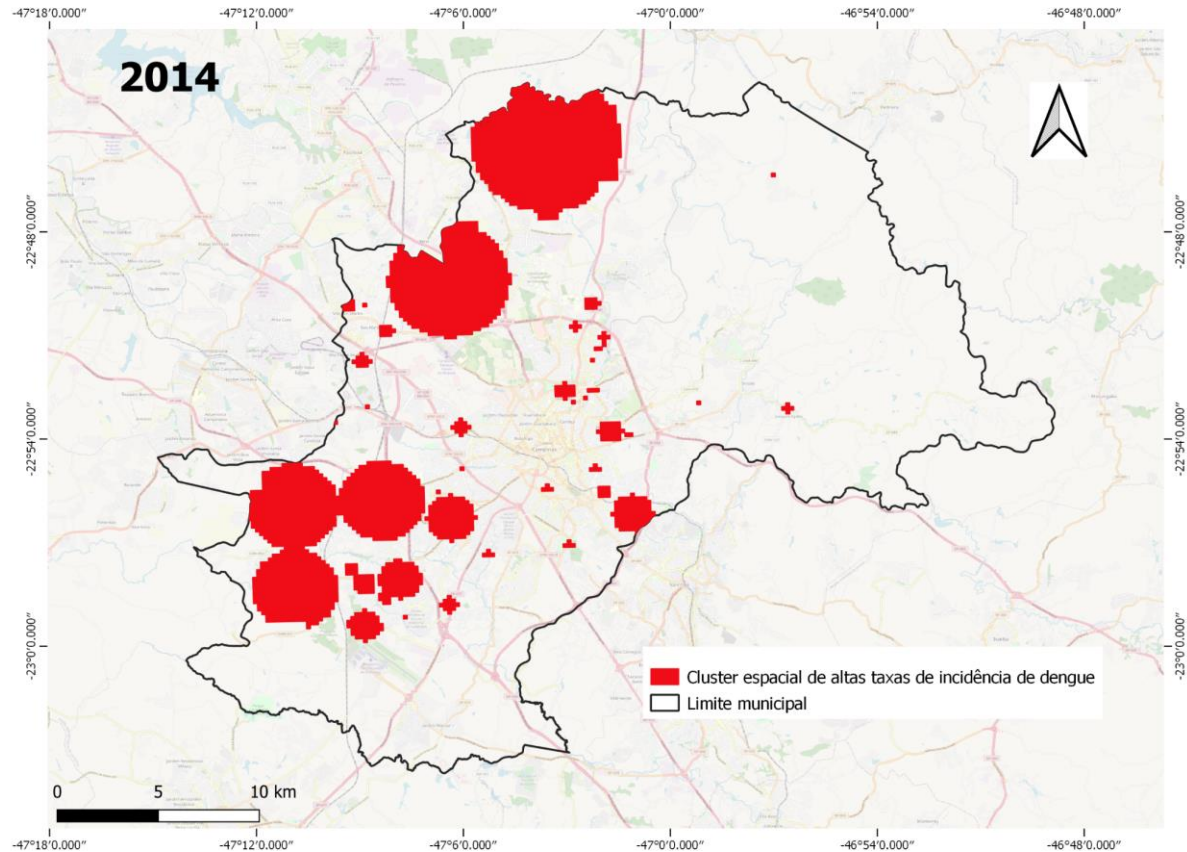


Figura 40: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para o ano de 2014, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

No ano de 2015 foram identificados 64 aglomerados (Figuras 41 e 43C), localizados nos seguintes distritos de saúde:

a) Distrito de Saúde Norte: Dez aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Anchieta, Barão Geraldo, Boa Vista, Cássio Raposo do Amaral, São Marcos, San Martin, Santa Bárbara e Village;

b) Parte dos Distritos de Saúde Norte e Noroeste: Um aglomerado nas proximidades dos centros de saúde Integração, Ipaussurama, Perseu, Santa Bárbara e Satélite Íris;

c) Parte dos Distritos de Saúde Norte e Leste: Seis aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Barão Geraldo, Centro, Costa e Silva, Eulina, Taquaral e Village;

d) Parte dos Distritos de Saúde Norte e Sul: Um aglomerado nas proximidades dos centros de saúde Aurélia e Faria Lima;

e)Parte dos Distritos de Saúde Norte, Noroeste e Sul: Dois aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Aurélia, Integração, Pedro Aquino, Faria Lima e Vila Rica;

f)Parte dos Distritos de Saúde Noroeste e Sudoeste: Três aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Capivari, Ipaussurama, Lisa, Pedro Aquino, Santa Lúcia, Campos Elíseos, União de Bairros, Vila União;

g)Parte dos Distritos de Saúde Sudoeste e Sul: Três aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Oziel, São José, Nova América, Itatinga, Campos Elíseos e Vila Rica;

h)Distrito de Saúde Noroeste: Cinco aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Florence, Ipaussurama, Rossin e Satélite Íris;

i)Distrito de Saúde Sudoeste: Seis aglomerados nas proximidades dos centros de saúde DICI, DIC III, São Cristóvão, Santo Antônio, Campos Elíseos, União de Bairros, Vista Alegre;

j)Distrito de Saúde Sul: Quinze aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Campo Belo, Carvalho de Moura, Fernanda, Figueira, Vila Ipê, Nova América, Orozimbo Maia, Paranapanema, São José, São Vicente;

k)Distrito de Saúde Leste: Doze aglomerados nas proximidades dos centros de saúde 31 de Março, Carlos Gomes, Costa e Silva, São Quirino, Sousas e Taquaral.

O aglomerado com maior RR (16,54) foi identificado no distrito sul (nas vizinhanças do centro de saúde Nova América), em que o número de habitantes estimado para o aglomerado era de 36, o número esperado de casos era de 1,81 e o número observado de casos foi de 30. O aglomerado com maior número de casos (2.305) foi identificado nos distritos de saúde noroeste e sudoeste, na região de abrangência dos centros de saúde Santa Lúcia, Pedro Aquino e Perseu.

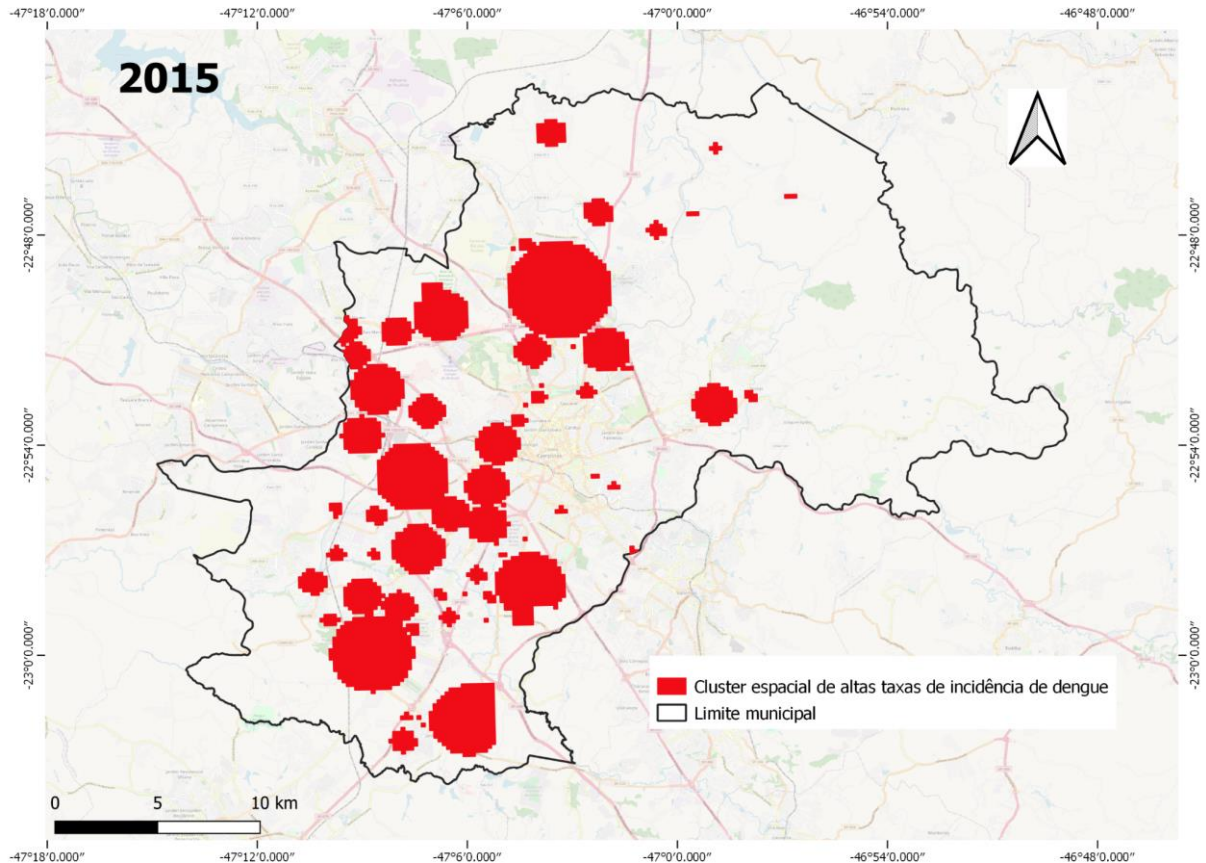


Figura 41: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para o ano de 2015, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

No ano de 2016 foram detectados 15 aglomerados (Figuras 42 e 43D), localizados nos seguintes distritos de saúde:

a) Distrito de Saúde Norte: Três aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Anchieta, Aurélia, Rosália e Village;

b) Parte dos Distritos de Saúde Norte e Leste: Um aglomerado nas proximidades dos centros de saúde Barão Geraldo, Cássio Raposo do Amaral, Costa e Silva, Eulina, São Marcos, San Martin, Santa Mônica;

c) Distritos de Saúde Noroeste: Três aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Ipaussurama, Satelite Iris e Valença;

d) Parte dos Distritos de Saúde Noroeste e Sudoeste: Um aglomerado nas proximidades dos centros de saúde Florence, Vista Alegre;

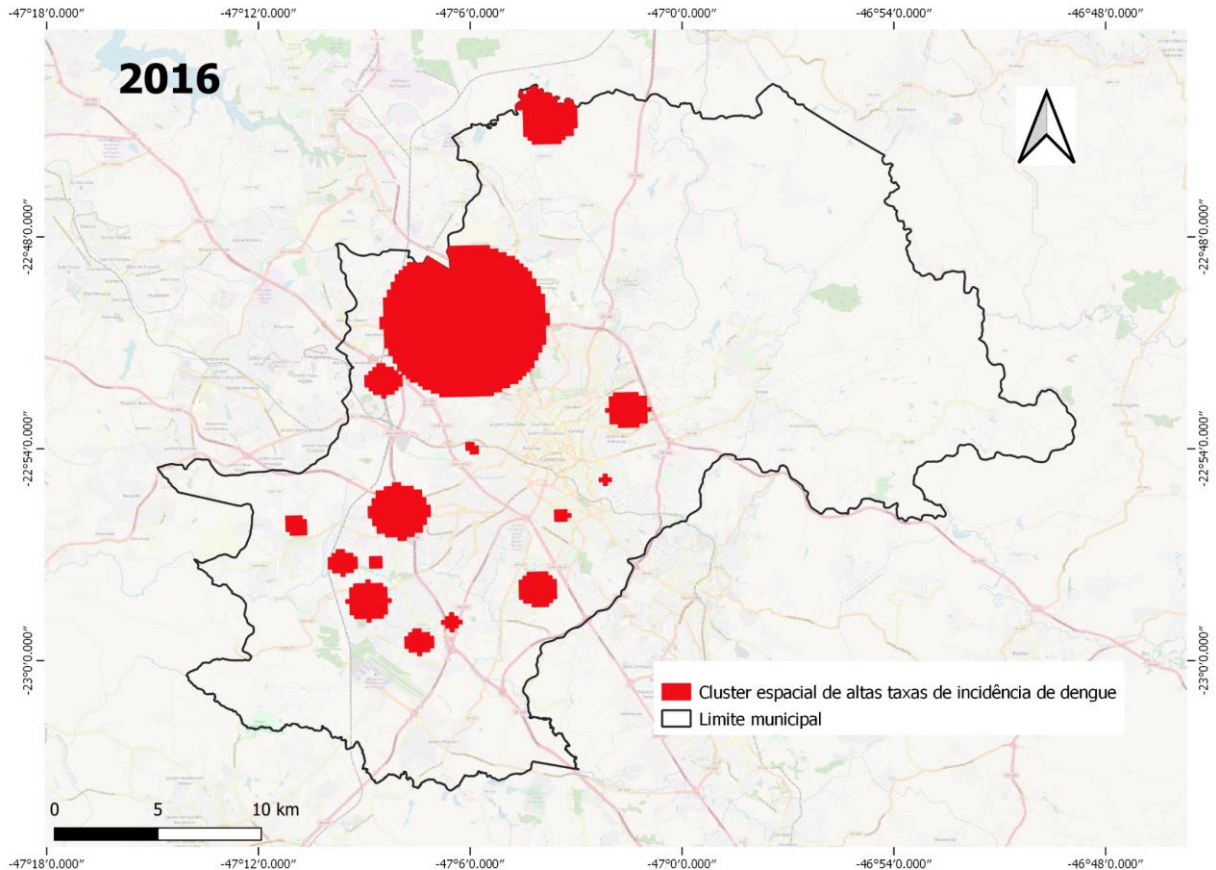


Figura 42: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para o ano de 2016, com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

e) Distrito de Saúde Sudoeste: Três aglomerados nas proximidades dos centros de saúde DIC I, DIC III, Santo Antônio, Itatinga, Vista Alegre;

f) Distrito de Saúde Sul: Três aglomerados nas proximidades dos centros de saúde Carvalho de Moura, Figueira, Paranapanema;

g) Distrito de Saúde Leste: Um aglomerado nas proximidades dos centros de saúde 31 de Março, Boa Esperança e Conceição.

O aglomerado com maior RR (88,75) foi identificado entre os distritos noroeste e sudoeste (nas vizinhanças dos centros de saúde Vista Alegre, Satélite Iris, Ipaussurama), em que o número de habitantes estimado para o aglomerado era de 39, o número esperado de casos

era de 0,11 e o número observado de casos foi de 10. O aglomerado com maior número de casos (333) foi identificado nos distritos de saúde norte e leste, na região de abrangência dos centros de saúde São Marcos, San Martin, Santa Mônica, Costa e Silva, Anchieta, Barão Geraldo, Cássio Raposo do Amaral e Eulina.

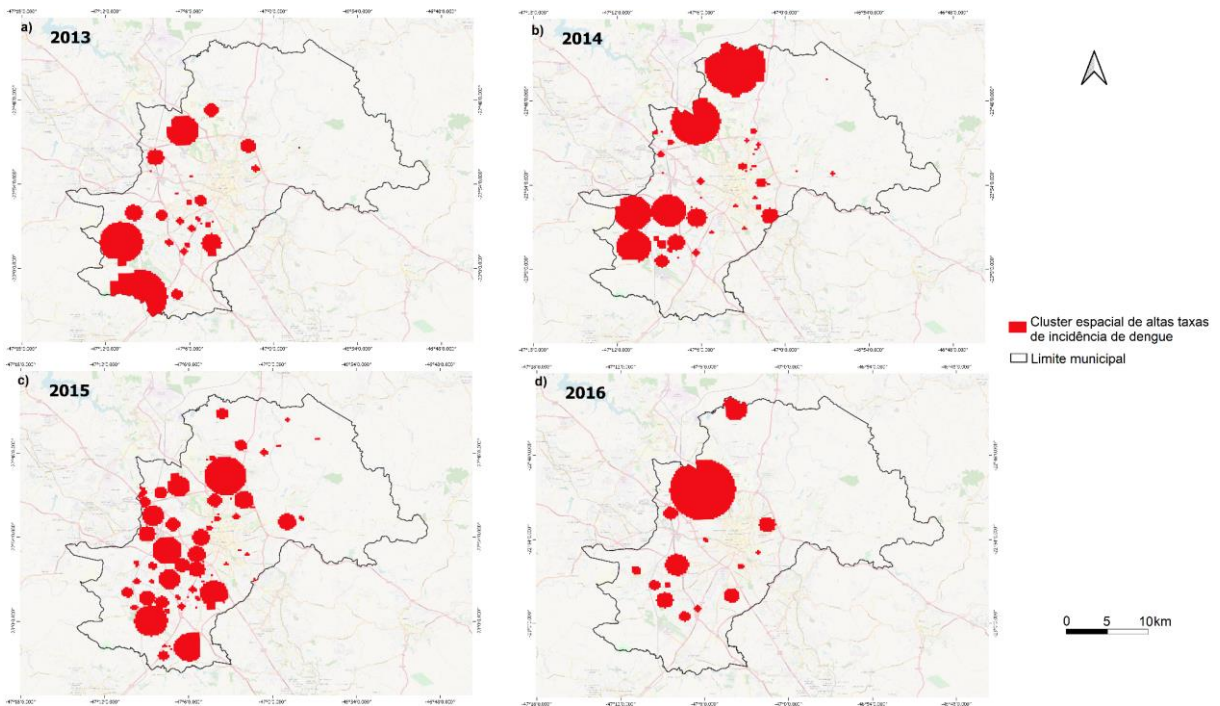


Figura 43: Mapas de aglomerados espaciais de altas taxas de incidência de dengue em Campinas, para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D), com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Epidemiológica de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Quadro 5: Síntese dos resultados obtidos por meio da detecção de aglomerados por varredura espacial Scan

(Continua)

Ano	Distritos de Saúde	Centros de Saúde	Número de aglomerados
2013	Norte	Anchieta, Barão Geraldo, Rosália, São Marcos, Santa Mônica, Eulina e Santa Bárbara	5 aglomerados completos
	Noroeste	Florence, Integração, Ipaussurama, Pedro Aquino, Rossin, Satélite Íris, Floresta, Itajaí, Lisa e Valença	4 aglomerados completos; 1 aglomerado parcial
	Sudoeste	União de Bairros, Vista Alegre, Aeroporto, Capivari, Santa Lúcia, São Cristóvão, Itatinga e Campos Elíseos	2 aglomerados completos; 6 aglomerados parciais
	Sul	Campo Belo, Carvalho de Moura, Figueira, São José, Fernanda, Nova América e Vila Rica	6 aglomerados completos; 5 aglomerados parciais
	Leste	31 de Março, Boa Esperança, São Quirino e Sousas	3 aglomerados completos
2014	Norte	Anchieta, Barão Geraldo, Cássio Raposo do Amaral, Eulina, São Marcos, San Martin, Santa Bárbara e Village	9 aglomerados completos
	Noroeste	Florence, Integração, Ipaussurama, Pedro Aquino, Perseu, Rossin, Satélite Íris, Valença, Itajaí e Lisa	4 aglomerados completos; 2 aglomerados parciais
	Sudoeste	Aeroporto, DIC I, DIC III, São Cristóvão, Vista Alegre, Itatinga, Capivari, Santa Lúcia, Campos Elíseos e União de Bairros	6 aglomerados completos; 3 aglomerados parciais
	Sul	Esmeraldina, Vila Ipê, Orozimbo Maia, Paranapanema, Faria Lima, São José, São Vicente e Nova América	6 aglomerados completos; 1 aglomerado parcial
	Leste	Carlos Gomes, Centro, Conceição, Joaquim Egídeo, São Quirino, Sousas e Taquaral	15 aglomerados completos

Quadro 5: Síntese dos resultados obtidos por meio da detecção de aglomerados por varredura espacial
Scan

(Conclusão)

Ano	Distritos de Saúde	Centros de Saúde	Número de aglomerados
2015	Norte	Anchieta, Barão Geraldo, Boa Vista, Cássio Raposo do Amaral, São Marcos, San Martin, Santa Bárbara, Village, Eulina e Aurélia	10 aglomerados completos; 10 aglomerados parciais
	Noroeste	Florence, Ipaussurama, Rossin, Satélite Íris; Integração; Perseu, Pedro Aquino e Lisa	5 aglomerados completos; 6 aglomerados parciais
	Sudoeste	DIC I, DIC III, São Cristóvão, Santo Antônio, Campos Elíseos, União de Bairros, Vista Alegre, Capivari, Santa Lúcia, Vila União e Itatinga	6 aglomerados completos; 6 aglomerados parciais
	Sul	Campo Belo, Carvalho de Moura, Fernanda, Figueira, Vila Ipê, Nova América, Orozimbo Maia, Paranapanema, São José, São Vicente, Faria Lima, Vila Rica e Oziel	15 aglomerados completos; 6 aglomerados parciais
	Leste	31 de Março, Carlos Gomes, Costa e Silva, São Quirino, Sosas; Taquaral e Centro	12 aglomerados completos; 6 aglomerados parciais
2016	Norte	Anchieta, Aurélia, Rosália, Village, Barão Geraldo, Cássio Raposo do Amaral, Eulina, São Marcos, San Martin e Santa Mônica	3 aglomerados completos; 1 aglomerado parcial
	Noroeste	Ipaussurama, Satélite Iris, Valença e Florence	3 aglomerados completos; 1 aglomerado parcial
	Sudoeste	DIC I, DIC III, Santo Antônio, Itatinga e Vista Alegre	3 aglomerados completos; 1 aglomerado parcial
	Sul	Carvalho de Moura, Figueira e Paranapanema	3 aglomerados completos
	Leste	31 de Março, Boa Esperança, Conceição e Costa e Silva	1 aglomerado completo; 1 aglomerado parcial

Fonte: Elaboração própria (2021).

7.5 Faixas de distância a partir dos pontos estratégicos e imóveis especiais e pontos de controle

A seguir, são apresentados os mapas de faixas de distância a partir dos pontos estratégicos (Figuras 44 a 47) e imóveis especiais (Figuras 48 a 51) e, também, dos pontos estratégicos aleatórios (Figuras 52 a 55) e imóveis especiais aleatórios (Figuras 56 a 59). A taxa média de incidência por faixa de distância foi calculada com base nesses mapas interseccionados às células da grade estatística.

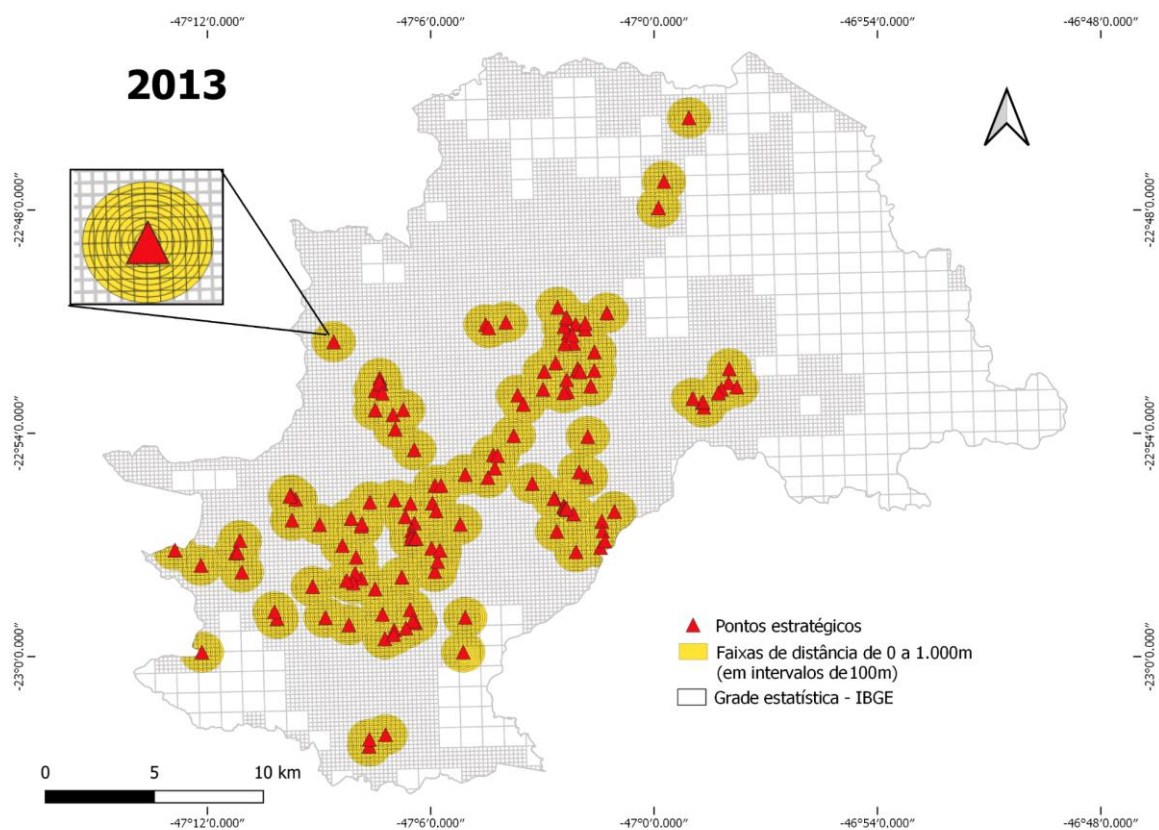


Figura 44: Mapas das faixas de distância a partir dos pontos estratégicos, cadastrados em 2013, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

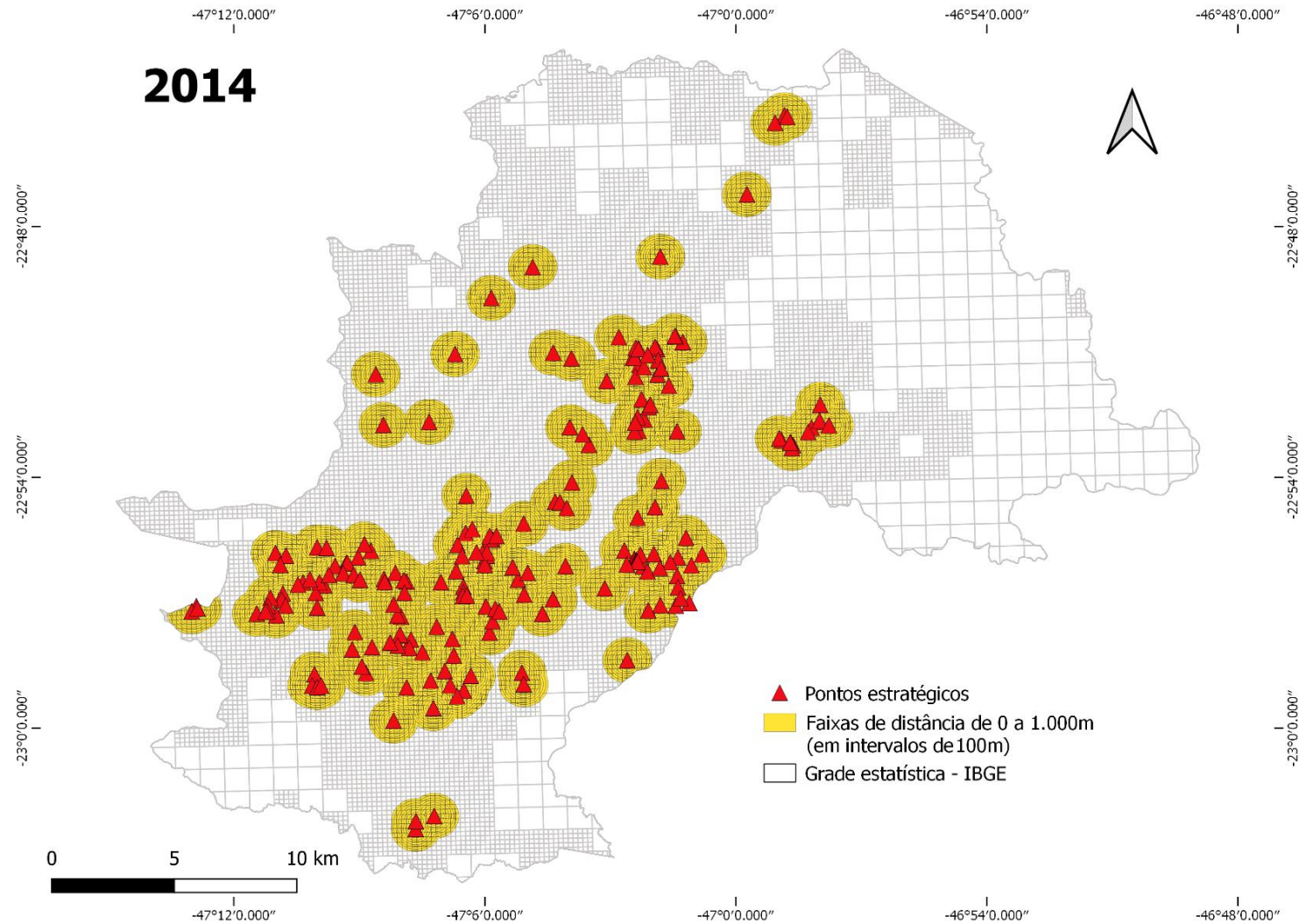


Figura 45: Mapas das faixas de distância a partir dos pontos estratégicos, cadastrados em 2014, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

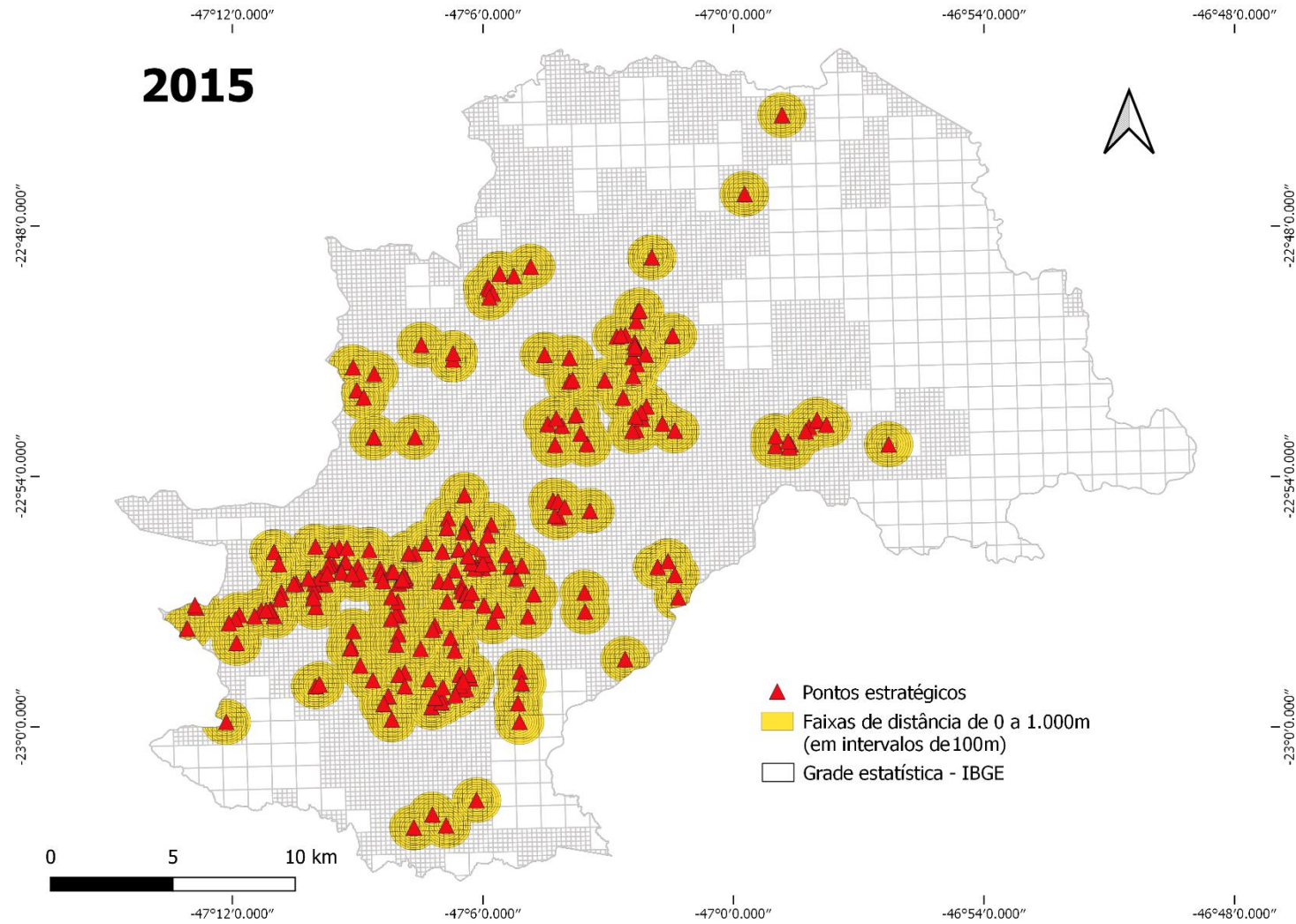


Figura 46: Mapas das faixas de distância a partir dos pontos estratégicos, cadastrados em 2015, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

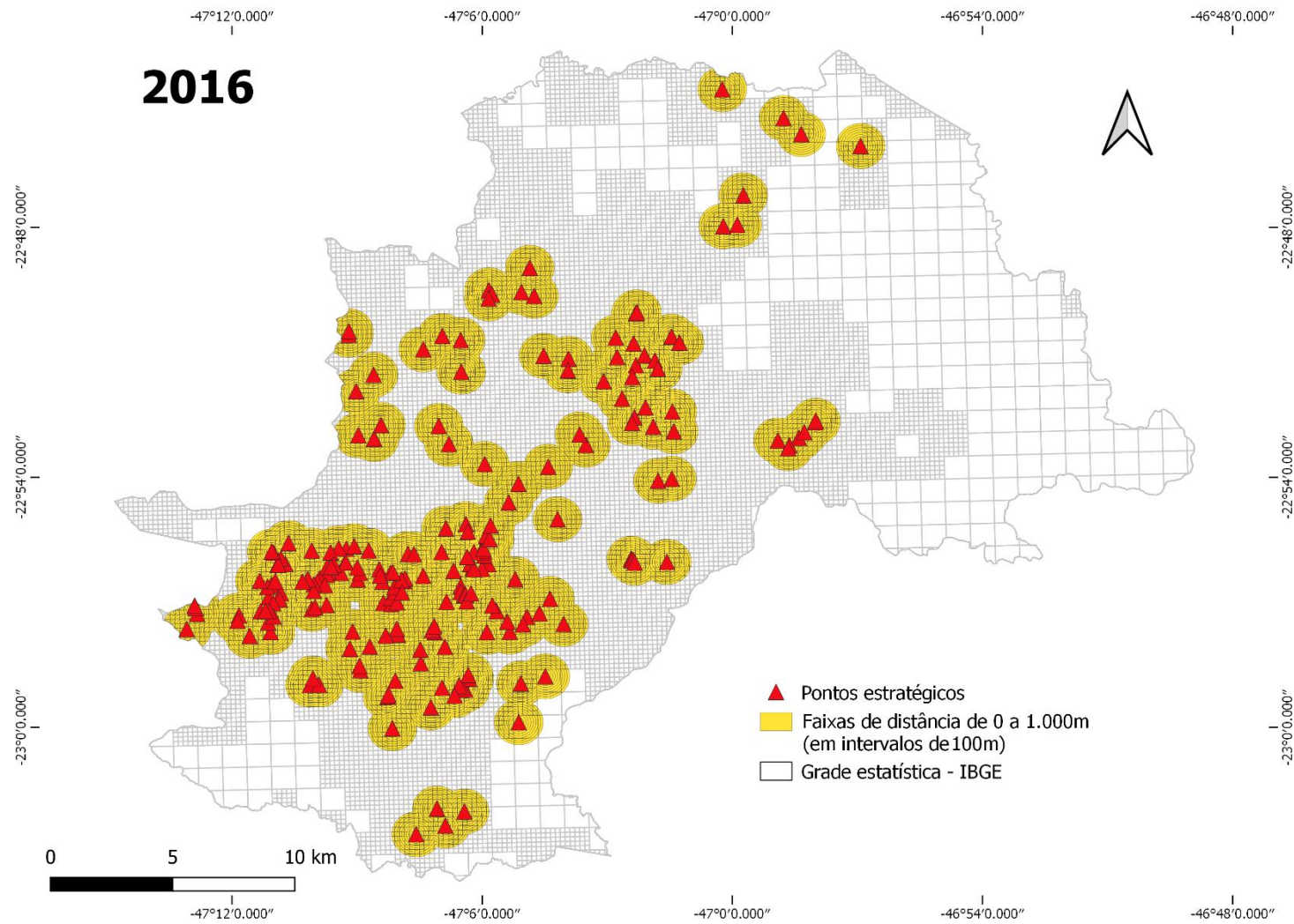


Figura 47: Mapas das faixas de distância a partir dos pontos estratégicos, cadastrados em 2016, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

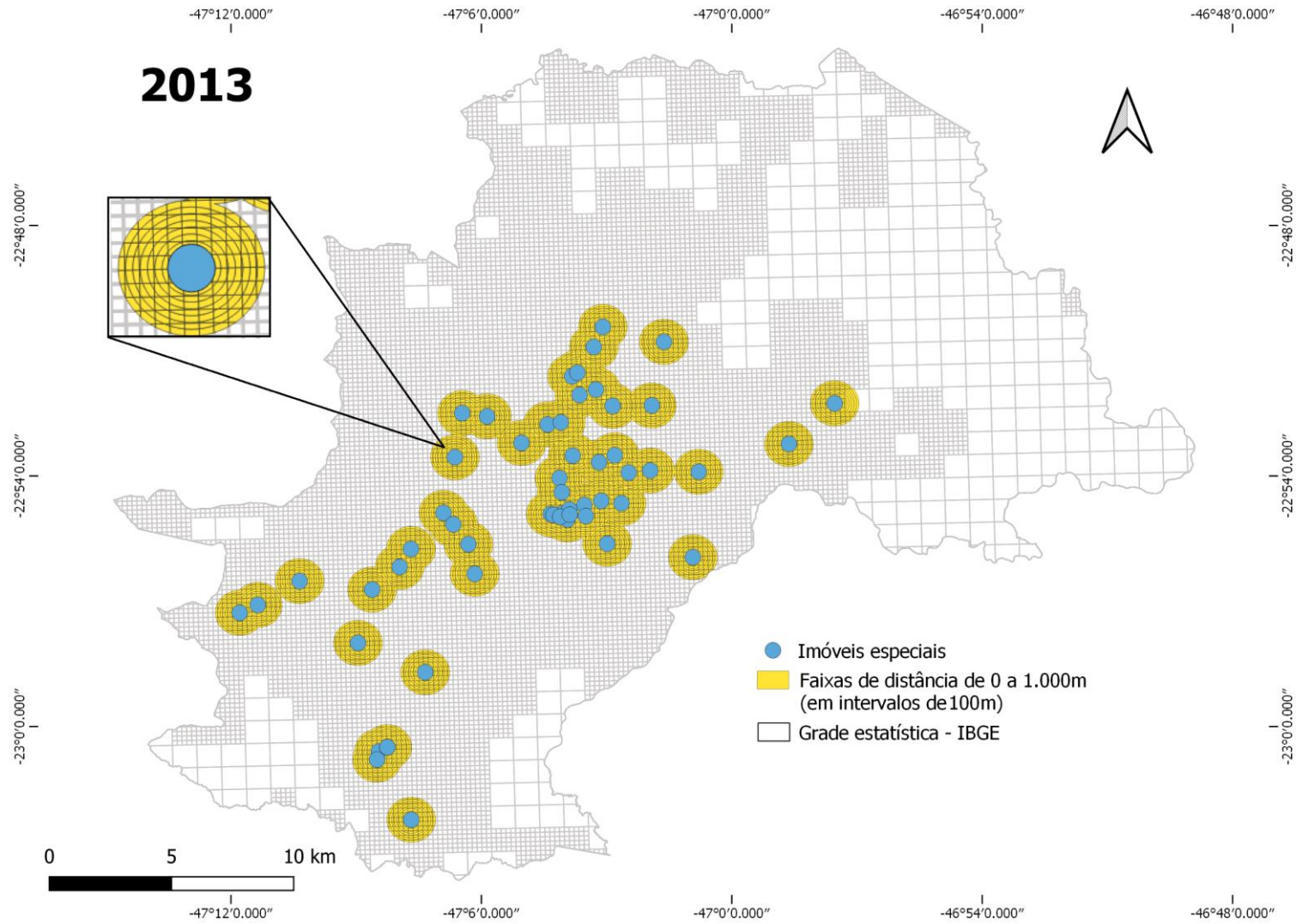


Figura 48: Mapas das faixas de distância a partir dos imóveis especiais, cadastrados em 2013, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

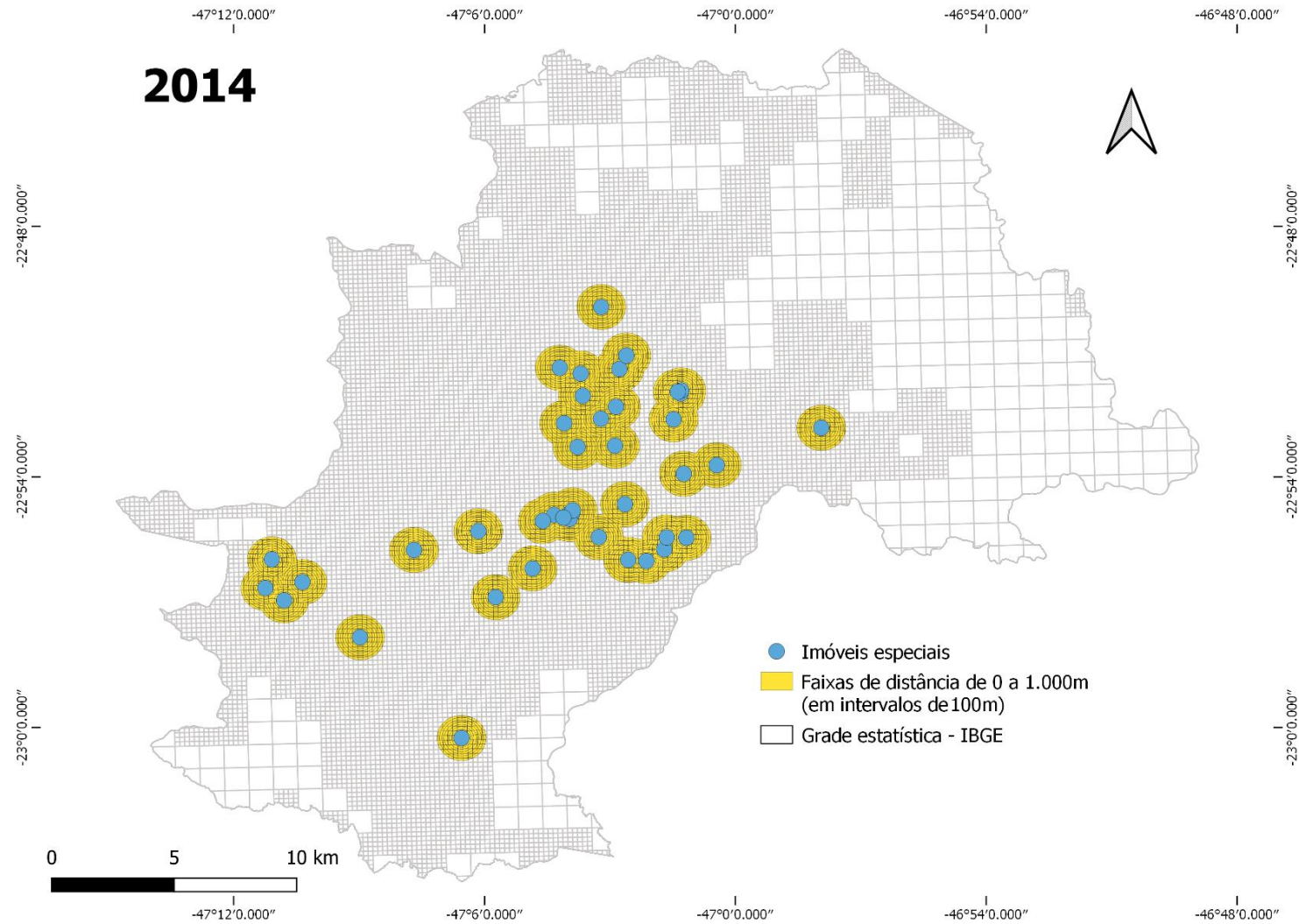


Figura 49: Mapas das faixas de distância a partir dos imóveis especiais, cadastrados em 2014, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

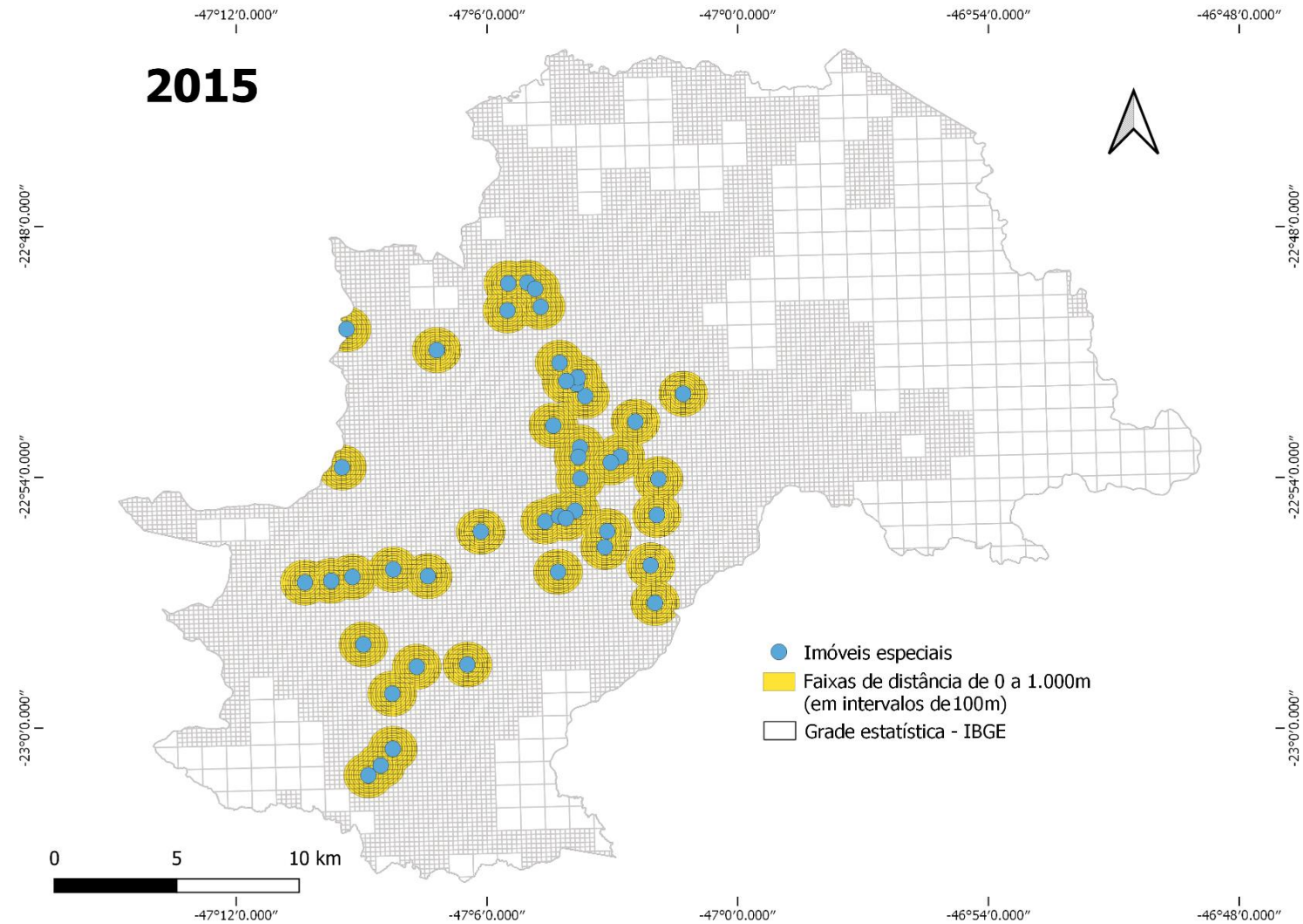


Figura 50: Mapas das faixas de distância a partir dos imóveis especiais, cadastrados em 2015, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

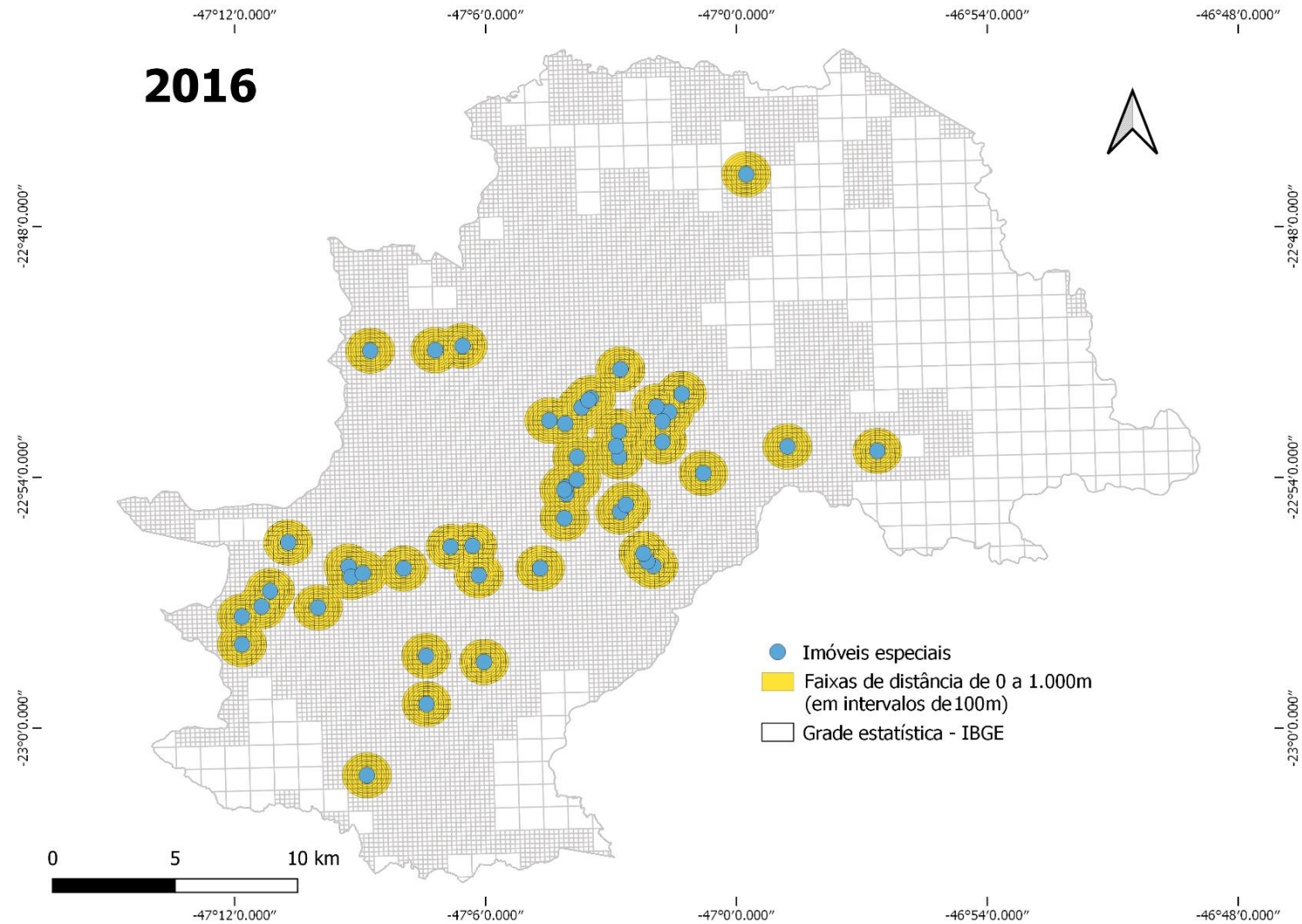


Figura 51: Mapas das faixas de distância a partir dos imóveis especiais, cadastrados em 2016, no município de Campinas-SP.

Fonte: Elaboração própria (2021), com base nos dados disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias do Estado (2017).

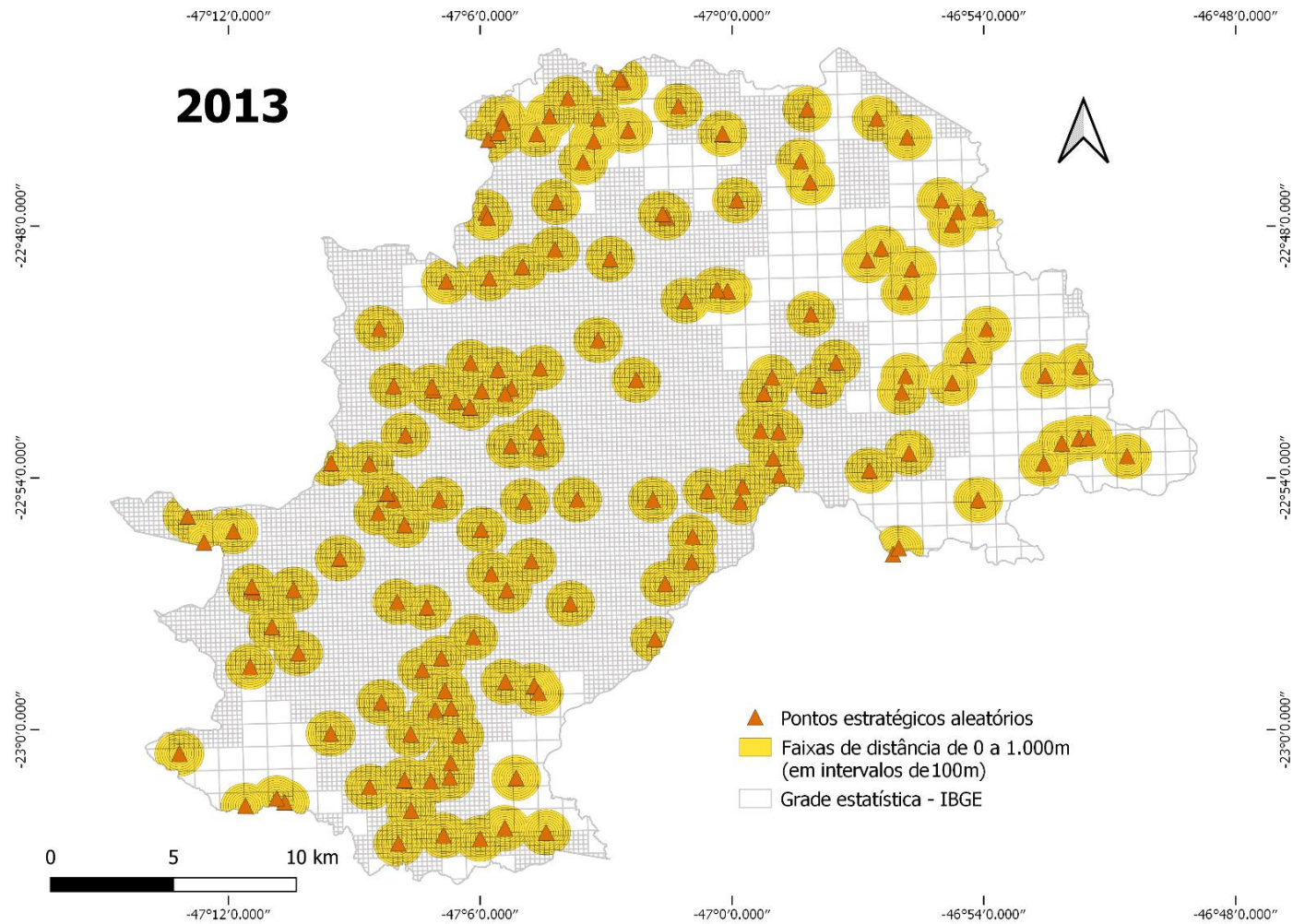


Figura 52: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (pontos estratégicos), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2013.

Fonte: Elaboração própria (2021).

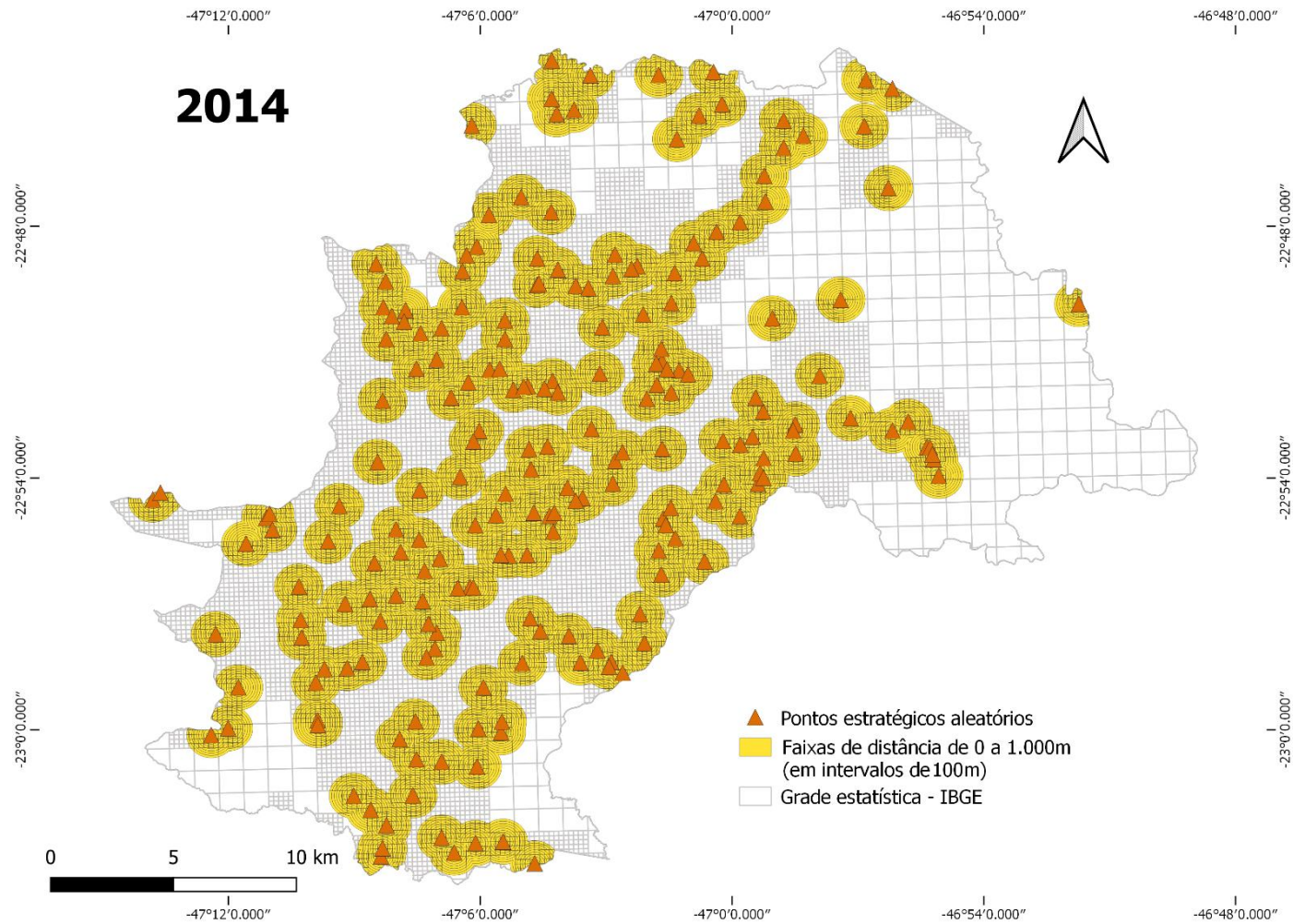


Figura 53: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (pontos estratégicos), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2014.

Fonte: Elaboração própria (2021).

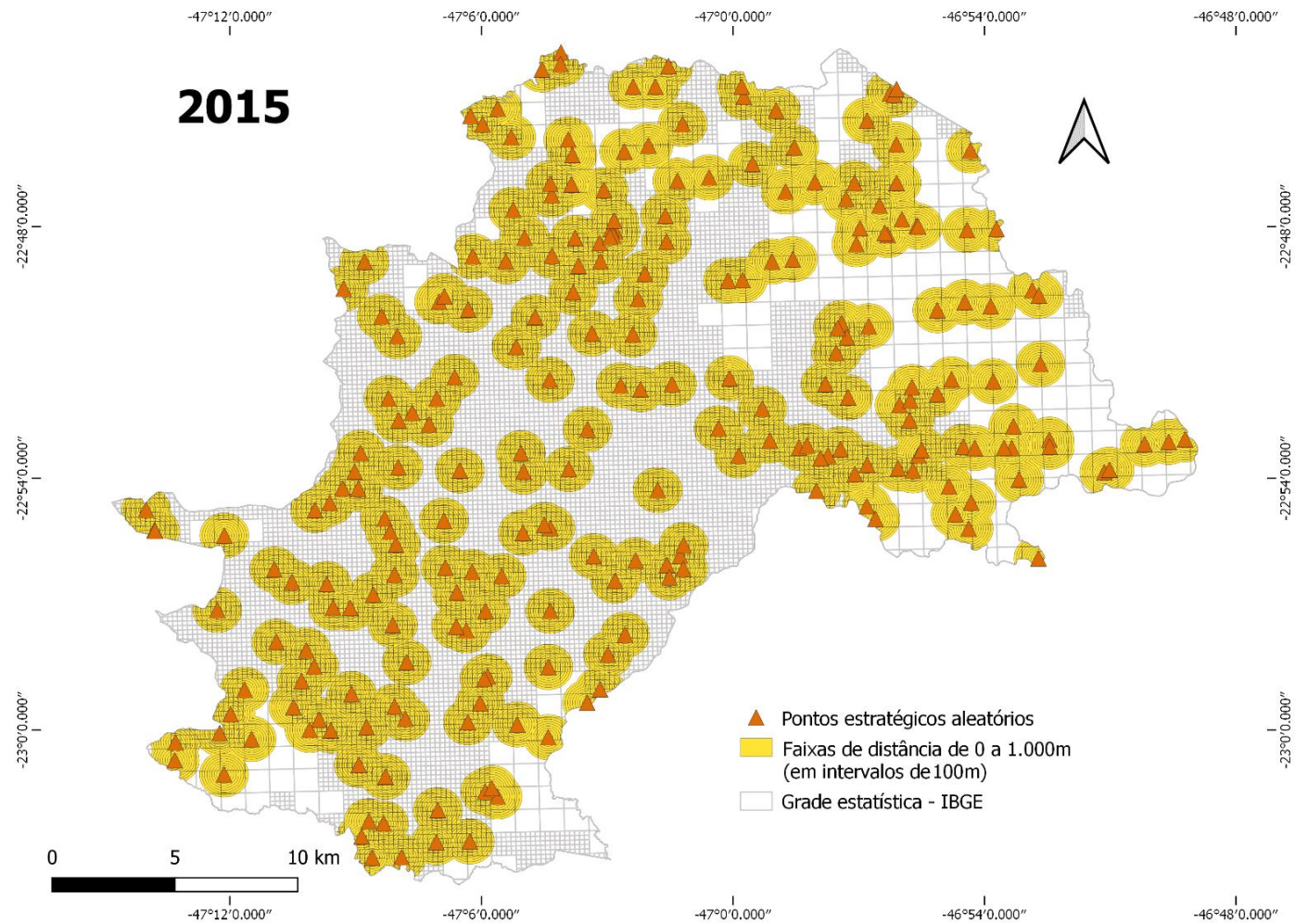


Figura 54: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (pontos estratégicos), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2015.

Fonte: Elaboração própria (2021).

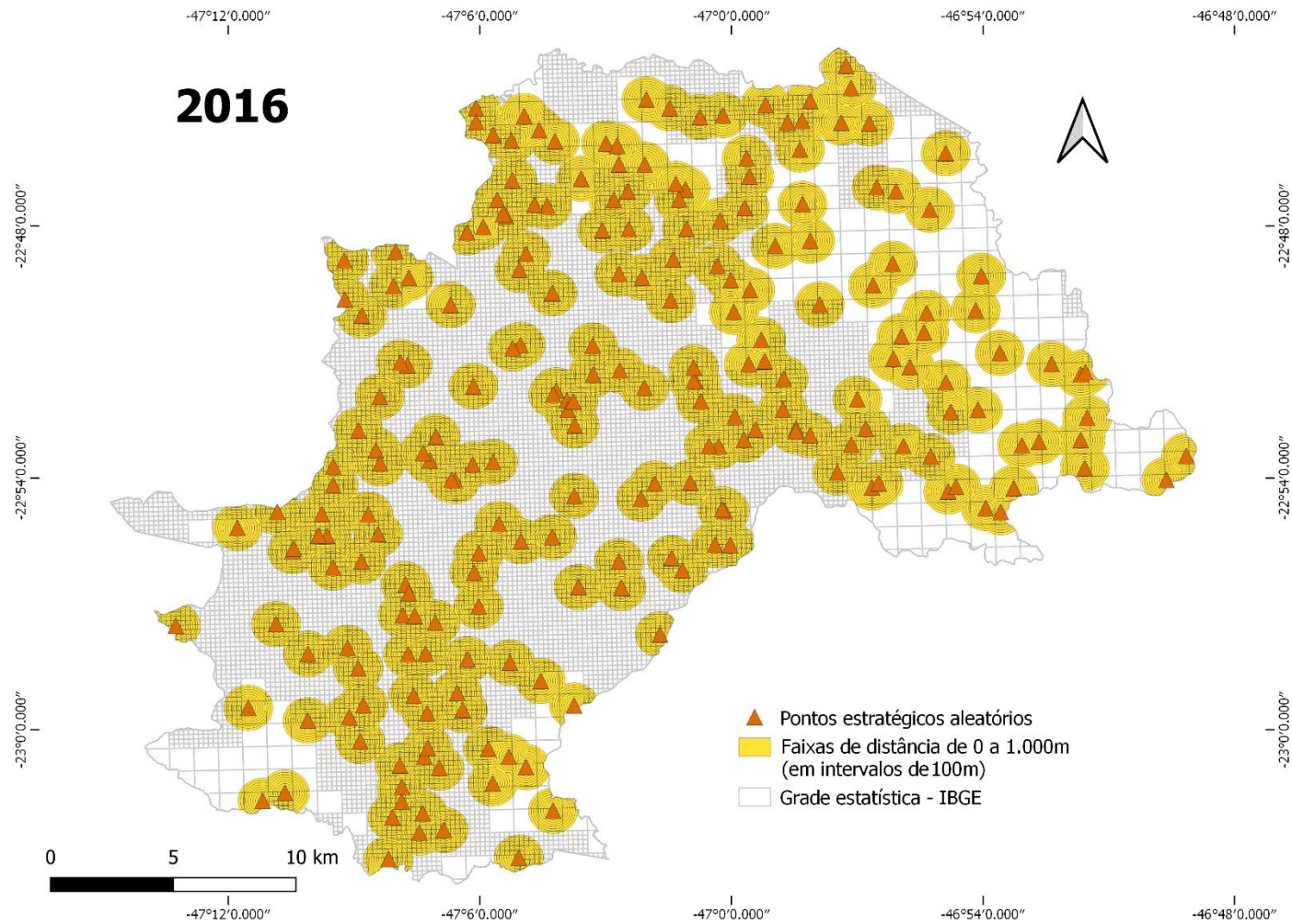


Figura 55: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (pontos estratégicos), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2016.

Fonte: Elaboração própria (2021).

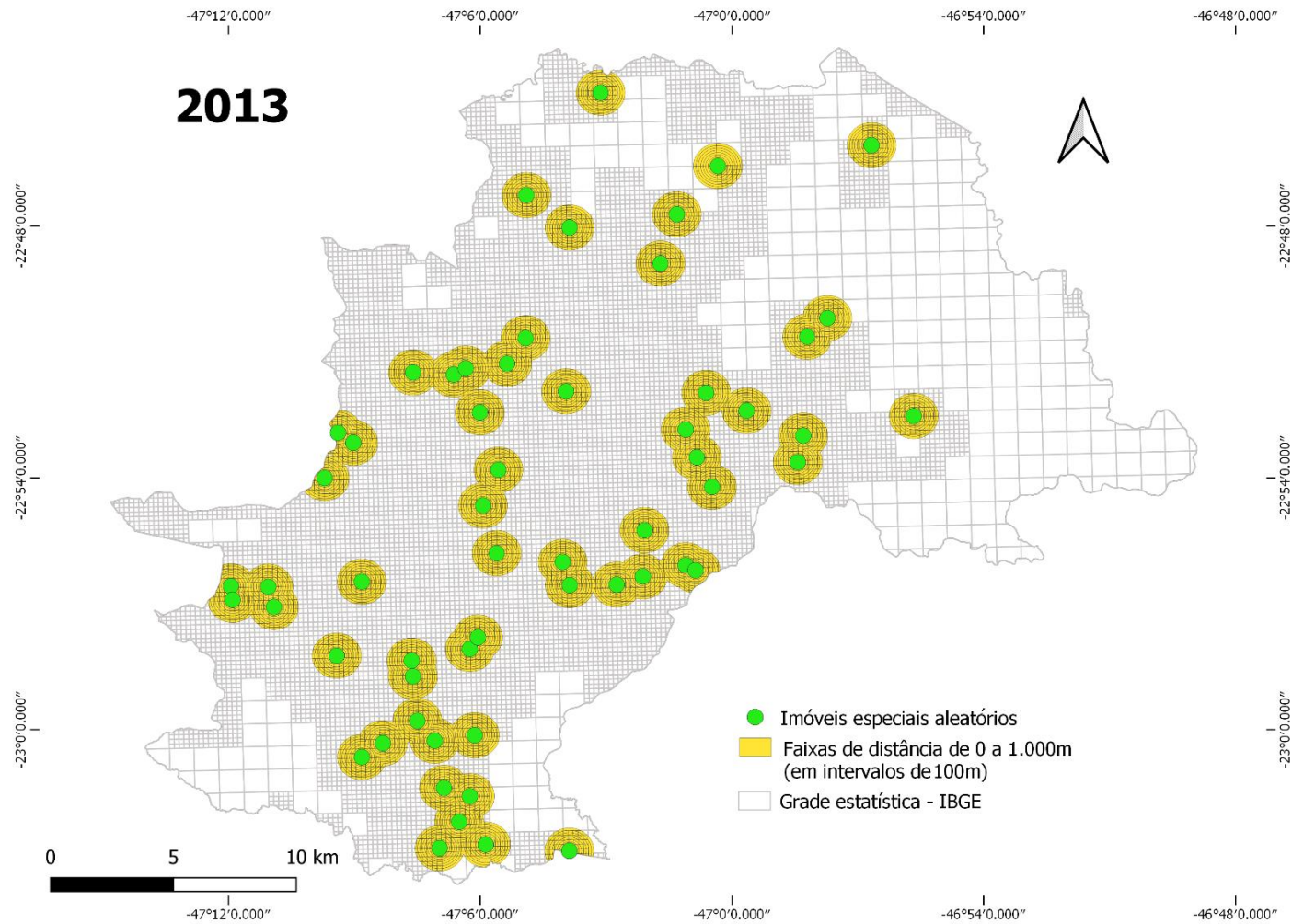


Figura 56: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (imóveis especiais), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2013.

Fonte: Elaboração própria (2021).

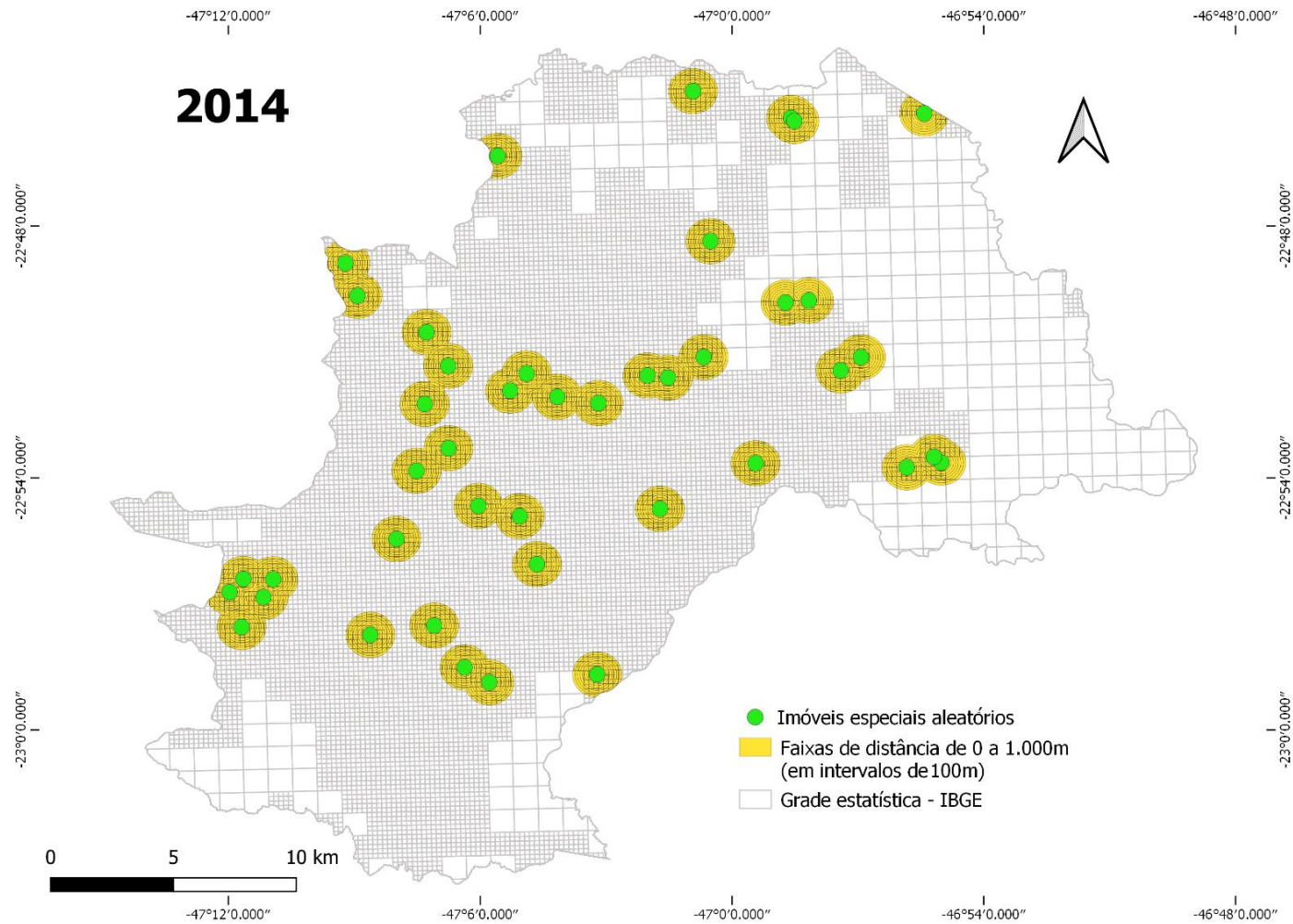


Figura 57: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (imóveis especiais), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2014.

Fonte: Elaboração própria (2021).

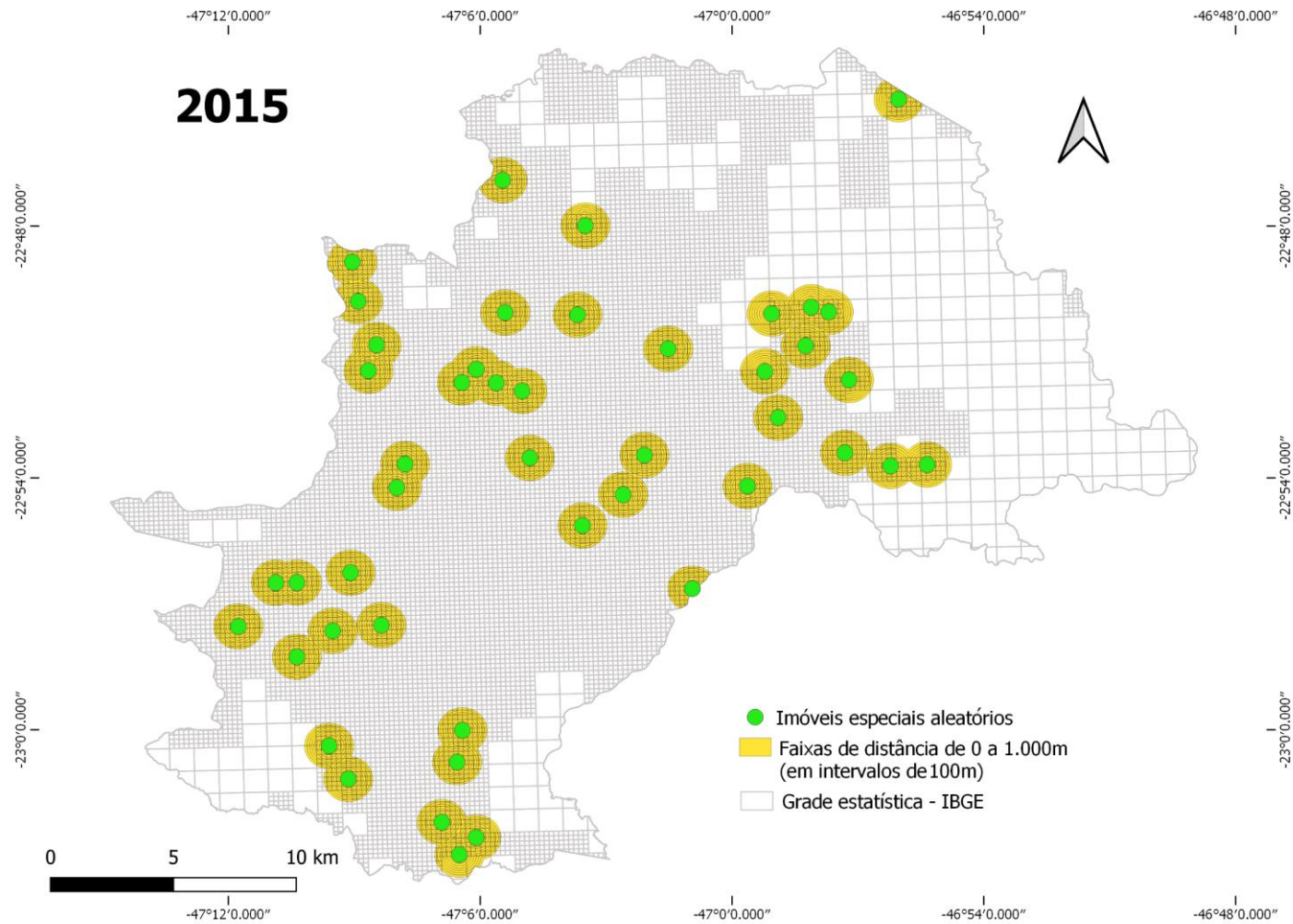


Figura 58: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (imóveis especiais), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2015.

Fonte: Elaboração própria (2021).

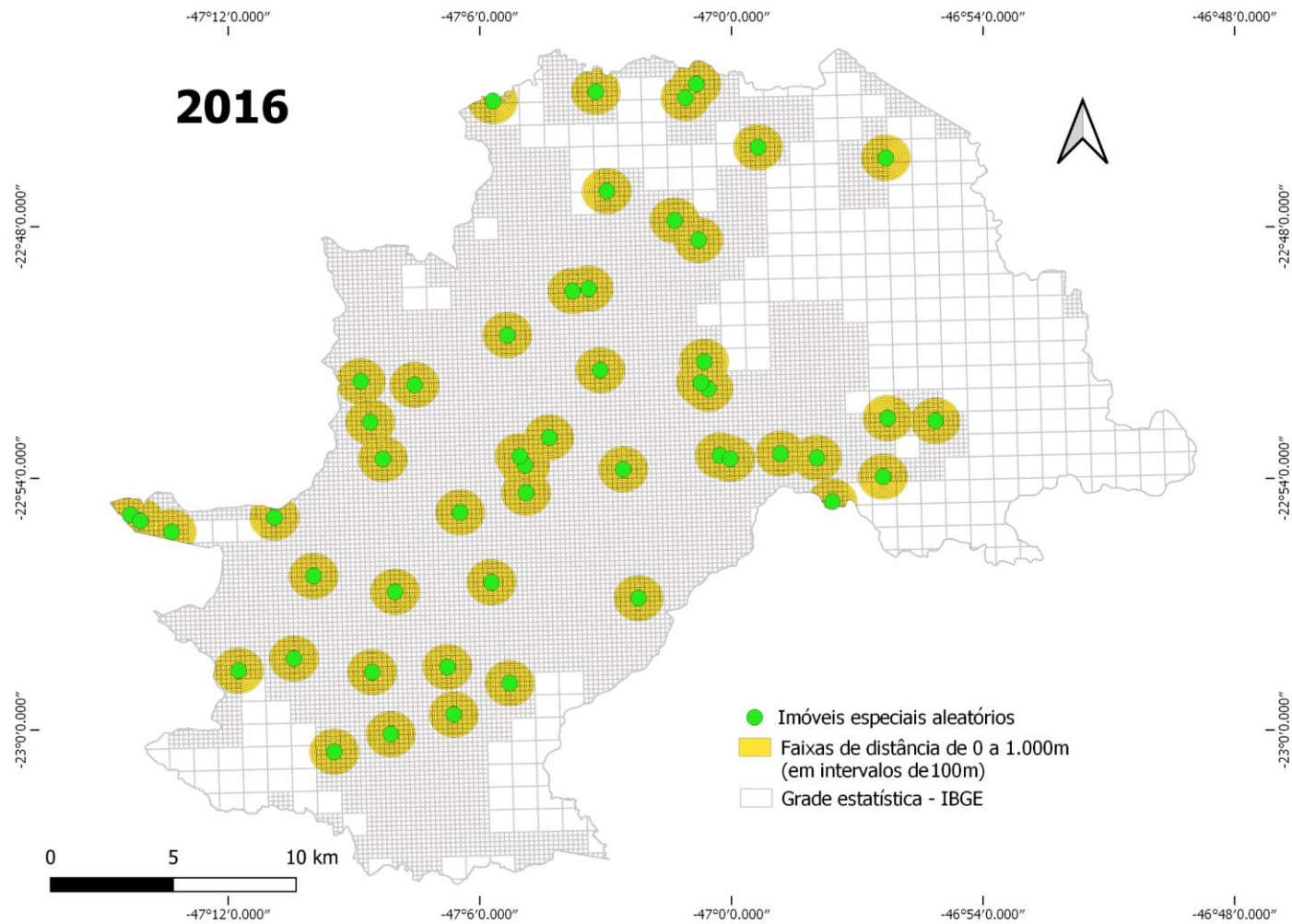


Figura 59: Mapas das faixas de distância traçadas a partir dos pontos de controle (imóveis especiais), gerados aleatoriamente sobre o espaço do município de Campinas-SP, para o ano de 2016.

Fonte: Elaboração própria (2021).

7.6 Análise estatística da taxa média de incidência por faixa de distância

Os gráficos de dispersão (Figuras 60 e 61) representam a relação entre a taxa média de incidência de dengue (eixo y) e das faixas de distância de 100 em 100 metros (eixo x), para cada categoria de imóvel (PE e IE), em cada ano de estudo considerado (2013-2016). Para complementar os resultados dos gráficos de dispersão, também são apresentados os resultados da análise formal (Tabelas 2 e 3). Os coeficientes lineares representam a predição das taxas de incidência para a distância zero aos PE-IE e pontos de controle, isto é, os valores máximos de incidência. Os coeficientes angulares representam a tendência das taxas de incidência em relação as faixas de distância (quando os valores dos coeficientes angulares são positivos, demonstram uma tendência crescente; quando negativos, demonstram uma tendência decrescente e; quando zero não demonstram tendência).

7.6.1 Pontos estratégicos

Observando-se os gráficos de dispersão da figura 60, nota-se que, visualmente, existe, para os PE uma tendência de decréscimo da taxa média de incidência, com o aumento da distância a partir desses imóveis.

O mesmo padrão não é observado quando considerados os pontos usados como controle, pois para todos os anos a taxa média de incidência se mantém mais estável, com pouca variação, conforme o aumento da distância (Figura 60).

Na tabela 2, estão representados os resultados da análise formal. Os valores dos coeficientes lineares (que representam a taxa de incidência quando a distância é igual a zero), foram, em média, 3,2 vezes superiores às verificadas nas proximidades dos pontos de controle.

Os coeficientes angulares dos PE são todos negativos, mostrando uma tendência ao decréscimo da taxa média de incidência com o aumento da distância aos PE.

Para 2013 e 2016, quando as epidemias foram menos severas, os PE apresentaram coeficientes angulares de -0,50 e -0,37, indicando que, para cada 100 metros de afastamento dos PE, a estimativa da taxa de incidência diminui, em média, 43,5 casos/100mil habitantes (Tabela 2).

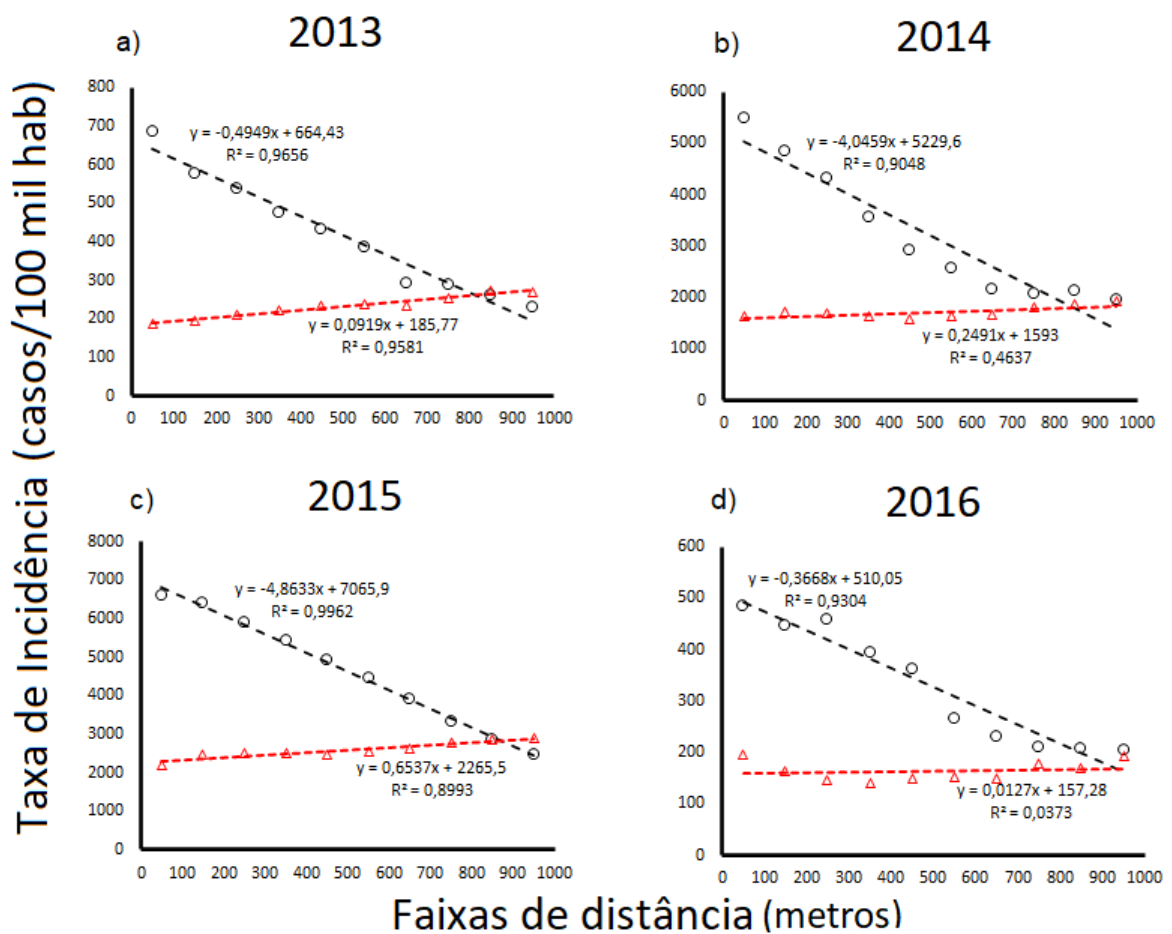
Em 2014 e 2015, quando as epidemias foram mais severas, os PE apresentaram, respectivamente, coeficientes angulares de -4,05 e -4,86, que significam que para cada 100

metros de aumento da distância aos pontos, a predição para a taxa de incidência diminuiu em média 445,5 casos/100mil habitantes (Tabela 2).

Os coeficientes angulares tendendo a zero, para os pontos de controle, mostram que não se verificou uma relação significativa entre distância e incidência quando as fontes são aleatórias (Tabela 2).

INCIDÊNCIA POR FAIXAS DE DISTÂNCIA

(PE E PONTOS DE CONTROLE)



○ PE — — — Linear (PE) △ Controle — — — — Linear (Controle)

Figura 60: Taxa média de incidência de dengue por faixas de distância (em 100 metros de intervalo), medidas a partir dos pontos estratégicos existentes e dos pontos de controle gerados aleatoriamente para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

Tabela 2: Ajustes lineares referentes às taxas médias de incidência em relação à distância aos pontos estratégicos e dos respectivos pontos de controle, nos anos de 2013 a 2016, no município de Campinas-SP

Ano	Grupo	Coef. Linear	Coef. Angular	<i>p-value</i>	r^2	<i>Controle</i>			
						Coef. Linear	Coef. Angular	<i>p-value</i>	r^2
2013	PE	664	-0,50	<0,0001	0,966	186	0,09	<0,0001	0,958
2014		5230	-4,05	<0,0001	0,905	1593	0,25	~ 0,03	0,464
2015		7065	-4,86	<0,0001	0,996	2265	0,65	<0,0001	0,899
2016		510	-0,37	<0,0001	0,930	157	~ 0	~0,6	0,037

Fonte: Elaboração própria (2021).

7.6.2 Imóveis especiais

Os gráficos de dispersão da figura 61, mostram que, visualmente, existe, também para os IE uma tendência de decréscimo da taxa média de incidência, com o aumento da distância a partir desses imóveis. Quando considerados os pontos usados como controle não se observa uma tendência clara de aumento ou decréscimo nos valores das taxas de incidência, conforme o aumento da distância, ao longo dos anos analisados (Figura 61).

À semelhança dos ajustes lineares feitos para os PE, os coeficientes lineares obtidos nos ajustes dos IE indicam que, nas suas proximidades, as taxas de incidência são, em média, 2,6 vezes maiores do que as taxas verificadas próximas aos pontos de controle (Tabela 3).

Os coeficientes angulares dos IE, também apresentados na tabela 3, são todos negativos, mostrando uma tendência de decréscimo das taxas de incidência conforme aumenta a distância aos pontos.

Para os anos de 2013 e 2016, em que as epidemias foram menos severas, os IE apresentaram coeficientes angulares de -0,31 e -0,09, indicando que para cada 100 metros de aumento da distância aos IE, a predição para a taxa de incidência diminui em média 20 casos/100mil habitantes (Tabela 3).

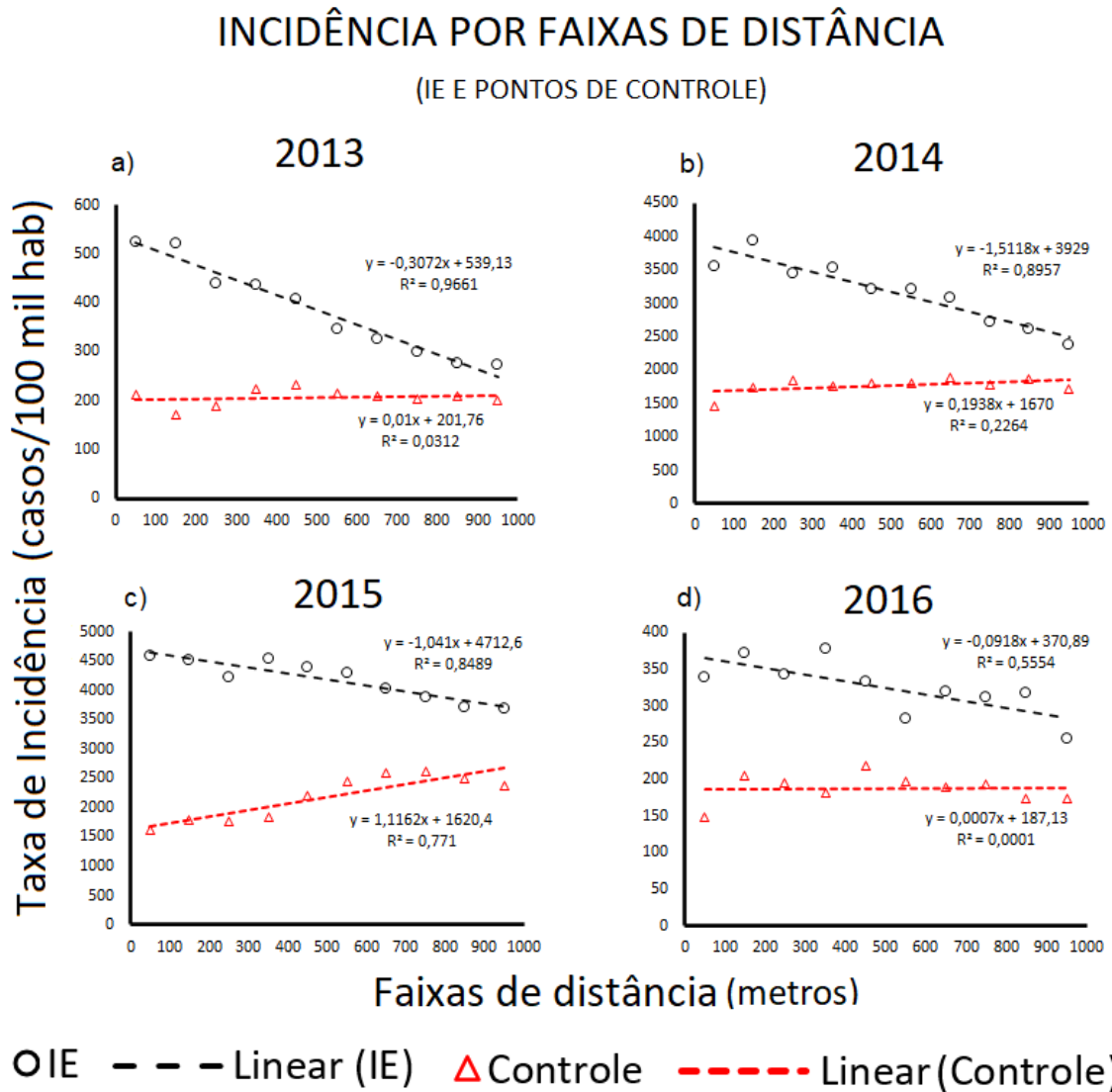


Figura 61: Taxa média de incidência de dengue por faixas de distância (em 100 metros de intervalo), medidas a partir dos imóveis especiais existentes e dos pontos de controle gerados aleatoriamente para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

Nos anos de 2014 e 2015, em que as epidemias foram mais severas, os IE apresentaram coeficientes angulares de -1,51 e -1,04, que significam que para cada 100 metros de aumento da distância aos pontos, a predição para a taxa de incidência diminui em média 127,5 casos/100mil habitantes (Tabela 3).

Os coeficientes angulares próximos de zero, para os pontos de controle, mostram que não se verificou uma relação significativa entre distância e incidência quando as fontes são aleatórias (Tabela 3).

Tabela 3: Ajustes lineares referentes às taxas médias de incidência em relação à distância aos imóveis especiais e dos respectivos pontos de controle, nos anos de 2013 a 2016, no município de Campinas-SP

Ano	Grupo	Coef. Linear	Coef. Angular	<i>p-value</i>	r^2	<i>Controle</i>			
						Coef. Linear	Coef. Angular	<i>p-value</i>	r^2
2013	IE	539	-0,31	<0,0001	0,966	201	~ 0	~0,63	0,031
2014		3930	-1,51	<0,0001	0,896	1670	~ 0	~ 0,16	0,226
2015		4713	-1,04	~ 0,0001	0,849	1620	1,12	~ 0,0008	0,771
2016		371	-0,09	~ 0,013	0,555	187	~ 0	~0,9	0,0001

Fonte: Elaboração própria (2021).

7.6.3 Análise dos resíduos da regressão linear simples

Os resultados da análise dos resíduos da regressão linear simples estão apresentados nas figuras 62 a 67 e tabelas 4 a 6. Conforme explicado anteriormente, essa análise tem como objetivo verificar a adequabilidade dos modelos de regressão, considerando-se as diferenças entre os valores observados e os valores preditos pelos modelos. O modelo de regressão é considerado adequado quando o comportamento dos resíduos é aleatório e atende as suposições de distribuição normal, variâncias homogêneas e variável explicativa independente.

a) Diagnóstico da Normalidade dos Resíduos: observando-se os gráficos das figuras 62 e 63, nota-se que os pontos seguem o comportamento da reta, não estando distantes dela. Portanto, há indícios de que os erros são normalmente distribuídos. A normalidade também é confirmada por meio da análise formal, a um intervalo de confiança de 95% (Tabela 4).

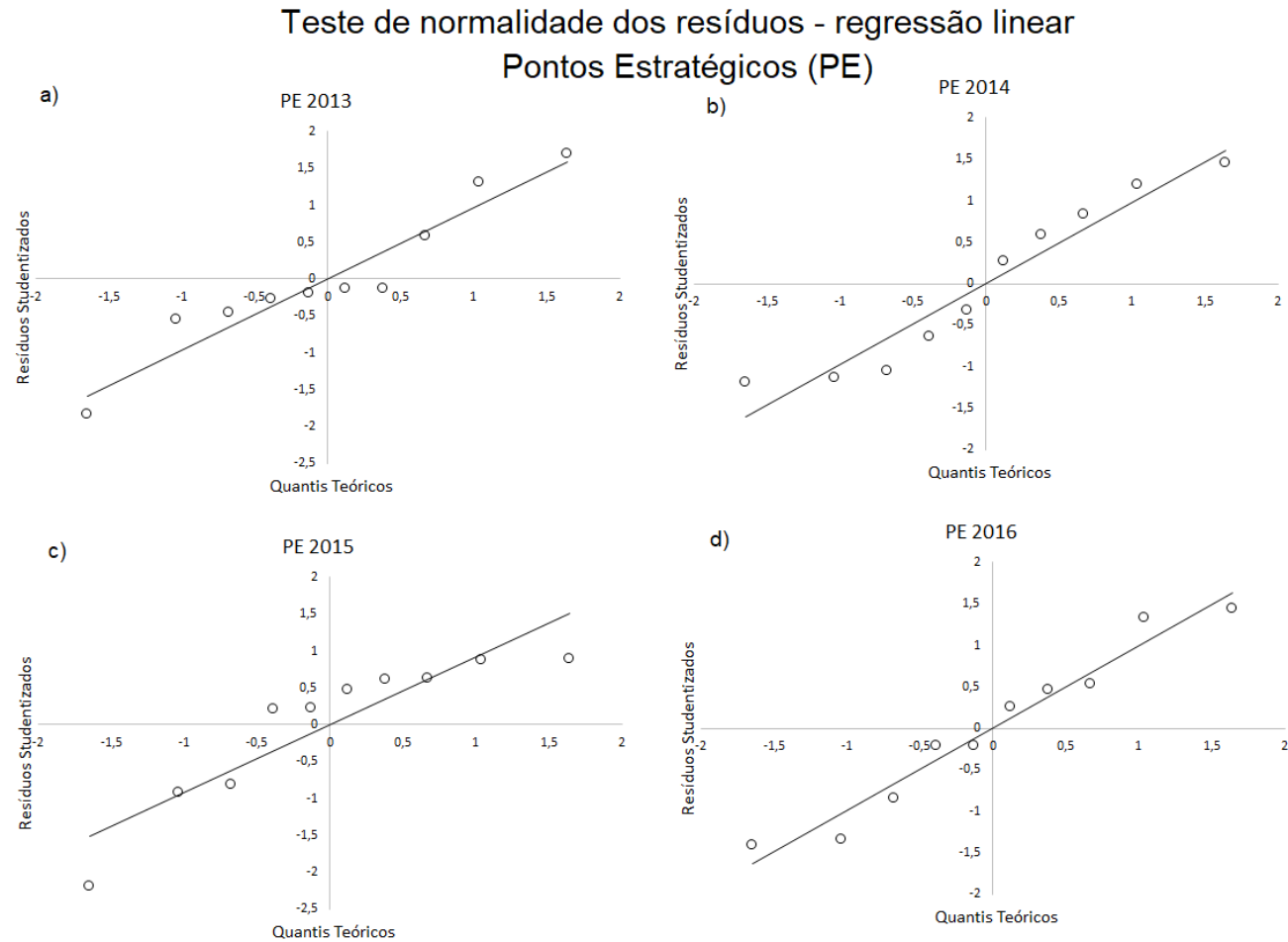


Figura 62: Análise gráfica para o teste de normalidade dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

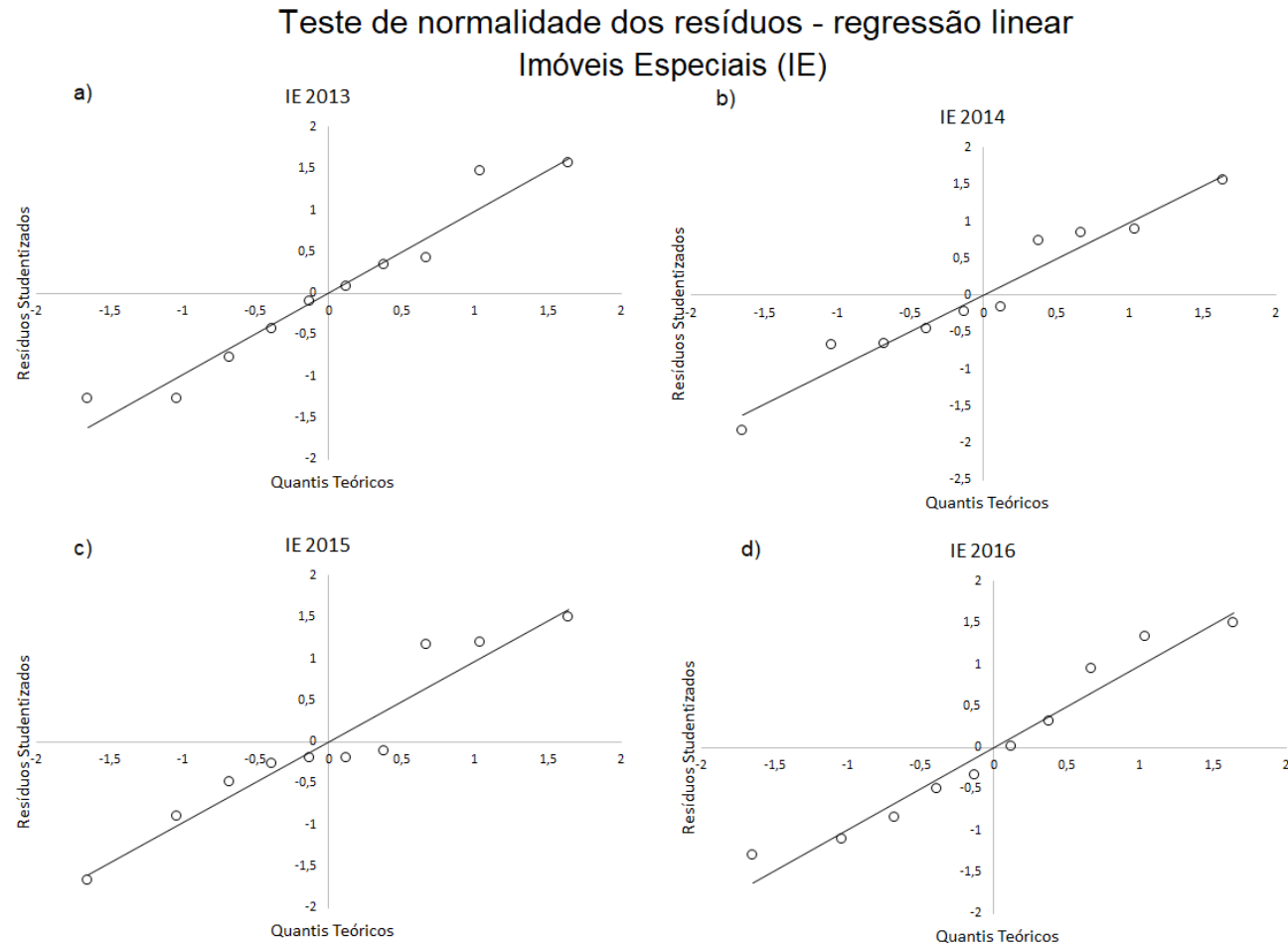


Figura 63: Análise gráfica para o teste de normalidade dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos imóveis especiais (IE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

Tabela 4: Análise formal do teste de normalidade dos resíduos da regressão linear simples

Análise dos Resíduos - Regressão Linear Simples	
Grupo	Normalidade (teste <i>Shapiro-Wilk</i>)
PE 2013	Valor estatístico = 0,92768; <i>p-value</i> = 0,425
PE 2014	Valor estatístico = 0,91304; <i>p-value</i> = 0,302
PE 2015	Valor estatístico = 0,89865; <i>p-value</i> = 0,212
PE 2016	Valor estatístico = 0,94230; <i>p-value</i> = 0,579
IE 2013	Valor estatístico = 0,93262; <i>p-value</i> = 0,474
IE 2014	Valor estatístico = 0,95369; <i>p-value</i> = 0,712
IE 2015	Valor estatístico = 0,91836; <i>p-value</i> = 0,343
IE 2016	Valor estatístico = 0,93752; <i>p-value</i> = 0,526

Fonte: Elaboração própria (2021).

b) Diagnóstico da Independência dos Resíduos: observa-se nas figuras 64 e 65, que aconteceu a alternância esperada entre pontos negativos e positivos, com exceção da figura 64B (PE 2014), em que há uma sequência de pontos negativos em determinado ponto do gráfico. Por meio do teste formal (Tabela 5) detectou-se que as suposições de independência foram em geral confirmadas, a um intervalo de confiança de 95%, com exceção para os PE de 2014 (*p-value* ~ 0) e PE de 2016 (*p-value* = 0,048).

Tabela 5: Análise formal do teste de independência dos resíduos da regressão linear simples

Análise dos Resíduos - Regressão Linear Simples	
Grupo	Independência (teste <i>Durbin-Watson</i>)
PE 2013	Valor estatístico = 1,30248; <i>p-value</i> = 0,088
PE 2014	Valor estatístico = 0,44575; <i>p-value</i> ~ 0
PE 2015	Valor estatístico = 1,36596; <i>p-value</i> = 0,060
PE 2016	Valor estatístico = 1,08634; <i>p-value</i> = 0,048
IE 2013	Valor estatístico = 2,08724; <i>p-value</i> = 0,393
IE 2014	Valor estatístico = 2,53027; <i>p-value</i> = 0,689
IE 2015	Valor estatístico = 1,66225; <i>p-value</i> = 0,158
IE 2016	Valor estatístico = 3,11068; <i>p-value</i> = 0,948

Fonte: Elaboração própria (2021).

Esse comportamento é explicado pelo pequeno afastamento do ajuste linear observado nas figuras 64B e 64D, referentes aos PE de 2014 e 2016. Nota-se que, especificamente nesses dois anos, os pontos seguem uma ligeira tendência sigmoide, o que pode ser adequado com o ajuste não linear de *Boltzmann*, que será aplicado mais adiante.

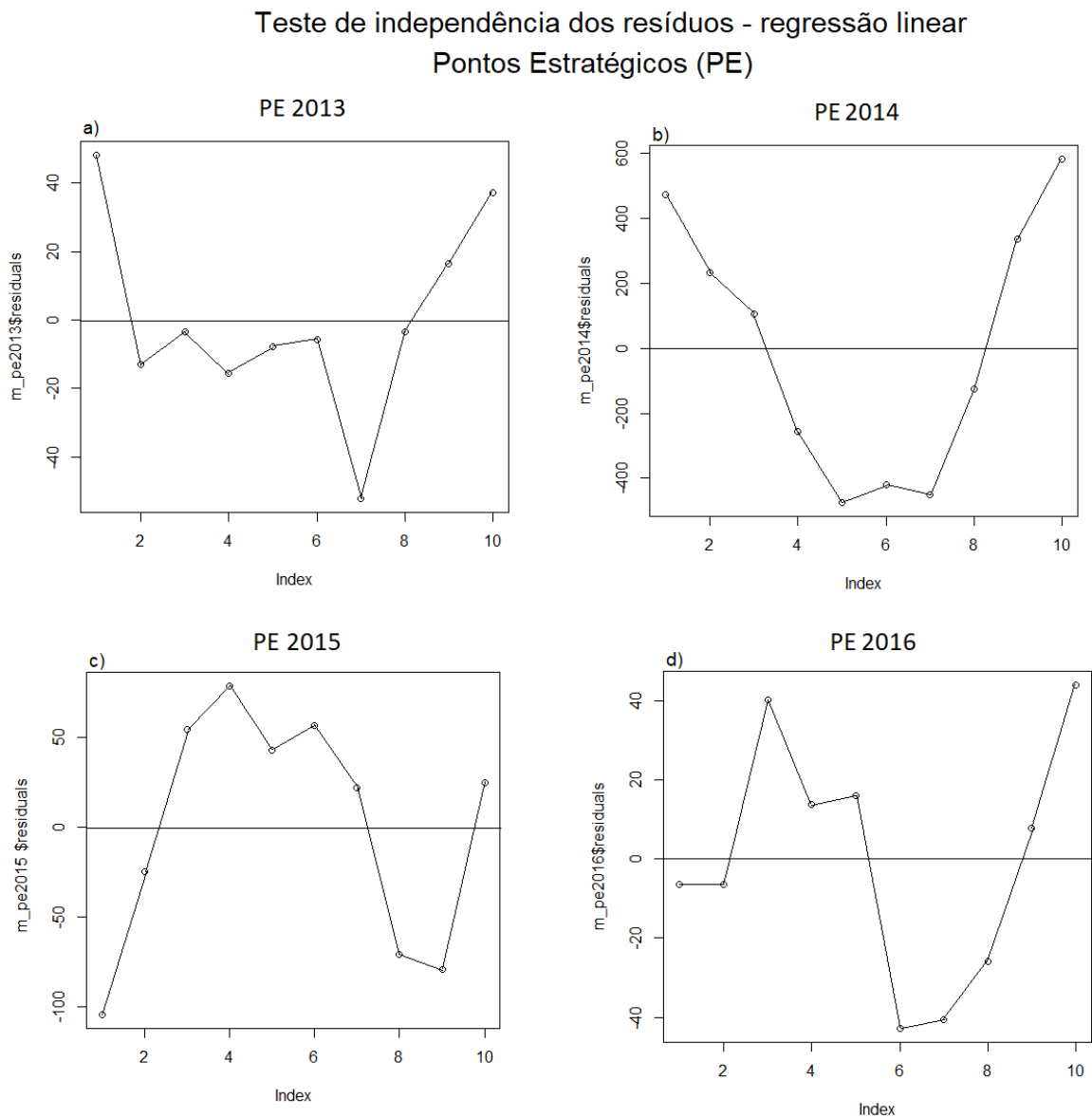


Figura 64: Análise gráfica para o teste de independência dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

Teste de independência dos resíduos - regressão linear Imóveis Especiais (IE)

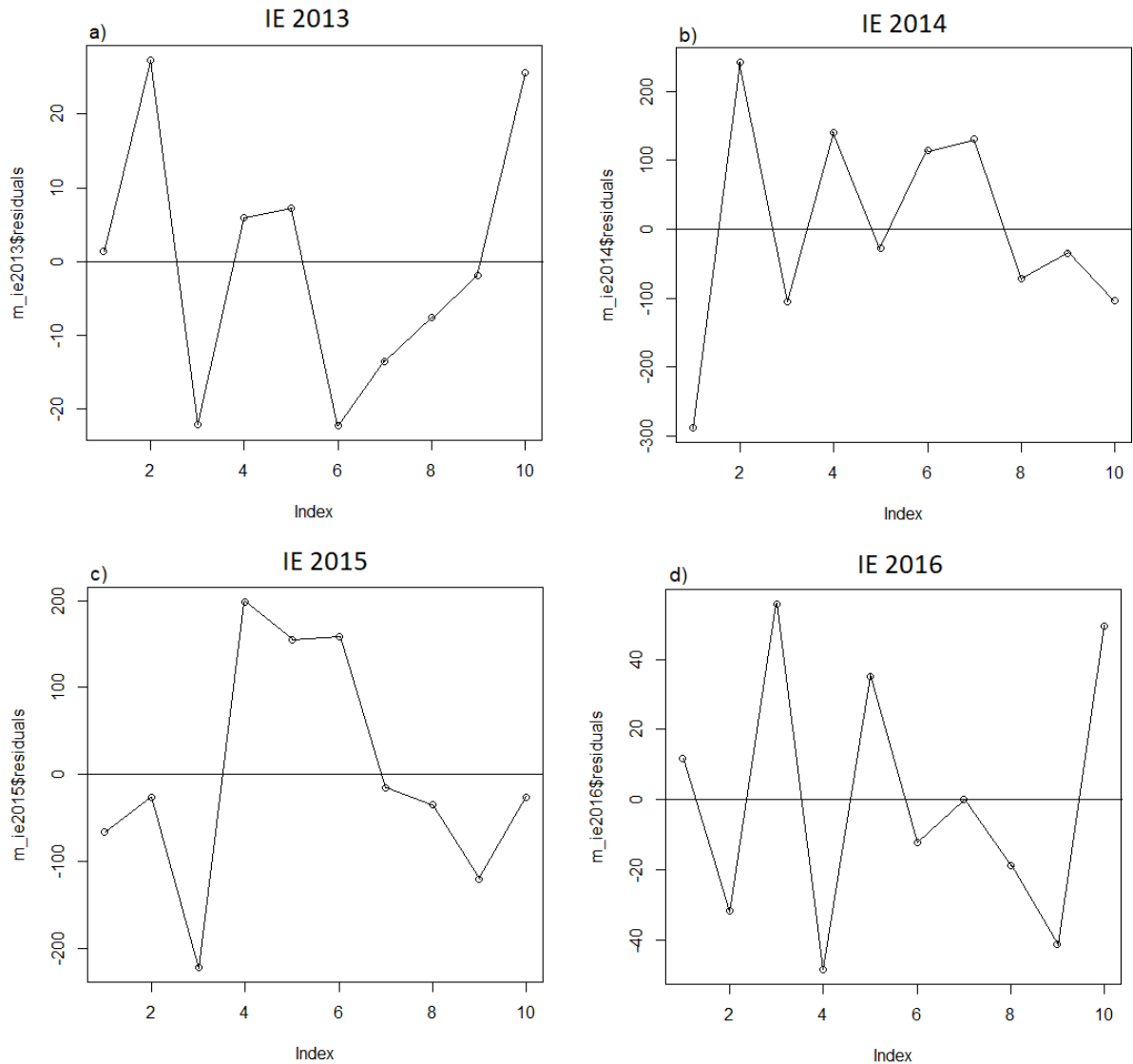


Figura 65: Análise gráfica para o teste de independência dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos imóveis especiais (IE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

c) Diagnóstico da Homoscedasticidade dos Resíduos: verifica-se nas figuras 66 e 67 que os pontos estão aleatoriamente distribuídos em torno de zero, sem nenhum comportamento ou tendência, indicando que a variância dos resíduos é homoscedástica. Isso foi confirmado pelo teste formal (Tabela 6), a um Intervalo de Confiança de 95%.

Teste de homoscedasticidade dos resíduos - regressão linear
Pontos Estratégicos (PE)

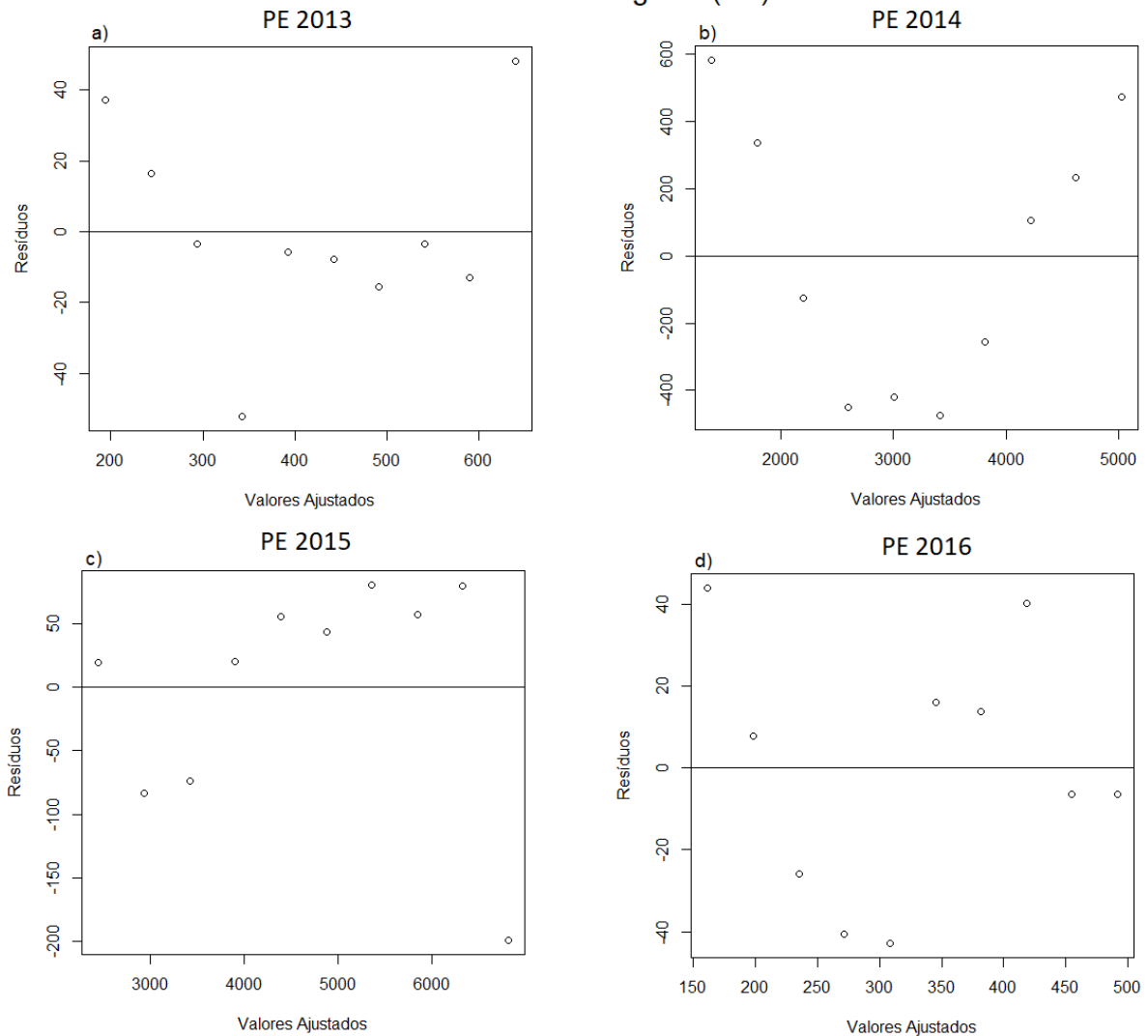


Figura 66: Análise gráfica para o teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

Teste de homoscedasticidade dos resíduos - regressão linear
Imóveis Especiais (IE)

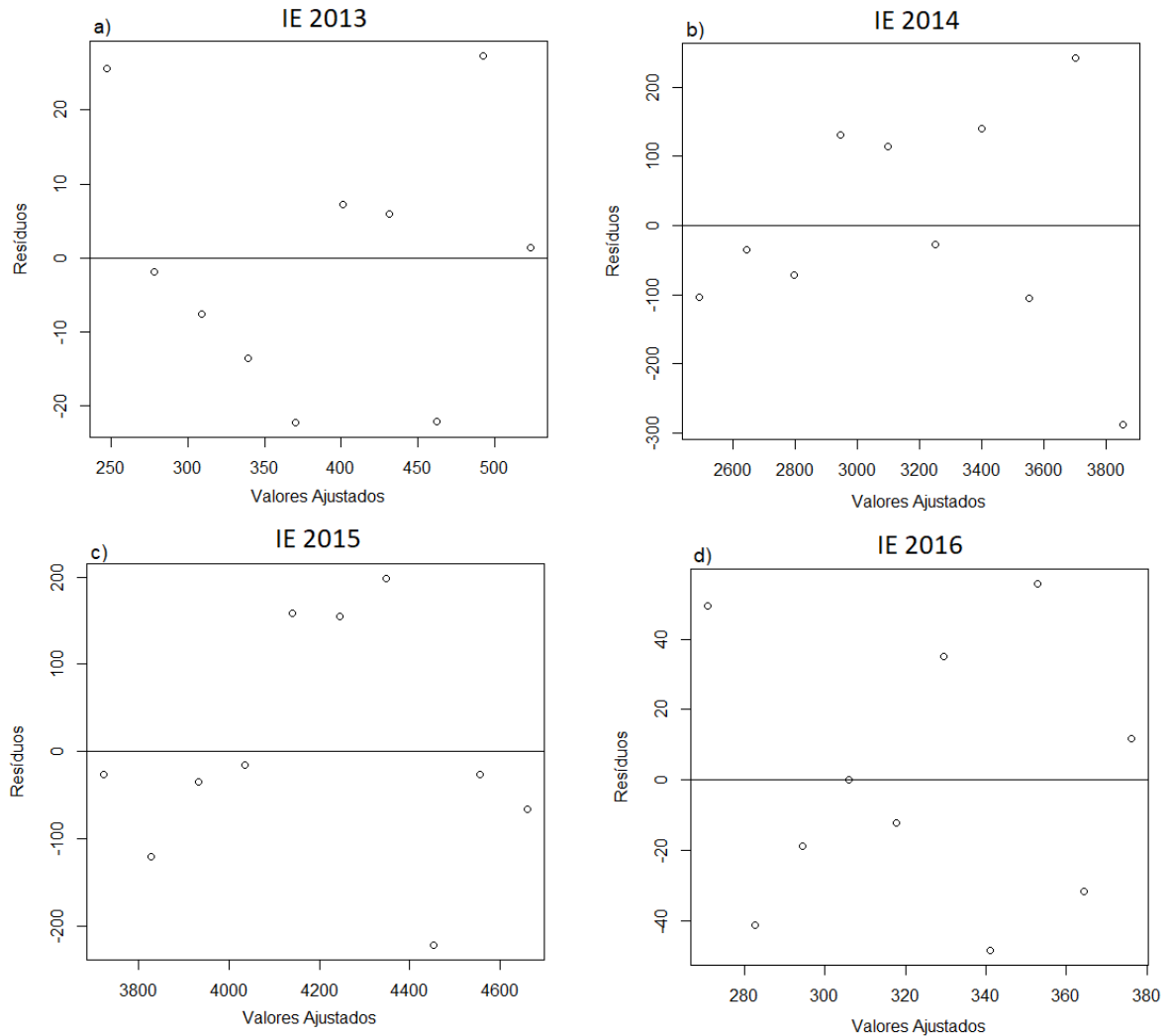


Figura 67: Análise gráfica para o teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão linear simples, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos imóveis especiais (IE), para os anos de 2013(A), 2014(B), 2015(C) e 2016(D).

Fonte: Elaboração própria (2021).

Tabela 6: Análise formal do teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão linear simples

Análise dos Resíduos - Regressão Linear Simples	
Grupo	Homoscedasticidade (teste <i>Breusch-Pagan</i>)
PE 2013	Valor estatístico = 0,00051; <i>p-value</i> = 0,982
PE 2014	Valor estatístico = 0,95779; <i>p-value</i> = 0,328
PE 2015	Valor estatístico = 1,05790; <i>p-value</i> = 0,304
PE 2016	Valor estatístico = 1,65510; <i>p-value</i> = 0,199
IE 2013	Valor estatístico = 0,01319; <i>p-value</i> = 0,908
IE 2014	Valor estatístico = 3,34830; <i>p-value</i> = 0,067
IE 2015	Valor estatístico = 0,90597; <i>p-value</i> = 0,341
IE 2016	Valor estatístico = 0,04293; <i>p-value</i> = 0,836

Fonte: Elaboração própria (2021).

Desse modo, considerando que as suposições de independência foram violadas para a análise de regressão linear realizada para os PE de 2014 e 2016 (Figuras 64B e 64D e Tabela 5), para esses casos, foi procedido um novo ajuste: o ajuste não linear de *Boltzmann*, adequado para funções sigmóides. O ajuste não linear de *Boltzmann* é definido pela Equação 6 (STEUDEL, 2018):

$$\hat{y} = AI + \frac{AS-AI}{1+e^{-\frac{x-\beta}{\gamma}}} \quad [\text{Eq. 6}]$$

onde, \hat{y} é o valor predito da variável dependente; *AI* é a assíntota inferior, que representa o valor mínimo de \hat{y} ; *AS* é a assíntota superior, que representa o valor máximo de \hat{y} ; x é a variável independente; β , γ são parâmetros dos modelos sigmóides.

Percebe-se que o ajuste não linear de *Boltzmann* (Figura 68) evidencia a tendência de decréscimo das taxas médias de incidência conforme o aumento da distância, devido aos valores de *AI* e *AS*. *AI* corresponde à taxa média de incidência na faixa de distância mais distante aos pontos estratégicos e *AS* corresponde à taxa média de incidência na faixa de distância mais próxima aos pontos estratégicos. A análise dos resíduos para o novo ajuste se mostrou

adequada, visto que as suposições de normalidade, independência e homoscedasticidade foram atendidas (Figuras 69 a 71 e Tabelas 7 a 9).

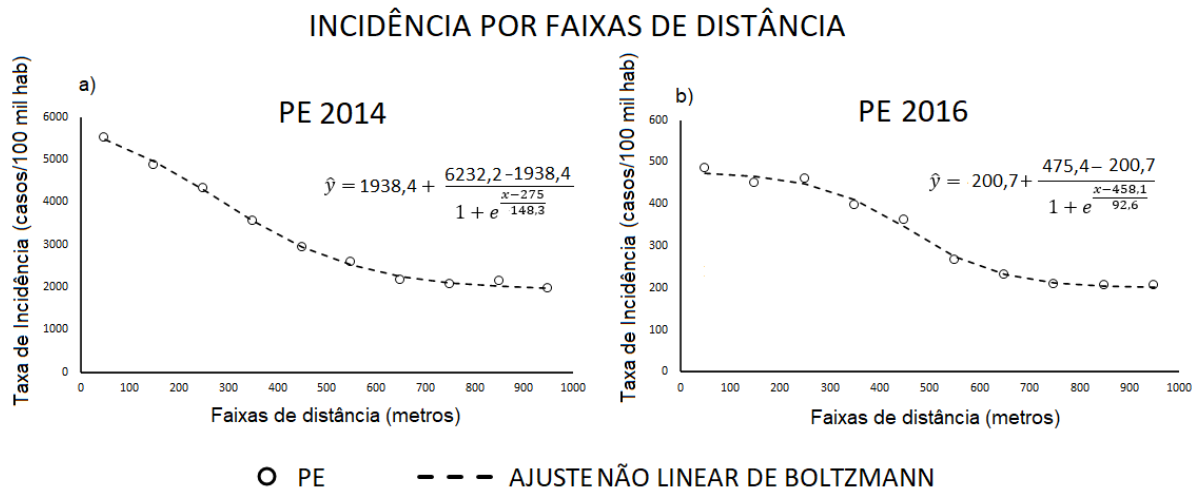


Figura 68: Ajustes não lineares de Boltzmann referentes às taxas médias de incidência em relação à distância a partir dos pontos estratégicos nos anos de 2014(A) e 2016(B).

Fonte: Elaboração própria (2021).

a) Diagnóstico da Normalidade dos Resíduos: nota-se por meio da análise gráfica que os pontos seguem o comportamento da reta, não estando distantes dela (Figura 69). A normalidade também foi confirmada por meio da análise formal, a um intervalo de confiança de 95% (Tabela 7).

Tabela 7: Análise formal do teste de normalidade dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann

Análise dos Resíduos - Regressão Não Linear de Boltzmann	
Grupo	Normalidade (teste <i>Shapiro-Wilk</i>)
PE 2014	Valor estatístico = 0,96731; <i>p-value</i> = 0,865
PE 2016	Valor estatístico = 0,96538; <i>p-value</i> = 0,845

Fonte: Elaboração própria (2021).

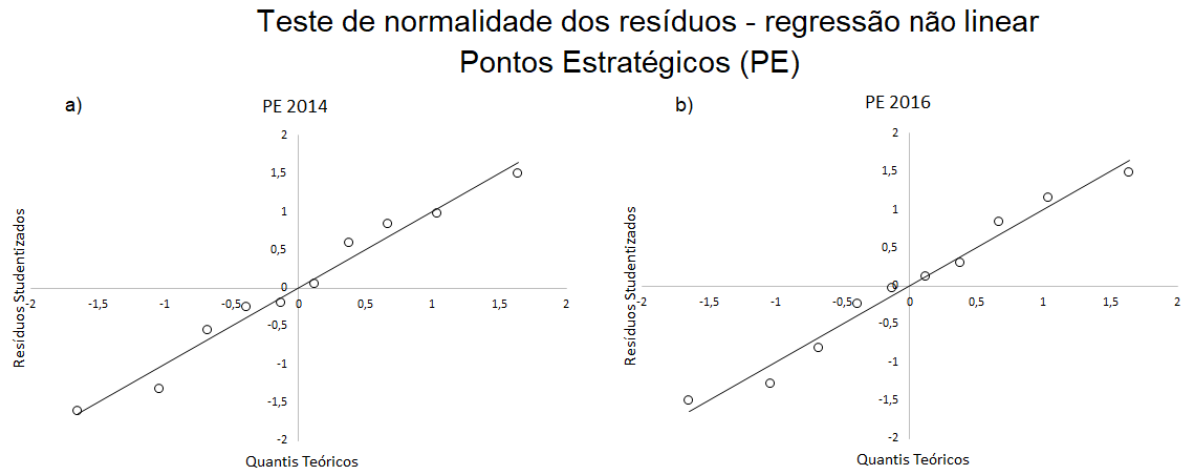


Figura 69: Análise gráfica para o teste de normalidade dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), nos anos de 2014(A) e 2016(B).

Fonte: Elaboração própria (2021).

b) Diagnóstico da Independência dos Resíduos: observa-se na figura 70, que aconteceu a alternância esperada entre pontos negativos e positivos. Por meio do teste formal (Tabela 8) detectou-se que as suposições de independência foram confirmadas, a um intervalo de confiança de 95%.

Tabela 8: Análise formal do teste de independência dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann

Análise dos Resíduos - Regressão Não Linear de Boltzmann	
Grupo	Independência (teste <i>Durbin-Watson</i>)
PE 2014	Valor estatístico = 2,82941; <i>p-value</i> = 0,732
PE 2016	Valor estatístico = 3,42985; <i>p-value</i> = 0,967

Fonte: Elaboração própria (2021).

Teste de independência dos resíduos - regressão não linear
Pontos Estratégicos (PE)

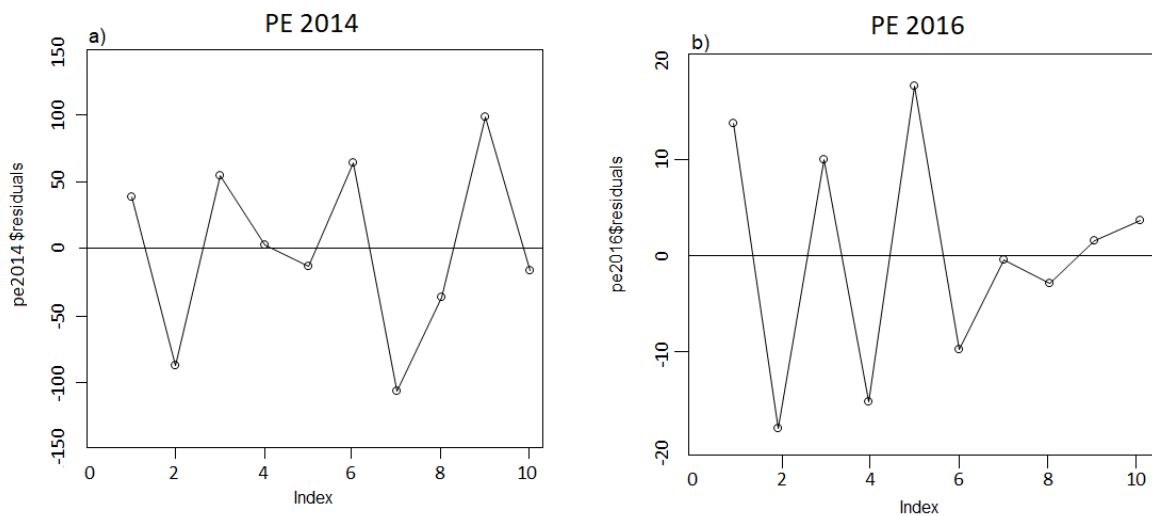


Figura 70: Análise gráfica para o teste de independência dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), nos anos de 2014(A) e 2016(B).

Fonte: Elaboração própria (2021).

c) Diagnóstico da Homoscedasticidade dos resíduos: verifica-se na figura 71 que os pontos estão aleatoriamente distribuídos em torno de zero, sem nenhum comportamento ou tendência, indicando que a variância dos resíduos é homoscedástica. Isso foi confirmado pelo teste formal (Tabela 9), a um intervalo de confiança de 95%.

Tabela 9: Análise formal do teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann

Análise dos Resíduos - Regressão Não Linear de Boltzmann	
Grupo	Homoscedasticidade (teste <i>Breusch-Pagan</i>)
PE 2014	Valor estatístico = 0,21259; <i>p-value</i> = 0,645
PE 2016	Valor estatístico = 3,41350; <i>p-value</i> = 0,065

Fonte: Elaboração própria (2021).

Teste de homoscedasticidade dos resíduos - regressão não linear
Pontos Estratégicos (PE)

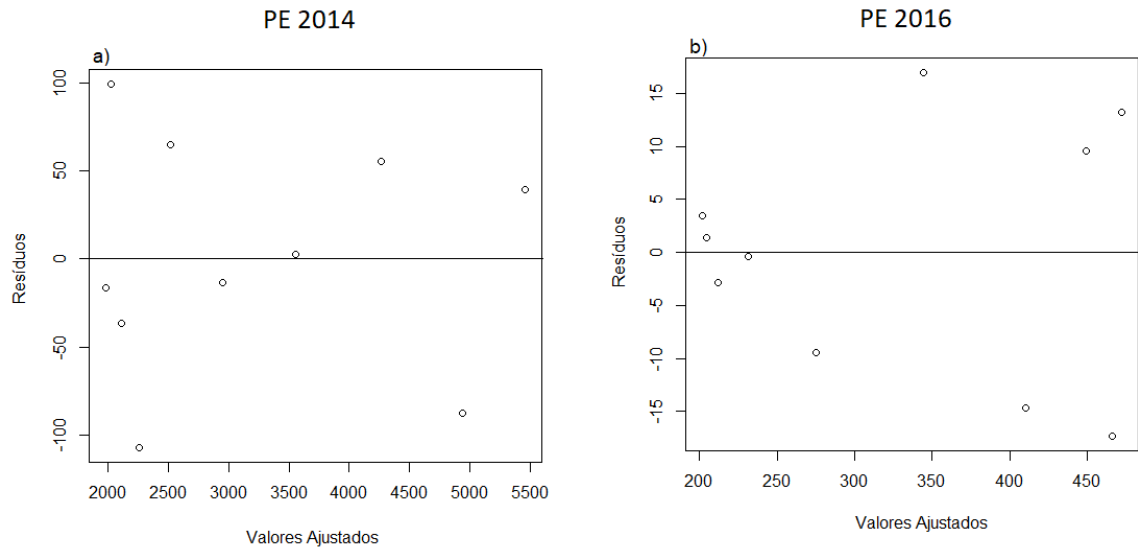


Figura 71: Análise gráfica para o teste de homoscedasticidade dos resíduos da regressão não linear de Boltzmann, tendo como variável dependente a taxa média de incidência de dengue e como variável independente a distância (em metros) a partir dos pontos estratégicos (PE), nos anos de 2014(A) e 2016(B).

Fonte: Elaboração própria (2021).

8. DISCUSSÃO

Foram avaliados quatro anos referentes a um importante período epidêmico ocorrido no município de Campinas, com altas taxas de incidência. Sempre que possível deu-se prioridade ao uso de programas de acesso livre, que facilitam a aplicação dos métodos aqui propostos em trabalhos de outras instituições, inclusive, prefeituras municipais. Além disso, foram considerados não apenas os PE, mas também os IE. Foram também utilizados pontos de controle para os PE e IE com o propósito de detectar influências de eventuais variáveis de confusão que poderiam enviesar os resultados.

A dificuldade encontrada durante a etapa de padronização dos endereços do extenso banco de dados utilizado, foi também relatada em outros estudos (MALAVASI, 2011; JOHANSEN, CARMO, ALVES, 2016; MENDES, 2016). Nesse sentido, o esforço e investimento para a construção de uma base cartográfica digital, como aquela existente para o município de São Paulo seria extremamente útil também para o município de Campinas, poupando um longo tempo de retrabalho, podendo ser aplicada em diferentes áreas além da saúde, mas também envolvendo aspectos socioeconômicos, segurança pública, meio ambiente, entre outros.

Desde 2017, existe para o município de São Paulo, o Mapa Digital da Cidade (MDC), que permitiu a modernização do sistema cartográfico municipal digitalizado em um sistema pioneiro, denominado Geocodificação de Logradouros – GEOLOG, e tornou-se então o suporte cartográfico do Sistema de Informações Geográficas do Município de São Paulo (SIG-SP). Desde então, várias iniciativas foram feitas visando suprir a necessidade de cada órgão que eram realizadas de forma isolada, provocando, muitas vezes, a duplicidade de informações e degradação dos dados (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2021).

O resultado dessas atividades foi disponibilizado no portal GeoSampa atualmente aberto aos usuários internos da Prefeitura Municipal de São Paulo e ao público em geral. Dentre as informações que podem ser adquiridas estão mais de cem camadas temáticas com informações cadastrais, a localização de cada uma das cerca de 600 mil árvores do sistema viário, os perímetros do zoneamento da cidade, a localização dos equipamentos públicos nas áreas de educação, saúde, assistência social, cultura, esportes e lazer, a localização e situação das 400 áreas de risco do município. Arquivos em diversos formatos também podem ser baixados contendo, tanto as informações vetoriais do mapa, como fotos, ortofotos e cartas (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2021).

Com relação à utilização das células da grade estatística como unidade de análise, conforme já mencionado, apresenta algumas vantagens em relação aos métodos tradicionais, como maior acurácia na distribuição e identificação de eventos. No entanto, também são apresentados desafios para a sua utilização. Bueno (2014) explica que, não se sabe até que ponto as metodologias de criação de taxas e indicadores se aplicam a esta unidade de análise, pois não há o costume de utilizá-las em estudos e análises desse tipo e, por isso, ainda não se conhece os parâmetros que devem ser utilizados nesses casos. Portanto, deve-se considerar que, unidades espaciais com área extremamente pequena apresentam distorções em suas taxas quando comparadas com unidades maiores. Esse efeito acontece também com os setores censitários urbanos, localizados em regiões com densidade populacional extremamente alta. Assim, Bueno recomenda ter cautela com relação à análise dos dados, uma vez que, utilizando-se as células da grade estatística, existe uma grande flutuação no valor das variáveis o que pode prejudicar a identificação de tendências ou padrões espaciais e, conseqüentemente, a obtenção de conclusões. Em unidades maiores, como no caso dos setores censitários ou distritos de saúde, as medidas estatísticas são suavizadas, e a instabilidade diminui, mas isso também pode prejudicar as conclusões.

Considerando as vantagens e limitações da utilização das células da grade estatística como unidade de análise, optou-se por utilizar nesta pesquisa, as faixas de distância, calculando-se a taxa média de incidência em cada uma delas. Conforme exposto por Johansen e Carmo (2014), a utilização deste método contribui para reduzir imprecisão nos dados, tenha ela sido gerada no momento da composição da grade regular ou do georreferenciamento dos casos de dengue.

A integração entre métodos de análise espacial e estatísticos produziram resultados satisfatórios, como foi o caso da criação de faixas de distância e o uso de técnicas de regressão para fundamentar e validar a análise gráfica.

Os resultados apresentados nesta pesquisa demonstraram que os casos confirmados de dengue e as taxas de incidência registradas no município de Campinas entre 2013 e 2016 apresentaram arranjo espacial aglomerado, e subáreas do município com autocorrelação espacial significativa de altas taxas de incidência de dengue, indicando dependência espacial.

Os três métodos de identificação de aglomerados utilizados foram complementares, apresentaram similaridades e coerência. O método de densidade espacial *kernel* foi utilizado para detectar aglomerados de casos de dengue. No entanto, este método não fornece a significância estatística dos aglomerados encontrados. Com o método de autocorrelação local

de Moran é possível detectar aglomerados de autocorrelação de altas taxas de incidência, com algumas informações estatísticas sobre os aglomerados encontrados, como o valor do índice local de Moran e a sua significância (*p-value*). O método de varredura espacial *Scan* também detecta aglomerados de altas taxas de incidência e fornece a significância estatística dos aglomerados encontrados, indicando também o número de casos observados, número de casos esperados, população estimada, bem como seu risco relativo. Em alguns distritos de saúde os aglomerados se mantiveram persistentes ao longo de todo o período avaliado (norte, noroeste e sudoeste), enquanto outros aglomerados, também expressivos, foram intermitentes (sul e leste do município). Em 2013, 2014 e 2016 os aglomerados mais expressivos mantiveram-se nas regiões periféricas do município, enquanto em 2015, as regiões mais centrais foram mais acometidas. Tais informações podem servir como suporte para as ações de enfrentamento de futuros surtos epidêmicos no município. De qualquer maneira, sugere-se que esses resultados sejam explorados em maior detalhe em trabalhos futuros. Os locais onde os aglomerados aparecem persistentes ao longo do período avaliado merecem uma análise voltada para o território, na tentativa de entender quais fatores podem ter contribuído para esse resultado (como as características do entorno dos domicílios, tipos de construção, aspectos socioeconômicos, entre outros).

Entre as similaridades identificadas por meio dos diferentes métodos de identificação de aglomerados, encontrou-se que no ano de 2013 os distritos de saúde norte e noroeste foram identificados com expressivos aglomerados de casos de dengue (densidade espacial *kernel*), aglomerados de altas taxas de incidência de dengue (autocorrelação de Moran) e aglomerados de alto risco (varredura espacial *Scan*); em 2014, as similaridades foram com relação aos distritos de saúde norte, noroeste, sudoeste e sul; em 2015, a coerência se deu na identificação dos distritos de saúde norte, sudoeste, sul e leste e em 2016, nos distritos norte, noroeste, sudoeste e leste. As diferenças puderam ser identificadas por meio dos aglomerados de autocorrelação de Moran e da varredura de áreas de alto risco usando o *Scan*. Em 2013, além dos distritos de saúde norte e noroeste identificados na detecção de aglomerados *kernel*, foram também detectados aglomerados de altas taxas de incidência nos distritos sul, leste e sudoeste, por meio da autocorrelação de Moran e da varredura espacial *Scan*. Além disso, a detecção de aglomerados por meio da varredura *Scan*, permitiu detectar outros agrupamentos de alto risco para altas taxas de incidência, os quais não foram detectados ou foram pouco expressivos usando os outros métodos, como aqueles localizados no distrito de saúde leste, em 2014; no distrito noroeste, em 2015; e no distrito sul, em 2016.

Parte da dependência espacial encontrada nas taxas de incidência de dengue podem ser explicadas pelos resultados desta tese que, sugerem que, a proximidade aos PE e IE apresentam relação com a alta taxa média de incidência em seu entorno.

Para ambas as categorias analisadas a tendência foi de decréscimo das taxas médias de incidência conforme o aumento da distância das fontes (PE-IE). Os resultados também indicaram que a relação entre a distância aos pontos e a taxa de incidência foi mais forte para os PE do que para os IE, o que é evidenciado, principalmente, pelos seus respectivos coeficientes lineares. Isso pode estar associado ao fato de que os PE costumam ser locais que estão mais suscetíveis ao surgimento e ao desenvolvimento de larvas e mosquitos do *Aedes aegypti* (a citar, borracharias, depósitos de materiais para reciclagem, cemitérios e floriculturas).

Os IE, no entanto, além de reunirem condições para a proliferação do mosquito, são locais onde há maior fluxo de pessoas, como estabelecimentos de ensino, hotéis e templos religiosos. O fato de haver maior circulação de pessoas pode, de certa forma, contribuir para que haja também maior fiscalização por parte da população em geral, embora haja maior risco de transmissão, pois os humanos são também vetores desta doença.

A comparação dos PE e IE reais com pontos aleatórios foi muito útil para dar maior confiabilidade estatística aos resultados. Verificou-se que os pontos aleatórios não apresentaram significância estatística quanto à relação entre distância e incidência de dengue. Isso é evidenciado, principalmente, pelos coeficientes angulares dos controles muito próximos de zero, ou seja, a variação da distância não apresenta uma tendência clara de aumento ou decréscimo das taxas médias de incidência.

Estudos como os de Malavasi (2011), Johansen e Carmo (2014) e Mendes (2016), já mencionados anteriormente, avaliaram apenas a influência da proximidade dos PE na incidência de dengue, considerando o período de um ano – ou menos. Entre estes autores, apenas Johansen e Carmo (2014) utilizaram a grade estatística do IBGE como unidade de análise.

Malavasi (2011) constatou que o aumento do risco associado à proximidade aos PE foi de 7,3% na epidemia de dengue ocorrida em 2007 no município de Campinas-SP; Johansen e Carmo (2014) identificaram que os PE exerciam influência nas taxas de incidência em um raio de até 300 m de seu entorno, na epidemia ocorrida em 2013, em Caraguatatuba-SP; Mendes (2016) constatou que, durante a epidemia de 2013 no município de Campinas, na faixa de

distância até 200 m dos PE, o número de casos observados foi o dobro do número de casos esperados.

Nesta tese também ficou evidenciado que, nas faixas de distância mais próximas aos PE, são maiores as taxas médias de incidência e que, conforme a distância aumenta, as taxas médias de incidência tendem a diminuir. Esse padrão também foi constatado com relação à distância aos IE.

Barbosa *et al.* (2012) e Mayo *et al.* (2013) estudaram a questão da positividade de PE e IE. Barbosa *et al.* (2012) utilizaram indicadores larvários, segundo tipo de imóvel, e regressão logística. Eles concluíram que nos pontos estratégicos e imóveis especiais os indicadores larvários foram mais elevados do que para outros tipos de imóveis. Mayo *et al.* (2013) avaliaram os PE de modo mais detalhado, utilizando análises por correlação linear simples de Pearson, precedida pelos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e notaram que os ramos de atividade de PE que apresentaram maior positividade foram as garagens de carro/ônibus e transportadoras, seguido das floriculturas/viveiros de mudas e, depois, depósitos de materiais para reciclagem e oficinas de desmanche. No entanto, não houve avaliação da influência desses imóveis nas taxas de incidência em suas proximidades.

Nesta tese, os indicadores larvários não foram considerados de forma detalhada, nem avaliados separadamente os PE-IE de acordo com seus ramos de atividade. Portanto, futuramente poderão ser realizadas pesquisas que demonstrem como cada ramo de atividade de PE e IE está relacionado com as taxas de incidência em suas proximidades, pois como já demonstrado anteriormente, elas podem apresentar positividade diferentes.

Outros estudos obtiveram conclusões diferentes em relação aos PE. Barbosa *et al.* (2019) investigaram se locais com pontos estratégicos influenciavam a dispersão ativa do *Aedes aegypti* para imóveis situados no seu entorno, no município de Campinas-SP, entre outubro de 2015 e setembro de 2016. As armadilhas (180 ovitrampas) foram instaladas em imóveis num raio de 300 m a partir de cada ponto estratégico, de forma intencional, em todas as direções e, para evitar possível influência nos resultados, não havia outro ponto estratégico além dos estudados a menos de 500 m. Para determinar se houve dispersão do vetor a partir de cada ponto estratégico, com base em sua localização, foram verificadas a formação de aglomerados com excesso de ovos ou de recipientes com larvas ou pupas, utilizando a estatística espacial G_i . Os autores concluíram que o número de ovos coletados nas ovitrampas e o número de recipientes positivos para *Aedes aegypti* não apresentaram aglomerados de altos valores relativos à sua

distância ao ponto estratégico. Ambos apresentaram distribuição aleatória não associada espacialmente com o posicionamento dos pontos estratégicos.

Santos *et al.* (2020) realizaram um estudo para estratificar a cidade do Rio de Janeiro em áreas receptivas à dengue. Foram construídos 17 indicadores, utilizando dados sobre uso e ocupação da terra, conectividade clima e paisagem, agregados de acordo com os 160 bairros da cidade. Dentre os indicadores, foi considerada a porcentagem de área dos pontos estratégicos em relação à área ocupada de cada bairro. A hipótese era de que quanto maior a porcentagem de área classificada como pontos estratégicos, maior o risco para dengue. A receptividade à dengue foi desenvolvida com base na integração de análise de principais componentes, usando análise multicritério e álgebra de mapas. Como resultados, os seguintes indicadores se destacaram: porcentagem de área ocupada, rede de densidade demográfica, porcentagem de aglomerados subnormais, média de verticalização das construções, número de bairros limítrofes, temperatura da superfície durante a noite e porcentagem de ruas não arborizadas.

As diferenças encontradas nos resultados dos trabalhos acima mencionados e nos resultados desta tese podem estar relacionadas à escala temporal de análise e métodos utilizados. Na pesquisa de Barbosa *et al.* (2019) foi considerado apenas um ano de estudo (entre outubro de 2015 e setembro de 2016) e foram analisadas apenas 4 áreas dentro do município de Campinas; além disso, eles investigaram se a distância de pontos estratégicos influenciava na formação de aglomerados com excesso de ovos ou de recipientes com larvas ou pupas. Nesta tese, conforme já mencionado, foi analisado um período maior (entre janeiro de 2013 e dezembro de 2016) e foi analisado o município como um todo e não apenas áreas pré-selecionadas. Além disso, levou-se em consideração a incidência da doença (quando há associação entre patógeno, agente transmissor e população susceptível à infecção).

Santos *et al.* (2020) consideraram a porcentagem de área, mas não a distância dos pontos estratégicos em relação às taxas de incidência. Além disso, os dados de Santos *et al.* (2020) foram agregados por bairros, enquanto os dados considerados nesta tese foram agregados por células da grade estatística, possibilitando análise com maior nível de detalhe. É importante destacar que Santos *et al.* (2020) analisaram outro município e que, portanto, possui características históricas, naturais, sociais, econômicas e culturais diferentes daquelas de Campinas-SP.

Sabe-se que que vários fatores estão relacionados, não apenas ao surgimento e desenvolvimento dos mosquitos, como também, contribuindo para a difusão espacial do vírus.

Outras pesquisas demonstram a influência de fatores climáticos locais e continentais (FERREIRA, 2014c; RESTREPO; BAKER; CLEMENTS, 2014; BISHT *et al.*, 2019), características referentes ao uso e cobertura da terra (VANWAMBEKE *et al.*, 2006; SARFRAZ *et al.* 2012; CHEONG *et al.* 2014; MENDES, 2016), fatores socioeconômicos e demográficos (JOHANSEN; CARMO, 2014; WIJAYANTI *et al.*, 2016; FARINELLI *et al.* 2018), além da mobilidade da população (WEN; HSU; HU, 2018), que também devem ser levadas em consideração, pois estão relacionados com a ocorrência de epidemias de dengue e, portanto, podem ser investigados em futuros estudos sobre o município de Campinas.

Desse modo, os PE e IE são apenas alguns dos fatores que ajudam a entender a distribuição espacial local das taxas de incidência no município, mas que se mostraram ser importantes.

Recomenda-se que os métodos empregados nesta pesquisa sejam também utilizados em outros municípios, para investigar em quais deles os PE e IE poderiam ter alguma relação com as taxas de incidência em seu entorno e se há alguma diferença entre o possível impacto exercido pelas diferentes categorias de imóveis (PE-IE). Além disso, a condução de outros testes estatísticos pode proporcionar estudos comparativos.

Assim, espera-se que os resultados apresentados nesta pesquisa reforcem a importância do trabalho regular e sistemático nos imóveis denominados como PE e IE, implementando estratégias específicas, somada à revisão periódica das normas técnicas adotadas para a vistoria desses imóveis.

9. CONCLUSÕES

Ao longo do período avaliado (2013-2016), observou-se que as taxas de incidência de dengue apresentaram padrão espacial aglomerado, com a formação de agrupamentos com diferentes intensidades, indicando dependência espacial. Aglomerados de alto risco para a dengue foram identificados em todos os distritos de saúde do município. Além disso, verificou-se que os distritos de saúde com o maior número de células da grade estatística com altas taxas de incidência foram os distritos sudoeste e noroeste.

Com relação à distribuição espacial dos pontos estratégicos, imóveis especiais e da taxa de incidência de dengue verificou-se que os pontos estratégicos e imóveis especiais concentraram-se, em sua maioria, na área urbana do município.

Constatou-se que, quanto mais próximo aos pontos estratégicos e imóveis especiais, maiores foram as taxas médias de incidência de dengue e, também, que estas taxas tendem a decrescer com aumento da distância à essas fontes. Foi verificado que a relação entre a distância aos pontos e a taxa de incidência foi mais forte para os pontos estratégicos do que para os imóveis especiais.

Não foi verificada qualquer relação entre as taxas de incidência e a proximidade às fontes criadas de modo aleatório, o que reduz a possibilidade de que os resultados acima tenham sido enviesados por eventuais variáveis de confusão.

Portanto, nas proximidades de imóveis cadastrados como positivos para pontos estratégicos e imóveis especiais deve-se manter e intensificar as ações de vigilância e combate aos mosquitos transmissores da dengue, bem como reavaliar continuamente e aprimorar os métodos já adotados atualmente.

Os métodos de análise espacial propostos atenderam aos objetivos desta pesquisa. Os métodos para detecção de aglomerados permitiram identificar a localização dos agrupamentos de casos e taxas de incidência de dengue, sendo complementares uns aos outros. Todos os métodos de detecção de aglomerados indicaram dependência espacial dos casos e das altas taxas de incidência. Com o método de criação de faixas de distância a partir dos imóveis considerados pontos estratégicos e imóveis especiais, foi possível calcular a taxa média de incidência em torno dessas fontes. Assim, confirmou-se que parte da dependência espacial verificada para os casos de dengue e para as taxas de incidência pode ser explicada pela proximidade aos pontos estratégicos e imóveis especiais.

REFERÊNCIAS

ABDURROB, A.; KULLDORFF, M.; BRIGHAM AND WOMEN'S HOSPITAL; HARVARD MEDICAL SCHOOL. **SaTScan™ Tutorial #3: Advanced Options**. Boston: Harvard University, 2016. Disponível em:<SaTScanTutorialAdvancedOptions.pdf>. Acesso em: agosto 2020.

AKTER, R.; NAISH, S.; HU, W.; TONG, S. Socio-demographic, ecological factors, and dengue infection trends in Australia. **PLOS One**, v.12, n.10, out. 2017.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. **Geographical Analysis**, v.27, n.2, p. 93 – 115, Abr. 1995.

ANSELIN, L.; KOSCHINSKY, J.; LI, X.; LIN, Q.; MENGHANEY, M.; KOLAK, M.; CREDIT, K. SAXON, J.; LI, A. **GeoDa, versão 1.14.0**. Chicago, Estados Unidos da América. 2019. Disponível em:< <https://spatial.uchicago.edu/directories/full/team>>. Acesso em: junho 2020.

BARBOSA, G. L.; HOLCMAN, M. M.; PEREIRA, M.; GOMES, A. H. A.; WANDERLEY, D. M. V. Indicadores de infestação larvária e influência do porte populacional na transmissão de dengue no estado de São Paulo, Brasil: um estudo ecológico no período de 2007-2008. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 195-204, 2012.

BARBOSA, G. L.; LAGE, M. O.; ANDRADE, V. R.; GOMES, A. H. A.; QUINTANILHA, J. A.; CHIARAVALLOTI NETO, F. Influência de Pontos Estratégicos na dispersão de *Aedes aegypti* em áreas infestadas. **Revista de Saúde Pública**, v. 53, n. 29, 2019.

BARROZO, L. V.; SERAFIM, M. B.; DE MORAES, S. L.; MANSUR, G. Monitoramento espaço-temporal das áreas de alto risco de COVID-19 nos municípios do Brasil. **Hygeia – Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, jun. 2020, p. 417-425.

BERMUDI, P. M. M.; PELLINI, A. C. G.; AGUIAR, B. S.; FAILLA, M. A.; DINIZ, C. S. G.; BAQUERO, O. S.; RIBEIRO, A. G.; REBOLLEDO, E. A. S.; CHIARAVALLI NETO, F. Análise espacial dos óbitos por câncer de mama e de colo de útero no município de São Paulo, SP, Brasil, 2000-2016. In: Simpósio Nacional de Geografia da Saúde, 9, 2019, Blumenau. **Anais...** Blumenau, Instituto Federal Catarinense, 2019. P. 87-94. Disponível em: <<http://editora.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/33/2019/09/Abordagens-geogr%C3%A1ficas-5.pdf>>. Acesso em novembro 2019.

BESERRA, E. B.; FERNANDES, C. R. M.; SOUSA, J. T.; FREITAS, E. M.; SANTOS, K. D. Efeito da qualidade da água no ciclo de vida e na atração para oviposição de *Aedes aegypti* (L.) (*Diptera: Culicidae*). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 6, p. 1016-1023, 2010.

BHATT, S.; GETHING, P. W.; BRADY, O. J.; MESSINA, J. P.; FARLOW, A. W.; MOYES, C. L.; DRAKE, J. M.; BROWNSTEIN, J. S.; HOEN, A. G.; SANKOH, O.; MYERS, M. F.; GEORGE, D. B.; JAENISCH, T.; WINT, G. R. W.; SIMMONS, C. P.; SCOTT, T. W.; FARRAR, J. J.; HAY, S. I. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504-507, 25 abr. 2013.

BISHT, B.; KUMARI, R.; NAGPAL, B. N.; SINGH H.; GUPTA, S. K.; BANSAL, A. K.; TULI, T. R. Influence of environmental factors on dengue fever in Delhi. **International Journal of Mosquito Research**, v. 6., n. 2., p. 11-18, 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Plano Nacional de Controle da Dengue, 2002**. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pncd_2002.pdf>. Acesso em: março 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública, 2007**. Disponível em: <http://www.escoladesaude.pr.gov.br/arquivos/File/TEXTOS_CURSO_VIGILANCIA/capacitacao_e_atualizacao_em_geoprocessamento_em_saude_3.pdf>. Acesso em: janeiro 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes nacionais para a prevenção e controle de epidemias de dengue, 2009.** Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf>. Acesso em: novembro 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Dengue, 2020.** Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/dengue>>. Acesso em: junho 2020.

BRASIL. RESOLUÇÃO Nº 510, DE 07 DE ABRIL DE 2016. **Normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, Brasília, DF, abr 2016.** Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>>. Acesso em: abril 2017.

BUENO, M. C. D. **Grade estatística: uma abordagem para ampliar o potencial analítico de dados censitários.** 2014. 263 f. Tese (Doutorado em Demografia), Instituto de Filosofia e Ciências humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. Análise espacial de áreas. In: Druck, S.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A. V. M. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: Embrapa, 2004. cap. 5.

CARVALHO, S.; MAGALHAES, M. A. F. M.; MEDRONHO, R. A. Analysis of the spatial distribution of dengue cases in the city of Rio de Janeiro, 2011 and 2012. **Revista de Saúde Pública,** São Paulo, v. 51, 17 Ago. 2017.

CENTRO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Arboviroses – nota técnica CIB – 2016.** Disponível em: <http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/homepage/ace-sso-rapido/nota_tecnica_cib.pdf>. Acesso em: novembro 2019.

CHEONG, Y. L.; LEITÃO, P. J.; LAKES, T. Assessment of land use factors associated with dengue cases in Malaysia using Boosted Regression Trees. **Spatial and Spatio-temporal Epidemiology,** v.10, p.75-84, jul. 2014.

CHIARAVALLOTI NETO, F.; SILVA, R. A.; ZINI, N.; SILVA, G. C. D.; SILVA, N. S.; PARRA, M. C. P.; DIBO, M. R.; ESTOFOLETE, F.; FAVARO, E. A.; DUTRA, K. R.; MOTA, M. T. O.; GUIMARAES, G. F.; TERZIAN, A. C. B.; BLANGIARDO, M.; NOGUEIRA, M. L. Seroprevalence for dengue virus in a hyperendemic area and associated socioeconomic and demographic factors using a cross-sectional design and a geostatistical approach, state of São Paulo, Brazil. **BMC Infectious Diseases**, v. 19, n. 441, 20 mai. 2019.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994.

FARINELLI, E. C.; BAQUERO, O. S.; STEPHAN, C.; CHIARAVALLOTI NETO, F. Low socioeconomic condition and the risk of dengue fever: a direct relationship. **Acta Tropica**, v. 180, p.47-57, abr. 2018.

FERREIRA, M. C. Distribuições espaciais em mapas de pontos. In: ____ **Iniciação à análise geoespacial**. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2014a. cap. 3, p.119-143.

FERREIRA, M. C. Séries espaciais e superfícies geográficas. In: ____ **Iniciação à análise geoespacial**. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2014b. cap. 5, p.191-249.

FERREIRA, M. C. Geographical distribution of the association between El Niño South Oscillation and dengue fever in the Americas: a continental analysis using geographical information system-based techniques. **Geospatial Health**, v.9, n. 1, p. 141-151, nov. 2014c.

FERREIRA, M. C. Spatial association between the incidence rate of Covid-19 and poverty in the São Paulo municipality, Brazil. **Geospatial Health**, v. 15, n. 921, 2020.

FISCHER, S.; DE MAJO, M. S.; DI BATTISTA, C. M.; MONTINI, P.; LOETTI, V.; CAMPOS, R. E. Adaptation to temperate climates: evidence of photoperiod-induced embryonic dormancy in *Aedes aegypti* in South America. **Journal of insect physiology**, v. 117, Ago/Set. 2019.

FREITAS, R. M.; OLIVEIRA, R. L. Presumed unconstrained dispersal of *Aedes aegypti* in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n.1, p. 8-12, 2009.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE. **Projeções populacionais 2020**. Disponível em: < <https://produtos.seade.gov.br/produtos/projpop/index.php>>. Acesso em: junho 2020.

GRAPHPAD SOFTWARE. Versão 3.0. **GraphPad Software, Inc.**, San Diego, Estados Unidos da América, 1998. Disponível em: <www.graphpad.com>. Acesso em: outubro 2020.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/> >. Acesso em: março 2021.

GOOGLE. **Google Maps Platform: Preços**. Disponível em: <<https://cloud.google.com/maps-platform/pricing/?hl=pt-BR>>. Acesso em: novembro 2018.

GUIMARÃES, R. B. Geografia e saúde. In: ____ **Saúde: fundamentos de Geografia humana**. São Paulo: Editora UNESP, 2015. cap 1, p. 17-39. Disponível em: <<http://books.scielo.org>>. Acesso em: agosto 2020.

HAZELTON, M. L. Kernel Smoothing Methods. In: LAWSON, A. B.; BANERJEE, S.; HAINING, R. P.; UGARTE, M. D. **Handbook of Spatial Epidemiology**. Florida: Chapman & Hall/CRC, 2016. cap 10, p. 195-207.

HONÓRIO, N. A.; SILVA, W. C.; LEITE, P. J.; GONÇALVES, J. M.; LOUNIBOS, L. P.; OLIVEIRA, R. L. Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (*Diptera: Culicidae*) in an urban endemic dengue area in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 98, n. 2, p. 191-198, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da população, 2007**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/793#resultado>>. Acesso em: junho 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Organização do território, 2010a**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio.html>>. Acesso em: novembro 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico, 2010b**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.htm>>. Acesso em: novembro 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Grade Estatística, 2010c**. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/grade_estatistica/censo_2010/grade_estatistica.pdf>. Acesso em: novembro 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeções populacionais, 2020**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>>. Acesso em: junho 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama dos municípios**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/campinas/panorama>>. Acesso em: setembro 2021.

JEEFOO, P.; TRIPATHI, N. K.; SOURIS, M. Spatio-temporal diffusion pattern and hotspot detection in Chachoengsao Province, Thailand. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 8, n.1, p. 51-74, 2011.

JOHANSEN, I. C.; CARMO, R. L.; ALVES, L. C. Desigualdade social intraurbana: implicações sobre a epidemia de dengue em Campinas, SP, em 2014. **Cadernos Metr pole**, São Paulo, v. 18, n. 36, p. 421-440, 2016.

JOHANSEN, I. C.; CARMO, R. L. Desigualdade sócio-espacial, urbaniza o e saúde da popula o: o caso das epidemias de dengue. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 19, 2014, São Pedro. **Anais...** São Pedro, 2014. Disponível em: <<http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/2159>>. Acesso em: janeiro 2018.

JOHANSEN, I. C. **Características socioambientais das epidemias de dengue no município de Campinas, Estado de São Paulo, entre 2007 e 2015**. 2018. 242 f. Tese (Doutorado em Demografia), Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, 2018.

JUNG, I. Scan Tests. In: LAWSON, A. B.; BANERJEE, S.; HAINING, R. P.; UGARTE, M. D. **Handbook of Spatial Epidemiology**. Florida: Chapman & Hall/CRC, 2016. cap. 9, p. 179-194.

KIRBY, R. S.; DELMELLE, E.; EBERTH, J. M. Advances in spatial epidemiology and geographic information systems. **Annals of Epidemiology**, v. 27, p. 1-9, 2017.

KUBOTA, A. M. **Análise espaço temporal do uso e ocupação do solo na região sudoeste de Campinas-SP, 1962-2009: efeitos da Rodovia dos Bandeirantes como barreira física**. 2012. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

KULLDORFF, M. **SaTScan™ User Guide for version 9.4: Software for the spatial and spacetime scan statistics**. Boston: Harvard University, 2015a. Disponível em: <<https://www.satscan.org/techdoc.html>>. Acesso em: outubro 2019.

KULLDORFF M, Information Management Services, Inc. SaTScan™ v. 9.6: **Software for the spatial and space-time scan statistics**. Boston (MA): Harvard University; 2015b. Disponível em: <<http://www.satscan.org/>>. Acesso em: agosto 2019.

LAWSON, A. B.; BANERJEE, S.; HAINING, R. P.; UGARTE, M. D. Preface. In: LAWSON, A. B.; BANERJEE, S.; HAINING, R. P.; UGARTE, M. D. **Handbook of Spatial Epidemiology**. Florida: Chapman & Hall/CRC, 2016.

LETA, S.; BEYENE, T. J.; DE CLERCQ, E. M.; AMENU, K.; KRAEMER, M. U. G.; REVIE, C. W. Global risk mapping for major diseases transmitted by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 67, p. 25-35, 2018.

MAIA, A. G. **Econometria: conceitos e aplicações**. Saint Paul Editora, 2019, 384 p.

MALAVASI, H. G. **Análise espacial da epidemia de dengue em Campinas/SP no ano de 2007**. 2011. 117 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva), Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MARCONDES, C. B.; XIMENES, M. F. F. M. Zika virus in Brazil and the danger of infestation by *Aedes (Stegomyia)* mosquitoes. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 49, n.1, p. 4-10, jan.-fev. 2016.

MARTEIS, L. S.; STEFFLER, L. M.; ARAÚJO, K. C. G. M.; SANTOS, R. C. Identificação e distribuição espacial de imóveis-chave de *Aedes aegypti* no bairro Porto Dantas, Aracaju, Sergipe, Brasil entre 2007 e 2008. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 368-378, fev. 2013.

MAYO, R. C.; OLIVEIRA, M. A. D. P.; COSTA, M. A. F.; ALVES, M. J. C. P.; LEITE, O. F.; RANGEL, O.; SOUZA, S. S. A. L.; ANDRADE, V. R.; OLIVEIRA, V. L. M. Efetividade das ações de vigilância e controle do *Aedes aegypti* nos pontos estratégicos do município de Mococa, SP – 2011. **Boletim Epidemiológico Paulista**, São Paulo, v. 10, n. 109, p. 04-13, 2013.

MÉDICOS SEM FRONTEIRAS. **Dengue**. Disponível em: <https://www.msf.org.br/o-que-fazemos/atividades-medicas/dengue?gclid=CLPOkZ262NE_CFUWBkQod7DsKtg>. Acesso em: janeiro 2017.

MENDES, J. A. **Influência do padrão espacial do uso do solo urbano e da proximidade de criadouros do *Aedes aegypti* na ocorrência de casos de dengue durante a epidemia de 2013 em Campinas- SP**. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

MENDES, J. A.; FERREIRA, M. C. Avaliação de métodos de geocodificação para conversão de agravos localizados em endereços, para mapas de pontos em sistema de coordenadas espaciais. In: RIBEIRO, E. A. W. **A cartografia na geografia da saúde: metodologias e técnicas**. Blumenau: Instituto Federal Catarinense, 2019. cap. 4, p. 70-82.

NAQVI, S. A. A.; JAN, B.; SHAIKH, S.; KAZMI, S. J. H.; WASEEM, L. A.; NASAR-U-MINALLAH, M.; ABBAS, N. Changing climatic factors favor dengue transmission in Lahore, Pakistan. **Environments**, v. 6., n. 71, 2019.

OLIVEIRA, W. K.; FRANÇA, G. V. A.; CARMO, E. H.; DUNCAN, B. B.; KUCHENBECKER, R. C.; SCHMIDT, M. I. Infection-related microcephaly after the 2015 and 2016 Zika virus outbreaks in Brazil: a surveillance-based analysis. **Lancet**, v. 390, p.861-870, 21 jun. 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Dengue vaccine: WHO position paper – July 2016. **Weekly epidemiological Record**, v.91, n. 30, p.349-364, 2016a.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Dengue and severe Dengue**. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>>. Acesso em: novembro 2016b.

OSTFELD, R. S.; GLASS, G. E.; KEESING, F. Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 20, n. 6, p. 328-336, jun. 2005.

PANGILINAN, M. A.; GONZALES, D. P. G.; LEONG, R. N. F.; CO, F. F. Spatial analysis of the distribution of reported dengue incidence in the National Capital Region, Philippines. **Acta Medica Philippina**, v. 51, n. 2, p. 126-132, 30 jun. 2017.

PELLINI, A. C. G.; CAVALIN, R. F.; FRANCISCO, M. A.; CHIARAVALLOTI NETO, F.; ZANETTA, D. M. T. A trajetória da epidemia de AIDS nas mulheres residentes no município de São Paulo, de 1983 a 2012. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 26, p. 42-57, 7 Dez. 2017.

PETERNELLI, L. A. **Regressão linear e correlação**. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~peterNELLI/inf162.www.16032004/materiais/CAPITULO9.pdf>>. Acesso em: junho 2021.

PINTO, P. F. P. S.; CHIARAVALLOTI NETO, F.; RIBEIRO, M. C. S. A. Tuberculosis among South American immigrants in São Paulo municipality: an analysis in space and time. **The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease**, v. 22, n. 1, p.80-85, 01 jan. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Densidade demográfica, 2015**. Disponível em: < https://www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/luos/p3a/anexo1_mapas/4_demografia/43_densidade_demografica.pdf>. Acesso em: setembro 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **GeoSampa**. Disponível em: <http://download.geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/downloadArquivo.aspx?orig=DownloadTutorial&arqTipo=TUTORIAL&arq=tutorial_mapa.pdf>. Acesso em: setembro 2021.

QGIS.org. QGIS Geographic Information System. QGIS Association, 2021. Disponível em: <<http://www.qgis.org>>. Acesso em: agosto 2019.

R CORE TEAM. Versão 4.0.3. R Project for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: novembro 2020.

RESTREPO, A. C.; BAKER, P.; CLEMENTS, A. C. A. National spatial and temporal patterns of notified dengue cases, Colombia 2007 – 2010. **Tropical Medicine and International Health**, v. 19, n. 7, p. 863 – 871, jul. 2014.

ROBB, S. W.; BAUER, S. E.; VENA, J. E. Integration of different epidemiologic perspectives and application to Spatial Epidemiology. In: LAWSON, A. B.; BANERJEE, S.; HAINING, R. P.; UGARTE, M. D. **Handbook of Spatial Epidemiology**. Florida: Chapman & Hall/CRC, 2016. Cap.1. p. 3-38.

SANTANA, P. Introdução à Geografia da Saúde: território, saúde e bem-estar. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014.

SANTOS, J. P. C.; HONÓRIO, N. A.; BARCELLOS, C.; NOBRE, A. N. A Perspective on inhabited urban space: land use and occupation, heat islands, and precarious urbanization as determinants of territorial receptivity to dengue in the city of Rio de Janeiro. **Environmental Research and Public Health**, v.17, n.18, set. 2020.

SARFRAZ, M. S.; TRIPATHI, N. K.; TIPDECHO, T.; THONGBU, T.; KERDTHONG, P.; SOURIS, M. Analyzing the spatio-temporal relationship between dengue vector larval density and land-use using factor analysis and spatial ring mapping. **BMC Public Health**, v. 12, n. 853, 2012.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE. **Informe epidemiológico arboviroses, 2016.** Disponível em: <http://www.saude.campinas.sp.gov.br/vigilancia/informes/2016/Informe_Epidemiologico_Arboviroses_24_novembro_2016.pdf>. Acesso em: abril 2021.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE. **Boletim epidemiológico, 2020.** Disponível em: <https://dengue.campinas.sp.gov.br/sites/dengue.campinas.sp.gov.br/files/boletins_arbovirose/Informe%20dengue%2013mai20.pdf>. Acesso em: junho 2020.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE. **Centros de Saúde, 2021.** Disponível em: <<https://www.campinas.sp.gov.br/governo/saude/unidades/centros-de-saude/>>. Acesso em: março 2021.

SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. & ASSOCIATES. Building blocks of Spatial Analysis. In: ____ **Geospatial Analysis: A comprehensive guide to principles techniques and software tools.** 6. ed. 2018. cap. 4. p. 103–242.

SOUZA, I. M. **Análise do espaço intra-urbano para estimativa populacional intercensitária utilizando dados orbitais de alta resolução espacial.** 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional), Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2003.

STEUDEL, G. **Estudo da cinética de “fragilização de 475°C” e seus efeitos nas propriedades mecânicas dos aços inoxidáveis AISI 430 e SAF 2507.** 2018. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DE CONTROLE DE ENDEMIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SUCEN). **Manual de Normas Técnicas, 2009** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <valmir@mpc.com.br> em 24 abr. 2017.

SUPERINTENDÊNCIA DE CONTROLE DE ENDEMIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SUCEN). **Sistemas de informação com acesso público, 2017.** Disponível em: <<http://200.144.1.23/sistemas/>>. Acesso em: abril 2017.

VANWAMBEKE, S. O; VAN BENTHEM, B. H. B.; KHANTIKUL, N.; MAAS, C. B.; PANART, K.; OSKAM, L.; LAMBIN, E. F.; SOMBOON, P. Multi-level analyses of spatial and temporal determinants for dengue infection. **International Journal of Health Geographics**, v.5, n. 5, 2006.

VANWAMBEKE, S. Pathogens in an anthropized world: A geographical perspective on zoonotic and vector-borne diseases. **Meded. Zitt. K. Acad. Overzeese Wet**, v. 62, p. 31-43, 2016.

VONTAS, J.; KIOULOS, E. PAVLIDI, N.; MOROU, E.; DELLA TORRE, A. RANSON, H. Insecticide resistance in the major dengue vectors *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 104, n. 2, p. 126-131, Oct. 2012.

WEN, T. H.; LIN, M. H.; TENG, H. J.; CHANG, N. T. Incorporating the human-*Aedes* mosquito interactions into measuring the spatial risk of urban dengue fever. **Applied Geography**, v. 62, p. 256-266, ago. 2015.

WEN, T. H.; HSU, C. S.; HU, M. C. Evaluating neighborhood structures for modeling intercity diffusion of large-scale dengue epidemics. **International Journal of Health Geographics**, v. 17, n. 9, 2018.

WIJAYANTI, S. P. M.; PORPHYRE, T.; CHASE-TOPPING, M.; RAINEY, S. M.; MCFARLANE, M.; SCHNETTLER, E.; BIEK, R.; KOHL, A. The importance of socio-economic versus environmental risk factors for reported dengue cases in Java, Indonesia. **PLOS Neglected Tropical Diseases** set. 2016.