

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS
UNIDADE FRUTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

**MAPEAMENTO EPIDEMIOLÓGICO DAS ARBOVIROSES
EM ÁREA URBANA NO MUNICÍPIO DE FRUTAL - MG**

**Bruno Enrique Fuzzo
Geógrafo**

Frutal-MG
2025

Bruno Enrique Fuzzo

**MAPEAMENTO EPIDEMIOLÓGICO DAS ARBOVIROSES
EM ÁREA URBANA NO MUNICÍPIO DE FRUTAL - MG**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador
Dr. Jhansley Ferreira da Mata

Frutal–MG
2025

Fuzzo, Bruno Enrique
F949m Mapeamento Epidemiológico das Arboviroses em Área Urbana no Município de Frutal - MG / Bruno Enrique Fuzzo - Frutal, 2025.
60 f. : il. color., tab., fig.

Orientador: Dr. Jhansley Ferreira da Mata

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG.
Unidade Frutal, 2025.

1. Climatologia. 2. Dengue. 3. Febre Chikungunya. 4. Geoprocessamento. 5. Zika vírus. I. Mata, Jhansley Ferreira da. II. Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Frutal. III. Título.

CDD: 614.4

Catalogação na fonte

Bibliotecária. Nereida Nanci Pimenta dos Santos – CRB-6/4379/O



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Ata

BRUNO ENRIQUE FUZZO

"MAPEAMENTO EPIDEMIOLÓGICO DAS ARBOVIROSES EM ÁREA URBANA NO MUNICÍPIO DE FRUTAL - MG"

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Minas Gerais, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, na área de concentração Ciências Ambientais, Linha de Pesquisa Diagnóstico e Ecologia Ambiental a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 27 de março 2025

Profª. Drª. Magda Stella de Melo Martins - UFTM- Uberaba-MG

Prof. Dr. Eduardo da Silva Martins -UEMG - Frutal

PROF. DR. JHANLEY FERREIRA DA MATA

UEMG FRUTAL/ORIENTADOR



Documento assinado eletronicamente por **Jhansley Ferreira da Mata, Servidor**, em 31/03/2025, às 08:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo da Silva Martins, Professor de Educação Superior**, em 31/03/2025, às 12:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Magda Stella de Melo Martins, Usuário Externo**, em 01/04/2025, às 08:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **110521813** e o código CRC **99D5A118**.

RESUMO

A urbanização sem planejamento afeta diretamente a saúde da população urbana, sendo que os riscos acarretados podem estar ligados às relações socioambientais e regiões de moradia. Compreender a distribuição geográfica e temporal das arboviroses ajuda a identificar áreas de maior risco, permitindo a implementação de medidas preventivas e de controle mais eficazes, como ações de eliminação de criadouros do mosquito transmissor *Aedes aegypti*. O objetivo geral deste trabalho foi analisar a distribuição espacial das arboviroses (dengue, zika, chikungunya e febre amarela) na área urbana de Frutal- MG, entre os anos 2019 e 2023. Para tanto, buscou analisar e quantificar a incidência dos casos de arbiviroses no município de Frutal de acordo com dados do SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação), identificar fatores socioambientais em relação ao aparecimento dos locais mais afetados, analisar os dados climáticos de precipitação e temperatura do ar, do modelo global ECMWF - ERA5 para análise temporo-espacial dos casos, e elaborar os mapas interpolados pelo método IDW (Inverso do Quadrado da Distância), para espacialização e identificação dos bairros mais afetados no município de Frutal. Foi possível identificar que variáveis como temperatura, precipitação e umidade afetam diretamente a dinâmica populacional do vetor, e consequentemente, a transmissão das arboviroses. A análise dos dados revelou que a dengue é a arbovirose predominante, com maior incidência nos períodos chuvosos, enquanto a chikungunya apresentou surtos localizados, a zika manteve uma distribuição mais restrita e a febre amarela não teve nenhum caso registrado. As áreas mais afetadas coincidem com regiões de maior vulnerabilidade socioeconômica, destacando a importância do saneamento e da conscientização da população no combate ao vetor. A cartografia de síntese foi uma ferramenta essencial para correlacionar variáveis espaciais e epidemiológicas, possibilitando a identificação de padrões de propagação das arboviroses e fornecendo subsídios para políticas públicas mais eficazes. Os mapas produzidos demonstraram que a distribuição dos casos está fortemente relacionada a fatores climáticos e de infraestrutura urbana, indicando que ações preventivas devem ser intensificadas em períodos e regiões de maior risco. Os anos de maior incidência de arboviroses foram 2022 e 2023, sendo os bairros mais afetados Princesa Isabel, Nossa Senhora Aparecida, Progresso e Estudantil. Esses locais apresentaram os maiores índices de casos. Os resultados reforçam que a incidência das arboviroses está diretamente relacionada às condições climáticas e ao saneamento, demonstrando a necessidade de estratégias que combinem ações de controle do vetor, políticas públicas de infraestrutura e campanhas de educação ambiental. O uso do geoprocessamento para a identificação de áreas de risco mostrou-se fundamental, evidenciando que abordagens baseadas na análise espacial podem contribuir significativamente para a prevenção e o controle das arboviroses. Conclui-se que medidas integradas entre saúde pública, planejamento urbano e gestão ambiental são essenciais para mitigar a proliferação do *Aedes aegypti*. A aplicação contínua de tecnologias de mapeamento e monitoramento, aliadas ao envolvimento comunitário, pode reduzir significativamente os impactos dessas doenças e promover um ambiente mais seguro e saudável para a população de Frutal-MG.

Palavra-Chave: Climatologia. Dengue. Febre Chikungunya. Geoprocessamento. Zika Vírus.

EPIDEMIOLOGICAL MAPPING OF ARBOVIRUSES IN URBAN AREAS IN THE MUNICIPALITY OF FRUTAL - MG

ABSTRACT

Unplanned urbanization directly affects public health, increasing the risks of arbovirus transmission, such as dengue, zika, and chikungunya. This study aimed to analyze the spatial distribution of these diseases in the urban area of Frutal-MG between 2019 and 2023, identifying climatic and socio-environmental factors that influence their incidence. Data analysis revealed that dengue is the predominant arbovirus, with higher incidence during rainy periods, while chikungunya presented localized outbreaks, and Zika showed a more restricted distribution. The most affected areas coincide with regions of greater socioeconomic vulnerability, highlighting the importance of sanitation and public awareness in vector control. The synthesis cartography was an essential tool for correlating spatial and epidemiological variables, enabling the identification of arbovirus propagation patterns and providing subsidies for more effective public policies. The generated maps demonstrated that the distribution of cases is strongly related to climatic factors and urban infrastructure, indicating that preventive actions should be intensified in high-risk periods and regions. The years with the highest incidence of arboviruses were 2022 and 2023, with the most affected neighborhoods being Princesa Isabel, Nossa Senhora Aparecida, Progresso, and Estudantil. These areas recorded the highest case rates, reflecting the influence of environmental conditions and unplanned urban growth on vector proliferation. The results reinforce that the incidence of arboviruses is directly related to climatic conditions and sanitation, demonstrating the need for strategies that combine vector control measures, infrastructure public policies, and environmental education campaigns. The use of geoprocessing for risk area identification proved fundamental, showing that spatial analysis-based approaches can significantly contribute to the prevention and control of arboviruses. The analysis of results highlighted that the integration of climatic factors, infrastructure, and socio-environmental conditions plays a crucial role in the transmission dynamics of arboviruses. The correlation of spatial data allowed the identification of priority intervention areas, emphasizing the importance of synthesis cartography as a strategic tool in formulating more assertive public policies. Furthermore, the study demonstrated that case distribution does not occur randomly but is influenced by multiple interrelated factors, reinforcing the need for interdisciplinary approaches in public health management. In conclusion, integrated measures between public health, urban planning, and environmental management are essential to mitigate the proliferation of *Aedes aegypti*. The continuous application of mapping and monitoring technologies, combined with community engagement, can significantly reduce the impact of these diseases and promote a safer and healthier environment for the population of Frutal-MG.

Keyword: Climatology. Dengue. Chikungunya fever. Geoprocessing. Zika virus.

AGRADECIMENTOS

A jornada acadêmica é repleta de desafios, aprendizados e conquistas, e essa dissertação não teria sido possível sem o apoio e incentivo de diversas pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para sua realização.

Gostaria de agradecer à minha família, meu porto seguro, que esteve ao meu lado em cada etapa deste caminho. Ao meu pai, Antônio Carlos Fuzzo, pelo exemplo de determinação e pelos ensinamentos que levarei para a vida inteira. À minha mãe, Vera Christina Martoni Fuzzo, pelo amor incondicional, pelo apoio constante. A minha irmã, Luana Christina Fuzzo e meu irmão, Lucas Enrique Fuzzo, pelo companheirismo, pelas palavras de motivação e por me lembrar, sempre, da importância de seguir em frente com coragem e dedicação, e em especial minha esposa Daniela Fernanda da Silva Fuzzo, pelo amor, paciência e apoio incondicional, durante toda essa trajetória. Vocês foram minha base e meu alicerce nos momentos de incerteza e dificuldade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jhansley Ferreira da Mata, pela orientação, paciência e incentivo ao longo dessa caminhada. Sua dedicação e ensinamentos foram fundamentais para a construção deste trabalho.

Aos colegas de pesquisa e amigos, que compartilharam comigo esse percurso, oferecendo apoio, sugestões e, principalmente, companheirismo. Obrigado por cada troca de conhecimento e pelas palavras de encorajamento nos momentos de dúvida.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Minas Gerais, unidade Frutal, que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal, seja por meio do ensino, do suporte técnico ou administrativo.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização desta dissertação, meu sincero muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida do <i>Aedes aegypti</i> (imagem meramente ilustrativa e fora de escala).....	14
Figura 2 – Fêmea adulta de <i>Aedes aegypti</i>	15
Figura 3 – Classificação e risco global da incidência de dengue no ano de 2017.....	19
Figura 4 – Cartografia de síntese.....	24
Figura 5 – Mapa de localização do município de Frutal-MG.....	32
Figura 6 – Perímetro urbano de Frutal e principais corpos hídricos urbanos.....	33
Figura 7 – Fluxograma geral das atividades desenvolvidas. *ECMWF - European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.....	37
Figura 8 – Climogramas para o município de Frutal para os anos de: a)2019, b) 2020, c) 2021, d) 2022 e e) 2023, precipitação pluviométrica (pp) e temperatura do ar (temp).....	39
Figura 9 – Apresentação dos números de casos de dengue mensal e precipitação (mm), nos anos de a) 2019, b) 2020, c) 2021, d) 2022 e e) 2023.....	41
Figura 10 – Correlação da média anual entre os números de casos de dengue e precipitação (mm), dos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.....	43
Figura 11 – Números de casos de dengue mensais em homens e mulheres, dos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.....	44
Figura 12 – Apresentação dos números de casos de dengue anual em homens e mulheres, nos anos de 2019,2020, 2021, 2022 e 2023.....	44
Figura 13 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2019.....	46
Figura 14 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2020.....	46
Figura 15 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2021.....	47
Figura 16 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2022.....	47
Figura 17 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2023.....	48
Figura 18 – Cenário de inundação com bairros mais afetados.....	50
Figura 19 – Apresentação dos números de casos de chicungunya anual em homens e mulheres, nos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.....	54
Figura 20 – Apresentação dos números de casos de zica anual em homens e mulheres, nos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ciclo e fases das arboviroses.....	13
Tabela 2 – Considerações adotadas para o cenário de riscos hidrológicos.....	36
Tabela 3 – Casos de chikungunya no município de Frutal para os anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.....	52
Tabela 4 – Número de casos de chicungunya por bairros, mês e ano de 2023.....	53
Tabela 5 – Número de casos de zica confirmados por ano e bairro.....	55

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos específicos	11
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3.1 Arboviroses: dengue, chikungunya e zika	12
3.2 Áreas de Incidência das Arboviroses	18
3.3 Métodos e Análises Espaciais Aplicados aos Estudos de Dengue	20
3.4 Cartografia de Síntese.....	23
3.5 ERA5 - ECMWF (<i>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts</i>)	25
3.6 Modelo de Interpolação IDW (Inverso do Quadrado da Distância).....	26
3.7 Caracterização da área de estudo	28
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
4.1 Desenho do Estudo	31
4.2 Área de Estudo	31
4.3 Obtenção e Coleta dos Dados.....	33
4.4 Análise dos dados	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Dengue.....	40
5.2 Chikungunya.....	51
5.3 Zika.....	54
6. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS	60

1. INTRODUÇÃO

As arboviroses são doenças causadas por um conjunto de arbovírus, sendo as mais comuns no contexto epidemiológico brasileiro a dengue (DENV), a febre chikungunya (CHIKV), o Zika vírus (ZIKV) e a febre amarela (FA) (Donalisio; Freitas; Zuben, 2017). De acordo com o Ministério da Saúde (Brasil, 2023), em 2022 foram registrados, em nível nacional, 1.633.991 casos dessas doenças. Destes, 1.450.270 foram de dengue, 174.517 de chikungunya, 9.204 de zika e nenhum caso de febre amarela em humanos. Os óbitos registrados no mesmo período foram 1.016 para dengue, 94 para chikungunya, 1 para zika e nenhum para febre amarela. No estado de Minas Gerais, os registros de ocorrências apontaram 93.412 casos de dengue, 10.552 de chikungunya e 56 de zika.

No Brasil, as arboviroses estão diretamente relacionadas a fatores ambientais, sobretudo à presença de mosquitos vetores, como o *Aedes aegypti*, amplamente disseminados pelo território nacional. A dengue, entre essas doenças, é a predominante (Chaves *et al.*, 2015). O clima tropical e subtropical, caracterizado por temperaturas elevadas e chuvas abundantes, favorece a reprodução e a proliferação desses insetos.

Os fatores socioambientais desempenham um papel crucial nesse contexto, refletindo a interação entre a sociedade e o meio ambiente. A adaptação dos vetores a ambientes domésticos e urbanos os torna mais prevalentes em áreas de vulnerabilidade socioambiental. Nessas regiões, condições precárias de saneamento, abastecimento inadequado de água, habitações insalubres e coleta deficiente de resíduos criam habitats propícios para a proliferação dos mosquitos.

Esses vetores estão amplamente distribuídos em áreas urbanas e periurbanas, adaptando-se eficientemente a cidades de diferentes portes no Brasil. Assim, a transmissão dos vírus pelo *Aedes* está relacionada a condicionantes como clima tropical e subtropical, densidade populacional, expansão urbana desordenada, e limitações estruturais em saneamento básico, educação e cultura (Almeida; Cota; Rodrigues, 2020).

As mudanças climáticas também influenciam diretamente essa dinâmica, alterando a distribuição geográfica dos vetores e aumentando a incidência de arboviroses. Diante desse cenário, o mapeamento dessas doenças em zonas urbanas torna-se essencial. Tal abordagem não apenas contribui para a vigilância epidemiológica, destacando áreas com surtos, mas também fornece dados valiosos para o planejamento ambiental e sanitário. Ferramentas como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) permitem compreender melhor a espacialização dos casos e planejar estratégias de combate.

A análise sistêmica dessa problemática integra diferentes campos de estudo. Conforme Zacharias e Venturini (2021), a abordagem por escalas taxonômicas permite compreender a "paisagem por meio de representações estruturadas". O mapeamento de síntese emerge como um instrumento-chave nesse processo, unificando variáveis e oferecendo uma visão abrangente e integrada de fenômenos complexos. Segundo Queiroz Filho e Martinelli (2007), "o mapa de síntese, assim concebido, torna-se instrumento privilegiado para os estudos regionais", condensando ideias e trazendo contribuições significativas para a sociedade.

Dessa forma, as arboviroses representam um desafio multifacetado para a saúde pública no Brasil, envolvendo aspectos clínicos, sociais, econômicos, políticos e ambientais. A localização e a época de incidência, bem como as estratégias de prevenção e controle, são fatores críticos para a promoção de uma sociedade saudável, garantindo melhor qualidade de vida.

Este estudo justifica-se pela relevância das arboviroses como problema de saúde pública, especialmente nas áreas onde fatores socioambientais, estão diretamente associados à proliferação dos vetores. O uso de conhecimentos interdisciplinares e ferramentas como geoprocessamento, sensoriamento remoto e mapeamento pode subsidiar análises sobre os determinantes dessa problemática, ajudando a mitigar a propagação do *Aedes aegypti*. A compreensão do espaço geográfico, integrada a fatores socioambientais, é fundamental para identificar as relações entre ambiente e saúde

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a distribuição espacial das arboviroses (dengue, zika, chikungunya e febre amarela) na área urbana de Frutal- MG entre os anos de 2019 a 2023.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar e analisar a incidência dos casos de arboviroses em área urbana do município de Frutal – MG;
- Identificar os fatores socioambientais que afetam o aparecimento de arboviroses em área urbana;
- Identificar fatores climáticos associados ao número de casos da doença na área de estudo.
- Elaborar mapas interpolados e mapas temáticos, para espacializar os principais pontos de focos das arboviroses.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Arboviroses: dengue, chikungunya e zika

As arboviroses são doenças causadas pelos arbovírus, que são vírus transmitidos por artrópodes hematófagos, essencialmente insetos e aracnídeos que se alimentam de sangue, responsáveis pela disseminação global de vírus, causadores de doenças humanas, como a dengue, chikungunya e zika (Jones *et al.*, 2020).

Os sinais e sintomas das arboviroses variam desde febre leve até síndromes febris neurológicas, dores articulares, vermelhidão, coceira e hemorragia (Donalisio; Freitas; Zuben, 2017).

O macho alimenta-se de seivas de plantas, já a fêmea necessita de sangue humano para o amadurecimento dos ovos, que são depositados separadamente nas paredes internas dos objetos, próximos a superfícies de água, local que lhes oferece melhores condições de sobrevivência. O ciclo de vida do *Aedes aegypti* consiste em quatro estágios distintos: ovo, larva, pupa e forma adulta (Tabela 1). Esse ciclo é influenciado por vários fatores como por exemplo, temperatura e número de larvas presentes no reservatório de água.

Dentre todas as arboviroses, a dengue é a mais comum e disseminada no mundo, sendo a mais frequente em território nacional. Está presente em 123 países, acometendo 390 milhões de indivíduos anualmente e com estimativa de risco de infecção de 3,9 bilhões de pessoas (World Health Organization - WHO, 2022).

De acordo com San Pedro *et al.* (2009) a dengue é uma das doenças de maior incidência nas regiões intertropicais, constituindo um importante problema de saúde pública. Além dos fatores biológicos envolvidos em seu ciclo de transmissão, a reprodução da doença está intimamente relacionada a determinantes de ordem socioeconômica, podendo ainda, ser considerada como um subproduto da urbanização acelerada e sem planejamento, característica dos centros urbanos de países em desenvolvimento, assim também como a chikungunya, a zika e a febre amrela.

Tabela 1 – Ciclo e fases das arboviroses.

Fase do Ciclo	Tempo de vida	Referências
Ovos em meio aquoso, processo de incubação	Dias a meses, assim que coberto por água	Ribeiro <i>et al.</i> (2020); Fiocruz (2022)
Larva em água para converter em pupa	5 dias	Sales (2008); Fiocruz (2022)
Pupa em meio aquoso para se transformar em mosquito adulto com capacidade para voar	2 a 3 dias	Ribeiro <i>et al.</i> (2020); Fiocruz (2022)
Vida do mosquito adulto	30 a 45 dias	Vilela (2007)
Larva do mosquito até estar maduro	7 a 10 dias	Vilela (2007)
Cor café ou preta e listras brancas no corpo e nas pernas		Barreto, Barreto e Oliveira (2020)
Voam a altura média 1,5 m acima do chão		Barreto, Barreto e Oliveira (2020)
Maior atividade na parte da manhã e final da tarde		Cabral <i>et al.</i> (2020)
Fêmea do Mosquito que transmite o Virus		Barreto, Barreto e Oliveira (2020)
Clima Perfeito Quente e Úmido		Silva, Fátima e Scopel (2008)
Se ambienta em aguá limpa e parada		Cabral <i>et al.</i> (2020)
A cada três dias colocam aproximadamente 40 ovos		Barreto, Barreto e Oliveira (2020)

Fonte: Adaptado, Ministério da Saúde (2019)

O mosquito *Aedes aegypti*, assim como outros da sua espécie, segue um ciclo de vida holometábolo (Figura 1), caracterizado pela metamorfose completa (Consoli; Oliveira, 1994) que inclui as etapas de ovo, larva, pupa e fase adulta (Bicudo, 2020).

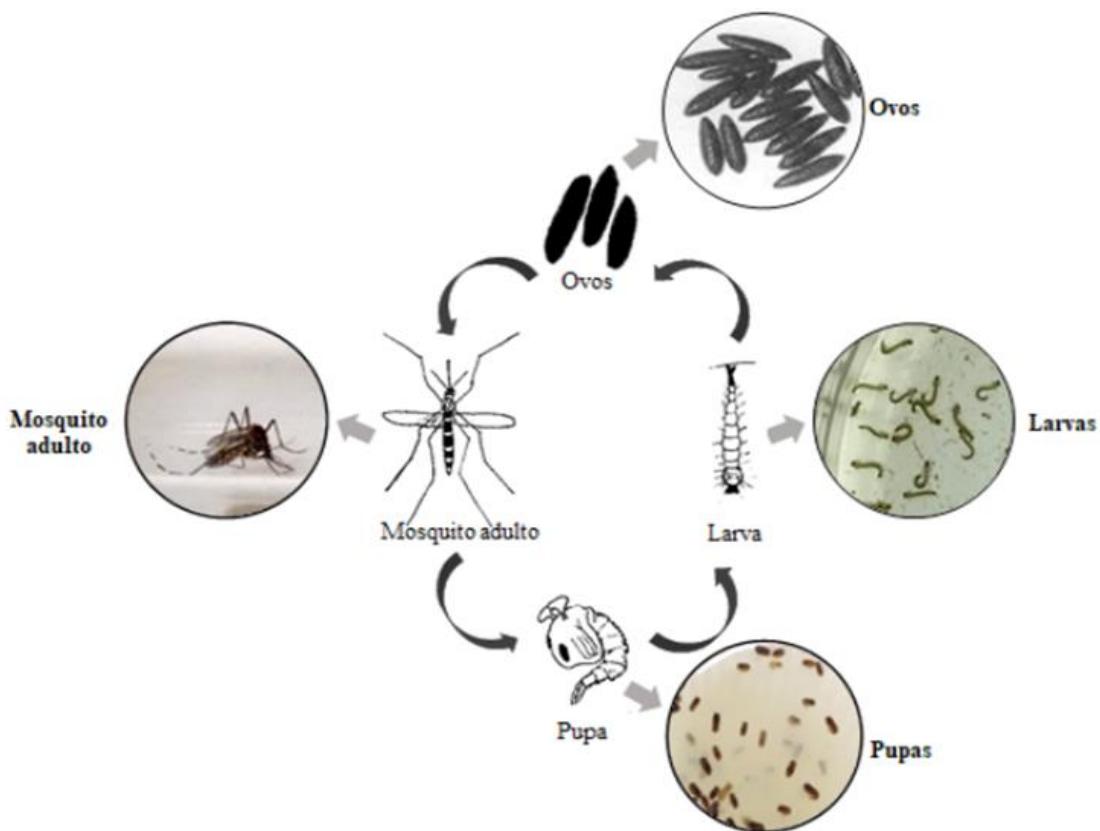


Figura 1 – Ciclo de vida do *Aedes aegypti* (imagem meramente ilustrativa e fora de escala).

Fonte: (Padilha *et al.*, 2023)

De acordo com Bicudo (2020):

“O mosquito desenvolve - se em qualquer recipiente contendo água parada, limpa, ou seja, que é, então, denominado criadouro. Os criadouros podem ser grandes, como uma piscina não tratada, caixas d`água destampadas ou mal fechadas, tonéis para armazenamento de água, também mal fechados; médios, como pneus, garrafas vazias, pratos de vasos nos jardins e outros recipientes colocados ao relento; ou podem, mesmo, ser tão pequenos como uma casca de ovo, um pedaço de plástico dobrado ou uma tampinha de garrafa” (Bicudo, 2020, p. 35-36).

O *Aedes aegypti*, durante sua vida útil, que em média é de 30 dias, um único mosquito pode depositar até 450 ovos, o que representa um risco significativo para a saúde pública e um desafio constante para as autoridades responsáveis pelo controle vetorial (Padilha; Bruno; Farnesi, 2023).

Esse ciclo de vida, aliado à sua alta capacidade de reprodução, contribui para a rápida disseminação de arboviroses em áreas urbanas e periurbanas. Os ovos do *Aedes aegypti* possuem outra característica preocupante: a resistência. Eles podem permanecer

viáveis por meses em ambientes secos, esperando apenas a presença de água para eclodir, o que perpetua a infestação mesmo em condições climáticas adversas.

Entre as doenças transmitidas por este vetor, destaca-se a dengue, uma doença infecciosa febril aguda transmitida pela picada de fêmeas infectadas das espécies *Aedes aegypti* e, em menor proporção, *Aedes albopictus* (Lopes *et al.*, 2018). O *Aedes aegypti*, identificado cientificamente pelo padrão único de listras brancas no tronco, cabeça e pernas, é amplamente reconhecido como o principal responsável pela propagação dessa enfermidade. Sua presença está associada a ambientes urbanos, onde encontra condições favoráveis de reprodução, como acúmulo de água em recipientes artificiais.

Portanto, o combate ao *Aedes aegypti* exige não apenas o controle direto de populações de mosquitos, mas também ações preventivas que eliminem possíveis criadouros. Estratégias educativas para a população, saneamento básico adequado e vigilância epidemiológica eficaz são fundamentais para reduzir o impacto dessas doenças no Brasil. Essa abordagem integrada é essencial para minimizar os riscos associados a um vetor que, em poucos dias, pode desencadear surtos de arboviroses em comunidades inteiras.

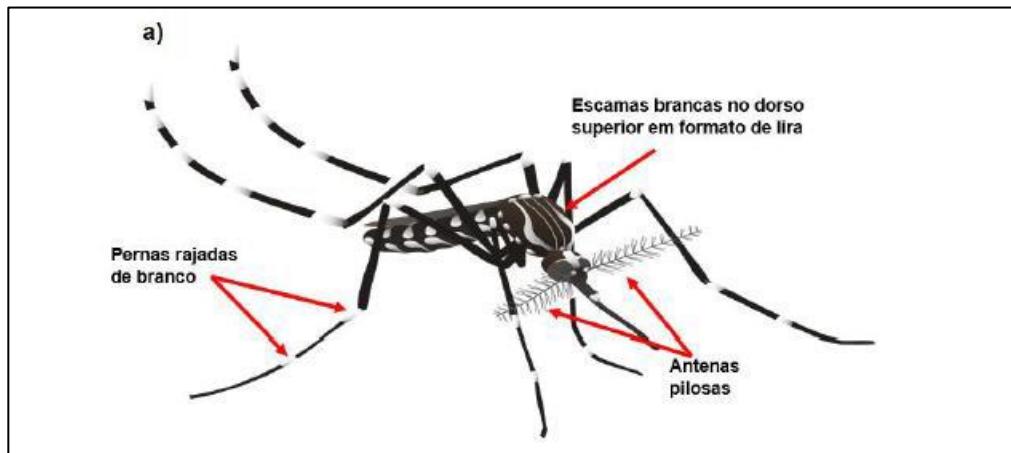


Figura 2 – Fêmea adulta de *Aedes aegypti*.

Fonte: Adaptado de Ordoñez (2017).

Cecílio (2017), relata que existem quatro sorotipos do vírus da dengue (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4). As manifestações clínicas têm a particularidade de amplo espectro clínico, acometendo bebês, crianças, adultos e idosos, e as variações infecciosas podem ser assintomáticas ou até mesmo levar ao óbito (Ramos *et al.*, 2020).

Segundo Miagostovich (1993) a dengue é uma doença que se espalha predominantemente em áreas urbanas, assim como a zika e a chikungunya. As cidades

oferecem as condições ideais para a propagação dessas doenças, principalmente devido à falta de ação política, à pobreza e às barreiras culturais, que facilitam a continuidade da sua transmissão.

Autores como Cabral e Freitas (2012), e Gomez, Bastos e Nascimento (2017), relatam de maneira unânime, destacando os determinantes socioambientais e de saúde, salientando que a disponibilidade inadequada de água, a coleta e o tratamento insuficientes de esgoto, a infraestrutura urbana precária e a desigualdade de renda podem contribuir para agravar as epidemias de doenças.

Conforme exposto por Kajiya (2015), o processo de transmissão da dengue, chikungunya, zika e febre amarela começa quando uma fêmea do mosquito *Aedes* se alimenta do sangue de uma pessoa infectada e adquire o vírus. Em seguida, ao picar uma pessoa não infectada, o mosquito transmite o patógeno através de sua saliva, completando assim o ciclo de transmissão. Quanto aos sintomas da dengue, estes podem ser inexistentes ou leves em grande parte dos casos (variando de 18 a 60%), muitas vezes sem necessidade de intervenção médica (Bhatt *et al.*, 2013).

A doença é tipicamente identificada por febre alta, dores de cabeça e no corpo, vômitos, dores nas articulações e erupções cutâneas, sintomas estes que são comuns a várias outras patologias frequentes em regiões tropicais (Simmons *et al.*, 2012). Contudo, uma fração menor dos pacientes pode experimentar formas mais severas da doença, incluindo hemorragias e choque, situações que exigem pronta identificação e tratamento para evitar riscos maiores (OPAS/OMS, 2022).

As infecções causadas pela dengue representam uma preocupação significativa para a saúde pública em diversos países, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde as condições climáticas favorecem a propagação do vírus. No Brasil, um país tropical de dimensões continentais, a dengue apresenta um padrão sazonal, com maior prevalência nos primeiros cinco meses do ano, período caracterizado por temperaturas mais altas e maior índice de chuvas (Oliveira; Oliveira, 2019). Além das condições climáticas, fatores sociais, culturais e educacionais desempenham um papel crucial no combate e controle da doença. Nesse contexto, a vacinação continua sendo uma ferramenta essencial, pois previne surtos, reduz a gravidade dos casos e protege as populações mais vulneráveis.

A partir de 2014, com a emergência das epidemias de chikungunya e zika, a relevância do tema aumentou significativamente, ganhando destaque tanto na literatura

científica quanto nas discussões da sociedade em geral (Avelino-Silva; Ramos, 2017). Entre essas doenças, a febre chikungunya se destaca por sua capacidade de gerar alta variabilidade de genótipos, o que facilita a adaptação do vírus a diferentes hospedeiros e vetores (Donalisio; Freitas; Zuben, 2017).

De acordo com Melo *et al.* (2020), a chikungunya é transmitida principalmente pelos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. A doença apresenta três fases distintas — aguda, subaguda e crônica — e seus efeitos são agravados em grupos vulneráveis, como mulheres grávidas, idosos e imunocomprometidos.

Embora os sinais e sintomas da febre chikungunya sejam semelhantes aos da dengue, a dor articular intensa é um diferencial marcante, assim como a imunidade adquirida pelo indivíduo após a infecção (Segurado; Cassenote; Luna, 2016). No ambiente urbano, o *Aedes aegypti* é o principal vetor, enquanto o *Aedes albopictus* desempenha esse papel em áreas rurais e silvestres. Essas diferenças refletem as complexidades do controle vetorial em cenários geográficos e sociais diversos.

O surgimento e a disseminação da chikungunya se tornaram um problema de saúde pública agravado por fatores como o aumento das viagens internacionais, o intenso processo de urbanização e o desenvolvimento industrial e tecnológico desordenado (Pessanha *et al.*, 2009). Tais transformações ambientais criaram condições propícias para a proliferação dos vetores e ampliaram os riscos de epidemias.

No Brasil, essa realidade é ainda mais desafiadora devido às desigualdades sociais, que foram intensificadas ao longo do processo histórico de desenvolvimento urbano e econômico. Apesar de avanços significativos em infraestrutura e políticas públicas, persistem lacunas que dificultam o combate efetivo às arboviroses. O acesso desigual a saneamento básico, serviços de saúde e educação, combinado com a vulnerabilidade de populações em áreas urbanas densamente povoadas, reflete a necessidade de ações mais integradas e eficazes.

Esses fatores ressaltam a urgência de políticas públicas mais inclusivas, que considerem tanto as condições socioambientais quanto as mudanças econômicas e climáticas que impactam diretamente a saúde pública. Abordagens interdisciplinares e o fortalecimento da vigilância epidemiológica são essenciais para mitigar os impactos das arboviroses no Brasil e promover maior equidade no enfrentamento dessas doenças. (Santana, 2005).

O vírus Zika foi nomeado em referência à floresta Zika, localizada em Uganda, na África, onde foi identificado pela primeira vez na década de 1950. Ele compartilha o mesmo vetor de transmissão da dengue e da chikungunya, o *Aedes aegypti*, e apresenta sinais e sintomas semelhantes. No entanto, suas manifestações clínicas afetam apenas cerca de 20% das pessoas infectadas (FIOCRUZ, 2022).

Uma característica preocupante do *Aedes aegypti* é sua capacidade de coabitar ambientes humanos e estar ativo durante horários que coincidem com as atividades das pessoas. Essa proximidade constante favorece sua sobrevivência e perpetuação, já que as fêmeas têm fácil acesso ao sangue humano, essencial para seu ciclo reprodutivo (Costa; Natal, 1998).

No Brasil, a zika ganhou destaque em 2015, quando foi registrada uma epidemia de grandes proporções. De acordo com Oliveira (2017), embora o vírus tenha sido descrito originalmente na África na década de 1950, foi durante essa epidemia que ele foi associado pela primeira vez à microcefalia congênita. Essa descoberta marcou um ponto crítico na saúde pública global, estabelecendo uma relação direta entre a zika e malformações neurológicas, especialmente em neonatos.

A ligação entre a zika e a microcefalia destaca a gravidade da doença e a necessidade de ações preventivas, especialmente em áreas de maior vulnerabilidade. O controle do vetor e a conscientização sobre os riscos associados ao vírus são essenciais para minimizar os impactos dessa enfermidade, que tem consequências significativas para as famílias afetadas e para o sistema de saúde como um todo.

3.2 Áreas de Incidência das Arboviroses

As epidemias se disseminam de forma complexa, atingindo diferentes áreas geográficas por meio de dinâmicas que envolvem múltiplos fatores interligados. Compreender os padrões de propagação das doenças no espaço vai além do simples diagnóstico dos casos, exigindo a análise de variáveis como as interações sociais, as características do ambiente, a organização das comunidades, as distâncias geográficas entre elas e o grau de conectividade existente entre essas localidades (Ferreira, 2006).

Como pode-se observar na Figura 3, a dengue afeta populações de diversos países, principalmente em áreas tropicais e subtropicais, onde ocorre a transmissão local.

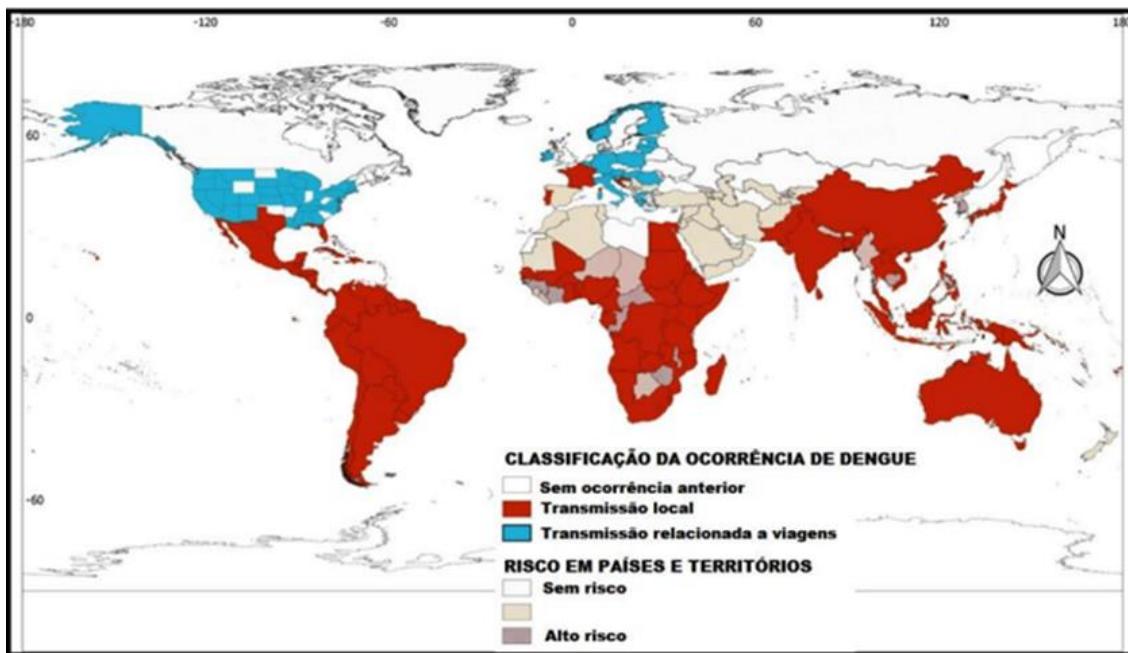


Figura 3 – Classificação e risco global da incidência de dengue no ano de 2017.
Fonte: Leta *et al.*, (2018).

Segundo Lippi *et al.* (2021), a distribuição atual de mosquitos do gênero *Aedes* é orientada em função das características climáticas de uma região. Lembrando que as arboviroses têm maior incidência em regiões tropicais e subtropicais, onde as condições climáticas, caracterizadas por altas temperaturas e elevada umidade, criam um ambiente favorável para a reprodução e proliferação dos mosquitos vetores, como *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. As alterações no clima estão impulsionando a disseminação das doenças transmitidas por artrópodes, como dengue, zika e chikungunya de várias formas.

Isso pode envolver alterações nos hábitos e na distribuição de mosquitos e outros vetores, resultando no aumento de sua população e na expansão das áreas onde conseguem sobreviver. Além disso, fatores como mudanças ambientais, urbanização e o crescimento das viagens podem influenciar o tempo de incubação dos vírus nesses vetores, favorecendo sua disseminação (Paixão; Teixeira; Rodrigues, 2018). Dentre os fatores ambientais, a temperatura e precipitação são os que mostram maior contribuição na expansão da doença, as chuvas favorecem o aumento dos potenciais criadouros para oviposição do vetor (Cruz, 2021).

Ademais, por meio do processo de urbanização acelerado, áreas foram desmatadas e situações de acúmulo de água foram criadas, propiciando a proliferação de vetores (Santos *et al.*, 2023). O *Aedes aegypti* está intimamente ligado ao ambiente humano,

apresentando um comportamento sinantrópico e uma preferência por se alimentar de seres humanos, o que o faz seguir as atividades e deslocamentos humanos (Almeida; Cota; Rodrigues, 2020).

O crescimento urbano é um fenômeno de rápida expansão, com previsões indicando um aumento significativo na população mundial. Estima-se que entre 2007 e 2050, a população global aumentará de 6,7 bilhões para 9,2 bilhões, com aproximadamente 6,4 bilhões de pessoas, ou seja, cerca de 60%, residindo em áreas urbanas (World Health Organization - WHO, 2007).

No Brasil, o processo de urbanização desordenada, que remonta desde meados de 1950 com a industrialização, tem sido uma característica associada à disseminação das arboviroses, especialmente nas áreas urbanas. A industrialização tardia no Brasil trouxe consigo o fenômeno do êxodo rural, com a migração significativa da população rural para as áreas urbanas.

Como resultado, há uma concentração demográfica, infraestrutura deficiente e, muitas vezes, inexistente (Santos, 1993). Isso aumenta significativamente os riscos de infecções transmitidas por veiculação hídrica e por vetores que proliferam nessas áreas vulneráveis, representando um risco substancial para as populações urbanas (Machado *et al.*, 2013).

3.3 Métodos e Análises Espaciais Aplicados aos Estudos de Dengue

Por meio de mapas detalhados e métodos de análise, entende-se como a doença se espalha geograficamente, como ela se move ao longo do tempo e do espaço, podendo identificar tendências em diferentes regiões e avaliar as chances de surgirem casos de Dengue em vários níveis (Ferreira, 2006). A análise espacial através de SIG (Sistema de Informação Geográfica) vêm sendo utilizada no mapeamento e caracterização epidemiológica de endemias (Silva *et al.*, 2015), além de ser um importante instrumento de correlação com fatores ambientais e outros indicadores de saúde pública (Aileen; Song, 2000).

Dutra (2011) enfatiza a relevância do trabalho de Sorre (1943), que propôs um método baseado em mapeamentos cartográficos com características fundamentais, como a integração de dados observacionais em um mesmo espaço e a análise histórica da formação de cada elemento, abrangendo desde os aspectos naturais até os sociais. Esse método possibilita a sobreposição de informações e a obtenção de um panorama

atualizado, por meio do estudo do funcionamento e da interação entre os elementos analisados. Zacharias (2006) denomina essa abordagem como *Mapeamento de Síntese*, que teoricamente consiste na combinação da linguagem gráfica da cartografia temática com a linguagem numérica tradicional da análise espacial, processadas de forma integrada.

A geografia quantitativa se relaciona intimamente com as representações cartográficas devido ao seu foco estatístico e modelístico sistêmico, onde as bases cartográficas são essenciais para análise e representação dos dados (Kozel, 2004). A análise de dados espaciais tem sido utilizada como uma estratégia para identificar áreas urbanas com alto risco de surtos de doenças. Neste sentido, tecnologias de saúde podem contribuir para a compreensão da propagação da dengue em regiões densamente habitadas, elucidar aspectos dos padrões de disseminação espacial da doença e apoiar iniciativas de controle do mosquito transmissor (Skalinski; Costa; Teixeira, 2019).

Ao relacionar os dados espaciais com dados da vigilância epidemiológica, da rede laboratorial e de saneamento, as ações específicas de controle vetorial são direcionadas para áreas prioritárias (Vazquez-Prokopec *et al.*, 2010). Para Ferreira (2006), a escolha espacial da geografia é mais coerente com a representação da epidemia, já que reúne em uma mesma abordagem, a cartografia temática e as funções de análise espacial para Sistemas de Informação Geográfica. De acordo com Viana *et al.* (2022), o geoprocessamento possui grande relevância para a construção de mapas, o que pode auxiliar não somente no monitoramento, como também na avaliação e no planejamento de ações.

Segundo Cardim *et al.* (2008), a evolução de técnicas de geoprocessamento e de equipamentos computacionais permitido o sucesso no uso dessas ferramentas relacionados aos estudos epidemiológicos. Silva *et al.* (2020) também ressaltam a importância do geoprocessamento, que engloba várias tecnologias com a finalidade não apenas de adquirir dados, mas também de produzir informações demográficas, contribuindo assim para a compreensão de situações de risco epidemiológico. Segundo Glass (2000) os sistemas de informação geográfica (SIG) fazem uma ponte entre a epidemiologia e a geografia, oferecendo ferramentas para descrever e examinar dados espaciais. De fato, existe uma troca entre a saúde geográfica, a análise do espaço e a epidemiologia, as metodologias para analisar dados espaciais são essenciais para entender como as doenças se distribuem e comportam.

De acordo com Ferreira (2014) muitas das etapas de análise geoespacial são iniciadas a partir de perguntas espaciais construídas e adaptadas à solução de problemas de natureza espacial. Para o autor há cinco categorias de análise geoespacial: localização, distribuição, associação, interação e mudança. Para cada categoria, podem ser feitas diversas perguntas espaciais que possibilitam o início de procedimentos de análise geoespacial em SIG (Alcântara, 2022). No contexto de uma investigação voltada à epidemiologia espacial e ao estudo da dengue, apresenta-se a seguir uma lista de perguntas com foco espacial, acompanhadas de suas respectivas categorias de análise geoespacial.

1. Onde ocorrem os casos de dengue? (Localização).
2. Existe regularidade na distribuição espacial dos casos de dengue? (Distribuição).
3. Quais variáveis socioeconômicas estão associadas aos casos de dengue? (Associação).
4. Por que os casos de dengue estão espacialmente associados a alta taxa de ocupação domiciliar urbana? (Associação).
5. Os casos de dengue sempre ocorreram neste mesmo lugar? (Mudança).

A análise espacial atua como uma ferramenta estratégica no planejamento, habilitando intervenções precisas e efetivas para reduzir tanto a incidência quanto os impactos adversos que afetam os moradores das áreas urbanas, possibilita uma visão detalhada de onde e como os problemas se manifestam no espaço urbano, permitindo que as ações sejam direcionadas de maneira mais informada e focada, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e a saúde da população nessas regiões (Nakhapakorn; Tripathi, 2005).

Segundo Ferreira (2006), a utilização de métodos cartográficos e técnicas de análise espacial de dados epidemiológicos têm crescido substancialmente na atualidade. Para o autor, um dos fatores responsáveis que explica esta tendência é a atual capacidade analítica dos sistemas de informação geográfica.

Essas questões servem como um alicerce inicial para examinar as informações relacionadas a um surto de dengue. Ao empregar métodos estatísticos, recursos de geotecnologia e análise de dados geográficos, é possível não apenas detectar e mapear onde ocorrem os casos de dengue, mas também nos ajudam a compreender como a doença se distribui pelo território e a estudar os aspectos ecológicos que influenciam essa

distribuição. Esse entendimento detalhado é crucial para desenvolver estratégias eficazes de prevenção e controle.

3.4 Cartografia de Síntese

A geografia, desde a sua constituição como ciência, possui metodologias e técnicas que permitem entender as características espaciais das doenças. Segundo Ferreira (2006), a utilização de métodos cartográficos e técnicas de análise espacial de dados epidemiológicos têm crescido substancialmente na atualidade. Para o autor, um dos fatores responsáveis que explica esta tendência é a atual capacidade analítica dos sistemas de informação geográfica. Conforme Cliff e Hagget (1992) a cartografia no campo da saúde pública contribui no conhecimento e na interpretação de eventos, processos, problemas e necessidades em saúde. Os mapas são suportes permanentes de ações e intervenções que ajudam a minimizar danos e respondem as demandas de saúde das populações.

A cartografia de síntese, segundo Zacharias e Ventorini (2021), surge da ordenação ou sequenciamento lógico de cartas/mapas de uma determinada situação de paisagens, possibilitando a conexão entre suas unidades para que se encontre uma abordagem racional na compreensão da questão em análise (Figura 4).

A cartografia de síntese e vulnerabilidade socioambiental proposta por Zacharias e Ventorini (2021), consiste em uma metodologia que potencializa a elaboração de mapeamentos de síntese que indiquem áreas de riscos e expressem o comportamento do ambiente segundo suas reais potencialidades e vulnerabilidades.

A cartografia de síntese destaca-se por integrar a modelagem ambiental e seus indicadores ao longo de todo o processo de elaboração, culminando em uma síntese final que permite a compreensão de diferentes classes taxonômicas até a obtenção do produto final. Para alcançar esse objetivo, é fundamental seguir uma série de etapas detalhadas e interdependentes. Inicialmente, deve-se realizar um recorte geográfico-espacial preciso, considerando os objetivos e finalidades do estudo. Na sequência, a mensuração cartográfica, geográfica e temporal deve ser conduzida de forma rigorosa, assegurando a precisão dos dados e diferenciando claramente as ordens de grandeza do objeto analisado (Zacarias, 2006).

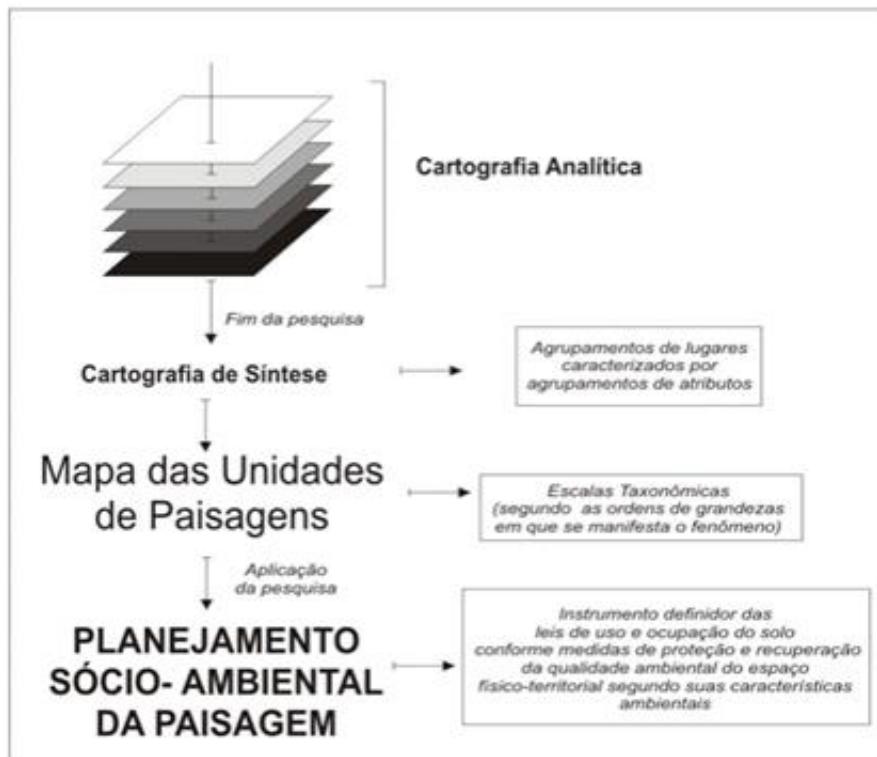


Figura 4 – Cartografia de síntese.

Fonte: Zacharias (2006).

Segundo a autora, após essa fase o tratamento gráfico e visual das informações deve ser realizado de maneira que os dados sejam claros e acessíveis, respeitando um sentido monossêmico e utilizando um plano bidimensional para facilitar a interpretação. Por fim, todas essas informações são integradas em uma síntese cartográfica coerente, que considera os atributos agrupados e oferece uma visão abrangente e informativa.

Conforme Zacharias e Ventorini (2021), a cartografia de síntese exige um recorte geográfico adequado ao objetivo do estudo, mensurações precisas que superem ambiguidades conceituais, tratamento visual que simplifique a compreensão dos dados, e uma abordagem integrada que respeite os atributos espaciais. Essa metodologia permite consolidar informações de diferentes naturezas em um único produto cartográfico, promovendo análises mais completas e eficazes.

De acordo com Lima e Martinelli (2008), a fusão de unidades taxonômicas apontam sistemas lógicos de estudo científico, importante quesito para analisar a paisagens e seus desdobramentos físicos e sociais. Sampaio (2012), afirma que o detalhamento metodológico deste processo de cartografia de síntese destaca a importância de definir os parâmetros utilizados para garantir a compreensão do leitor e a

precisão do método. Dessa forma, é possível acompanhar a síntese em suas combinações cartográficas e nas questões problemáticas que são estudadas.

Queiroz Filho e Martinelli (2007), destacam que são amplamente utilizados em metodologias científicas, os conceitos de análise e síntese, que são fundamentais na cartografia para representar os diferentes níveis de raciocínio empregados na pesquisa e na elaboração de mapas correspondentes, desta forma, os mapas de análise são aqueles que representam temas específicos, muitas vezes isolados, que descrevem componentes de um fenômeno ou destacam partes do problema em estudo.

Quando se trata de análise de áreas com incidência de casos de arboviroses a cartografia de síntese vai além da simples elaboração de cartas geográficas. Esse tipo de cartografia não se limita a atender apenas as necessidades imediatas, mas também categoriza e propõe medidas que contribuem para o desenvolvimento urbano seguro e sustentável, tanto para a população local quanto para a regional. Ademais, o mapeamento de síntese facilita um diálogo contínuo e colaborativo entre pesquisadores, gestores e a sociedade em geral, promovendo uma interação mais eficaz e inclusiva na identificação e mitigação de riscos.

3.5 ERA5 - ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*)

Para analisar os dados de arboviroses, foi fundamental obter informações climáticas detalhadas. No entanto, o município de Frutal, assim como grande parte do território brasileiro, não dispõe de uma estação meteorológica de superfície que forneça dados completos para todo o período de análise do estudo. Diante dessa limitação, recorreu-se à utilização de dados climáticos remotos. Esses dados foram adquiridos por meio do sensor ERA5, que disponibiliza um amplo conjunto de informações meteorológicas reanalisadas, possibilitando uma análise climática precisa e contínua para a pesquisa. A utilização do sensor ERA5 foi essencial para contornar a falta de uma estação meteorológica local e garantir a integridade dos dados climáticos necessários para a avaliação das arboviroses.

Com intuito de ter maior cobertura de dados meteorológicos, o European Center for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) realiza uso de dados de diversos modelos atmosféricos, por meio de um sistema de assimilação de dados para coleta de informações com inúmeros radares meteorológicos e satélites (ECMWF, 2023; Couto *et*

al., 2015). O sistema ECMWF torna mais acessível a utilização dos dados provenientes dos sensores meteorológicos, aproveitando o banco de dados do centro de pesquisa JRC (Joint Research Centre) da Comissão Europeia (Moraes; Rocha; Lamparelli, 2014). O banco de dados do ECMWF inclui informações sobre chuva (mm), temperaturas do ar (°C), radiação solar (MJ.m⁻²) e evapotranspiração (mmm) por Penman-Monteith-FAO (Aparecido *et al.*, 2020).

O Centro de Previsões Meteorológico de Médio Prazo realiza reanálises atmosféricas e oceânicas desde 1979, com destaque as duas mais recente sendo: ERA 5 e ERA-Interim; demonstrando melhora ao compará-las (Hersbach *et al.*, 2018). A reanálise atmosférica da quinta geração ERA 5 veio para substituir a ERA-Interim, buscando suprir a carência de dados meteorológicos da superfície, apresentando assimilação de dados 4D-Var por meio do Ciclo 41r2 do Integrated Forecasting System (IFS), representando um ganho na qualidade de reanálise e nível de detalhes. Estes sistemas realizam coleta de informações meteorológicas por meio de estações espalhadas em todo o mundo. A resolução espacial do ERA-Interim apresenta 79 km e 60 níveis de pressão, enquanto o ERA 5 apresentou 31 km de espaçamento de grade e 137 níveis de pressão (Dias; Palmeira; Libonati, 2021).

3.6 Modelo de Interpolação IDW (Inverso do Quadrado da Distância)

Com o progresso das tecnologias de computação e o refinamento das técnicas de mapeamento digital, surgiram métodos de interpolação de dados que possibilitam uma representação espacial precisa e de alta qualidade. Essas técnicas são particularmente úteis e indispensáveis em regiões com poucos dados pluviométricos disponíveis ou com distribuição irregular dessas informações (Marcuzzo; Andrade; Melo, 2011). Apesar da variedade de métodos de interpolação disponíveis, não há consenso na literatura sobre a superioridade absoluta de um método sobre os outros. A seleção do método mais apropriado depende dos objetivos específicos do estudo e da sua adequação às necessidades específicas de cada situação (Ferreira Filho *et al.*, 2019). Entre os métodos de interpolação, destaca-se o IDW, que é uma técnica de geoestatística simples, mas com uma aplicabilidade importante.

O método IDW assume que pontos geograficamente mais próximos entre si são mais semelhantes do que pontos mais distantes. Portanto, ao prever um valor para uma

localização não medida, os valores dos pontos próximos têm maior peso e influência do que os valores dos pontos mais distantes. À medida que a distância entre os pontos aumenta, a influência diminui (Fuzzo, 2015).

Os mapas gerados pela interpolação IDW (Inverse Distance Weighting) apresentam características fortemente influenciadas pela proximidade entre os pontos utilizados na predição, desconsiderando, em muitos casos, a configuração espacial mais ampla do fenômeno em estudo. Essa limitação pode levar à formação de padrões fragmentados conhecidos como "ilhas" (Bivand; Pebesma; Gómez-Rubio, 2008). No entanto, o entendimento das particularidades do método IDW possibilita interpretar essas "ilhas" como reflexos da diversidade climática e da heterogeneidade ambiental, permitindo sua aplicação na elaboração de mapas temáticos de vegetação e biomas que destacam pequenas variações regionais.

Quando integrado a metodologias como a cartografia de síntese e a análise espacial detalhada, o IDW pode ser utilizado como uma ferramenta complementar para modelar fenômenos ambientais e sociais em áreas tropicais e subtropicais, como discutido anteriormente. A combinação de técnicas de interpolação e o tratamento gráfico cuidadoso viabilizam a representação das interações entre elementos naturais e sociais, promovendo uma visão abrangente e integradora, essencial para estudos que considerem a complexidade das dinâmicas territoriais e climáticas.

A relação entre os mapas gerados pela interpolação IDW e os casos de dengue está na capacidade dessa técnica de representar espacialmente variáveis ambientais e climáticas que influenciam diretamente a proliferação dos mosquitos vetores, como *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Esses mapas podem destacar áreas com condições favoráveis para a reprodução dos vetores, como temperaturas elevadas, alta umidade e presença de água acumulada, fatores que contribuem para o aumento da incidência de arboviroses, como a dengue.

A formação de "ilhas" nos mapas gerados pelo IDW, ao refletir pequenas variações regionais, pode revelar microclimas ou áreas específicas dentro de uma região maior onde os vetores encontram condições ideais para se desenvolverem. Esses padrões podem ser associados aos fatores socioambientais mencionados anteriormente, como densidade populacional, saneamento básico inadequado e urbanização desordenada, que favorecem o ciclo de vida do mosquito e ampliam a disseminação da doença.

Assim, ao integrar o método IDW com a análise de dados epidemiológicos e socioambientais, é possível identificar áreas de maior vulnerabilidade e propor intervenções direcionadas. Essa abordagem contribui para o planejamento de ações de controle do vetor e prevenção da doença, auxiliando gestores públicos na tomada de decisões informadas para reduzir a incidência de dengue e outros agravos relacionados.

Consequentemente, o método não considera a influência de outros fatores ou tendências de cálculo, o que pode evitar a camuflagem da diversidade climática (Domingos *et al.*, 2014). O uso do IDW pode ser caracterizado pela suavidade e exatidão que o método proporciona, do tipo global e fiel a amostragem, com fácil e ágil processamento, sem estimativa de valores maiores ou menores que os quantitativos amostrados.

3.7 Caracterização da área de estudo

De acordo com Silva (2012), a formação do espaço urbano de Frutal teve início no século XIX, sendo intimamente vinculada à atividade agrícola e pecuária. Esse processo de desenvolvimento também foi influenciado pela passagem dos Bandeirantes pela região, fato que contribuiu de maneira significativa para a evolução do município, tornando-o um centro logístico de grande importância no território brasileiro. Sua localização estratégica facilita o acesso a outros estados, o que torna Frutal um ponto central nas dinâmicas de transporte e comércio, impactando diretamente o arranjo geográfico da região. Essa característica é essencial, pois dinamiza a relação entre o espaço geográfico, o lugar, o território e a paisagem, evidenciando a complexidade do município e a relevância de sua análise sob várias categorias geográficas.

Conforme apontado por Souza e Reis (2020), em várias formações urbanas, a presença de recursos hídricos desempenhou um papel crucial na fixação humana, visto que esses recursos possibilitaram o desenvolvimento de atividades socioeconômicas. Córregos e ribeirões, por exemplo, foram analisados pelos primeiros habitantes, que perceberam a importância dessas fontes de água para organizar seus modos de produção. Além disso, a disponibilidade de água influenciou diretamente o surgimento de possibilidades industriais, comerciais e culturais na localidade, contribuindo para a subsistência e o crescimento do povoamento inicial.

Silva (2012) também destaca que a agroindústria sucroalcooleira, instalada em Frutal na primeira década do século XXI, foi um marco importante para o município. O

estabelecimento de empresas originárias de Ribeirão Preto, em São Paulo, como a usina de álcool e açúcar Frutal, teve um impacto direto na paisagem da cidade. A atividade sucroalcooleira promoveu a substituição gradual das pastagens por plantações destinadas à produção de açúcar e etanol, resultando em uma modificação no uso do solo e no próprio perfil socioeconômico da região.

A elaboração do Plano Diretor de Frutal remonta à década de 1950, quando foi instituída a Lei Municipal nº 369/1954, mas o desenvolvimento efetivo do plano só ocorreu em 2003, sendo implementado em 2006 por meio da Lei Complementar nº 054 (Silva, 2012). No entanto, segundo o autor, a falta de equipe qualificada e o baixo envolvimento da população comprometeram a eficácia do plano e do processo de planejamento urbano, o que resultou em uma implementação ineficiente das políticas públicas no município.

Nas últimas décadas, o crescimento urbano de Frutal foi impulsionado principalmente pela implantação de diversos loteamentos a partir da década de 1990, especialmente os de iniciativa privada. Esse fenômeno está diretamente relacionado ao fortalecimento das atividades agrícolas e à chegada de empresas de médio e grande porte, como a Cervejaria localizada na Rodovia BR 364, no km 26,6. Esse processo de crescimento imobiliário foi acompanhado pela consolidação do Ensino Superior na cidade, o que contribuiu para um desenvolvimento ainda mais acentuado da infraestrutura urbana e das atividades econômicas locais.

Esse período foi marcado por uma reorganização socioespacial, resultado, em grande parte, da especulação imobiliária em Frutal, que atendeu às demandas da classe média. A proximidade ao centro da cidade tornou-se um fator determinante na escolha dos locais de ocupação, em contraste com as áreas mais periféricas, ocupadas por classes de renda mais baixa. Assim, emergiu uma nova configuração urbana, na qual setores residenciais foram sendo estruturados com acesso facilitado ao centro da cidade, favorecendo a ocupação comercial gradual e a expansão das atividades de comércio e serviços, à medida que o município se transformava em um polo econômico e social.

Castells (1983) discute a importância de compreender a estruturação do espaço urbano, enfatizando que sua organização ou reorganização ocorre em consonância com os embates e interesses que se estabelecem ao longo do tempo. Essa reflexão é fundamental para entender como as dinâmicas urbanas e as relações de poder influenciam o desenvolvimento do espaço geográfico.

Segundo Martins *et al.* (2022), “em áreas urbanizadas, o escoamento superficial e as redes de drenagem são os principais responsáveis pela incorporação de material alóctone aos sistemas hídricos, transportando cargas poluidoras de diversas origens [...].” A partir dessa afirmação, é possível compreender que fatores como a densidade demográfica de um município e a precipitação influenciam diretamente a dinâmica da drenagem urbana. Carrillo *et al.* (2022) abordam a vulnerabilidade dos recursos hídricos às ameaças causadas por drenagens inadequadas e intervenções humanas, destacando que o “metabolismo urbano” sofre impactos significativos devido a essas ações.

Tieppo (2016) destaca uma das principais características dos corpos d’água em áreas urbanas, que é a ausência de cobertura florestal ciliar, frequentemente em desacordo com a proteção legal exigida pelas Áreas de Preservação Permanente. Em muitos casos, como no do córrego Vertente Grande, as margens dos cursos d’água são utilizadas para a construção de avenidas e outros empreendimentos, muitas vezes ocupando áreas de leito maior sazonal. O autor explica que, em malha urbana, o córrego se torna um transtorno urbanístico, sendo muitas vezes canalizado ou transposto para liberar mais espaço para o parcelamento do solo. Esse processo, aliado à impermeabilização das áreas circundantes e à urbanização sem preocupação ambiental, resulta em mudanças significativas no curso d’água, afetando a vazão, a qualidade da água, o nível do lençol freático e, consequentemente, os regimes de inundações.

As características urbanas, portanto, desempenham um papel crucial na análise de alagamentos e inundações, influenciando diretamente a magnitude e a frequência desses eventos. Compreender essas características é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão de riscos e planejamento urbano sustentável, que considerem os impactos ambientais e a necessidade de adaptação às condições climáticas e geográficas locais.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Desenho do Estudo

O presente estudo foi conduzido na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Unidade Frutal, em colaboração com o setor de Vigilância Epidemiológica da Secretaria da Saúde do município de Frutal. Os dados utilizados na pesquisa eram de acesso aberto e estavam parcialmente disponíveis em um software específico, além de serem complementados por relatórios manuais.

Trata-se de uma pesquisa de caráter quantitativo-descritivo, fundamentada na documentação direta, conforme definido por Marconi e Lakatos (2017). Esse tipo de pesquisa baseou-se, em geral, no levantamento de dados no próprio local onde os fenômenos ocorreram, sendo classificada como pesquisa de campo. A pesquisa de campo teve como objetivo principal o levantamento de informações e conhecimentos sobre a problemática, por meio da observação de fatos e fenômenos, o que possibilitou a análise detalhada do contexto em questão.

Para as análises espaciais, foram utilizadas as bases metodológicas propostas por Ferreira (2006) em seu trabalho intitulado "Procedimento Metodológico para Modelagem Cartográfica e Análise Regional de Epidemias de Dengue em Sistema de Informação Geográfica". A tese de livre-docência de Ferreira sugeriu uma abordagem que integrou o espaço e o tempo, combinando cartografia temática com análise espacial, essencial para entender as dinâmicas de propagação das epidemias.

Esta pesquisa seguiu a premissa de que a análise espacial de doenças deveria ser realizada a partir da integração de seis categorias: levantamento dos casos notificados, mapeamento exploratório dos casos, localização das áreas mais afetadas, espacialização das áreas mais afetadas, correlação simples entre os dados climáticos e o número de casos, sendo considerado para este estudo o período de 2019 a 2023.

Dado que se tratou de um estudo com dados secundários e sem prejuízo a terceiros, não foi necessário submeter este projeto à apreciação e autorização do Comitê de Ética da Universidade do Estado de Minas Gerais.

4.2 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada no município de Frutal (Figura 5), interior de Minas Gerais, próximo à divisa do estado de São Paulo, situada na região sudeste brasileira. Está

localizada na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Compreende uma área territorial de 2.426,965 km², com população de 58.588 habitantes e densidade demográfica de 24,14 habitantes km² (IBGE, 2023). A localização geográfica, por meio das coordenadas, são: latitude 20°01`29`` sul (S) e longitude 48°56`26`` oeste (W). A cidade de Frutal é um dos 853 municípios do estado de Minas Gerais, com 86,2% da população residente em área urbana, enquanto 13,8% estão localizados em área rural (IBGE, 2023).

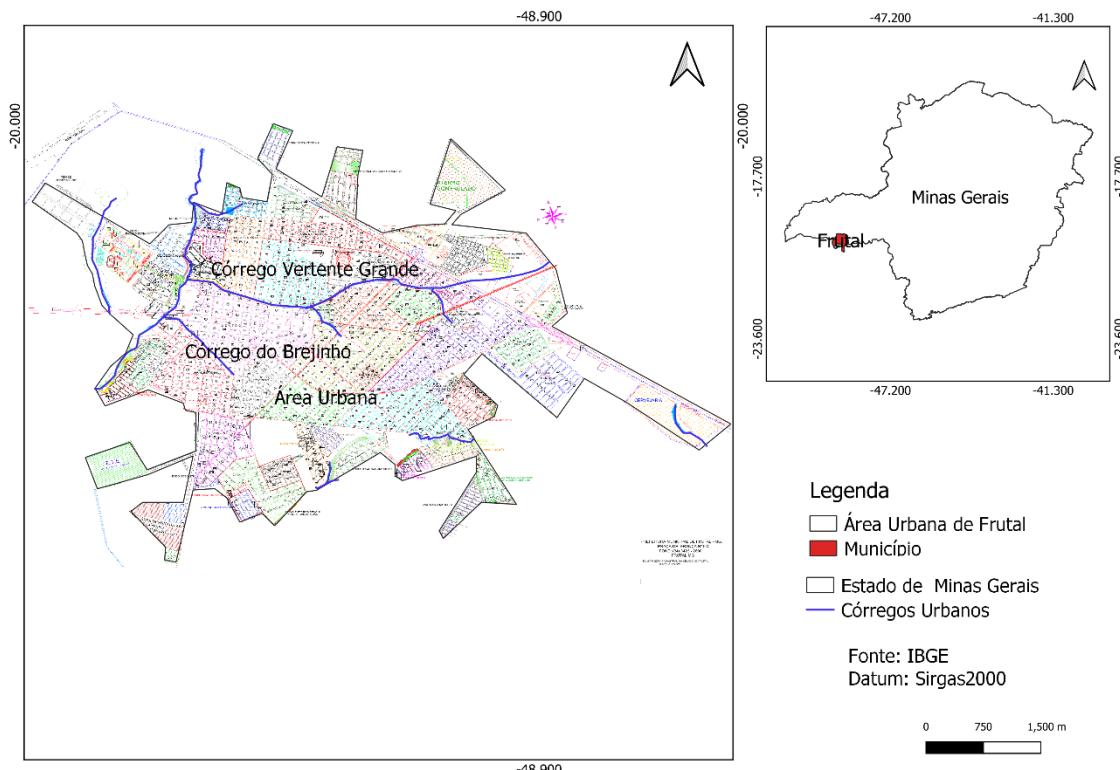


Figura 5 – Mapa de localização do município de Frutal-MG.
Fonte: Autores (2024).

O município de Frutal, de acordo com as características físicas geográficas, apresenta um relevo variado, com ondulações, chapadas residuais e morros testemunhos. Está assentado sobre a Bacia Sedimentar do Paraná, formada por atividades vulcânicas e oceânicas que se estenderam parcialmente pelo território. Segundo Silva e Pinheiro (2014), essa bacia pertence ao Grupo Bauru e apresenta a formação do Vale do Rio do Peixe, caracterizada por um relevo de colinas amplas e suaves, com topos convexos a planos, limitados por cortes erosivos. A camada superficial é composta por brecha monomítica com seixos de basalto, envoltos por uma matriz arenoso-argilosa, e cobertos por rochas areníticas com estratificações cruzadas, formadas por arenitos eólicos. Além

disso, o município também pertence ao Grupo São Bento, com a formação Serra Geral, que apresenta relevo de afloramento em leitos de drenagem, na forma de lajedos nas porções mais baixas. Essa formação é composta principalmente por basalto afanítico de granulação fina.

Quanto ao clima, Frutal apresenta características de um clima tropical sazonal, conforme descrito por Reboita *et al.* (2015). Essa classificação climática é marcada por períodos de seca e chuvas concentradas, influenciando diretamente o padrão de uso e ocupação do solo na região. O sistema de drenagem urbana de Frutal está contido na bacia do Ribeirão Frutal, que abrange os córregos Vertente Grande, Brejinho e Ribeirão Frutal (Figura 6). A configuração geográfica e climática do município, aliada ao seu sistema de drenagem, tem implicações diretas no planejamento urbano e na gestão dos recursos naturais, influenciando o desenvolvimento e a expansão do município.

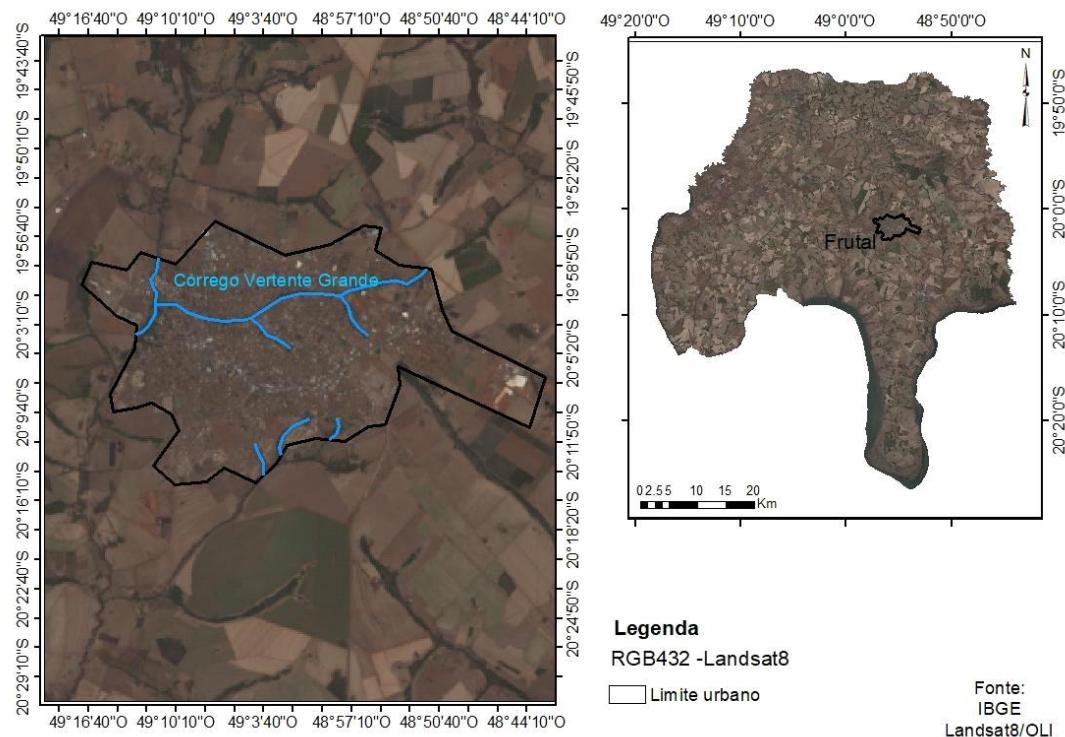


Figura 6 – Perímetro urbano de Frutal e principais corpos hídricos urbanos.
Fonte: Autores (2024).

4.3 Obtenção e Coleta dos Dados

Os dados amostrais foram obtidos e adaptados de acordo com as informações disponíveis na Secretaria de Vigilância Epidemiológica do município de Frutal, por intermédio do setor de Vigilância Sanitária. Assim, foram obtidas as notificações das arboviroses por bairro (dengue, chikungunya e zika), disponíveis na plataforma

governamental, SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação), referente às 52 semanas epidemiológicas analisadas durante o ano. O sistema é alimentado pelas doenças que são de caráter de notificação compulsória.

A base cartográfica foi obtida em formatos vetoriais (shapefile poligonal), escolhidos considerando a escala de análise, sendo eles: limites dos estados brasileiros, limites dos municípios de Minas Gerais, e foi utilizado sistema de referência locacional ortogonal, baseado no sistema SIRGAS 2000 e sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM-22), disponibilizados na base de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Para melhor detalhamento e espacialização das informações foi obtido junto ao setor de engenharia municipal, a base cartográfica contendo os bairros do município para a confecção do mapa temático com as ocorrências das arboviroses por bairro, passando pelo processo de georreferenciamento para cruzamento com as informações de arboviroses e juntamente ao limite vetorial municipal obtido gratuitamente no site do IBGE.

Posteriormente foram obtidos os dados climatológicos de precipitação e temperatura do ar, obtido do modelo global ECMWF – ERA5, para o mesmo período analisado.

4.4 Análise dos dados

A partir dos dados coletados nas Secretarias, foram gerados gráficos de distribuição das arboviroses e mapas de espacialização do número de casos de dengue, zika e chikungunya, durante os meses dos respectivos anos. Esses dados foram tabulados e organizados utilizando o Microsoft Office Excel®.

Foi realizado o levantamento do número de casos de arboviroses por bairro, aonde foram georreferenciados por meio da localização, usando-se o Sistema de Informações Geográficas (SIG), para elaboração dos mapas temáticos por meio do software QGIS 3.16. Os mapas foram utilizados tanto para representar a taxa média das arboviroses entre os anos analisados, como a espacialização da doença entre os bairros, quanto às condições de saneamento do município em estudo.

A partir dos mapas, que representam as ocorrências das arboviroses agrupadas por bairro, foi possível gerar um modelo de interpolação para melhor visualização da concentração de casos, necessário para o cruzamento com os dados de saneamento.

Os dados foram armazenados em planilha eletrônica por meio do software Excel®. Após a coleta dos dados, eles foram apresentados de acordo com a análise estatística descritiva.

Para interpolação dos dados obtidos foi utilizado o modelo IDW que se baseia na dependência espacial, isto é, supõem que quanto mais próximo estiver um indivíduo do outro, maior será a correlação desse indivíduo com seus vizinhos. Dessa forma atribui maior peso para os indivíduos mais próximos do que para os mais distantes do ponto a ser interpolado. O IDW, é um modelo determinístico, por sua vez estima medidas desconhecidas por meio de médias ponderadas das medidas conhecidas de pontos próximos, dando maior peso aos pontos próximos. O modelo consiste em multiplicar os valores observados pelo inverso das suas respectivas distâncias ao ponto, foram realizados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do software QGIS3.16.

Os dados de precipitação foram interpolados utilizando o modelo de Interpolação por Distância Inversa (IDW), que se baseia na dependência espacial entre os pontos. Esse modelo consiste em atribuir aos valores observados um peso inversamente proporcional à distância entre os pontos de amostragem e os pontos de predição. A interpolação foi realizada em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS 3.16.

O desenvolvimento deste trabalho seguiu as bases metodológicas apresentadas por Ferreira (2006), que estão em conformidade com as abordagens analíticas propostas por Cliff e Hagget (1979). Estes autores definem os fundamentos da cartografia e das técnicas de análise espacial aplicadas a dados de saúde, integrando métodos cartográficos para visualização de dados e técnicas de análise espacial. Essa abordagem é essencial para a compreensão da distribuição espacial dos fenômenos estudados, permitindo a interpretação detalhada dos dados.

A Cartografia de Síntese desempenha um papel central neste estudo, pois, por meio do inventário cartográfico, ela é capaz de organizar, classificar, dividir e integrar diferentes temas em um dado espaço. Como afirmado por Zacharias e Venturini (2021), o mapa não é apenas uma representação espacial da informação, mas um processo de construção de conhecimento. Esse processo define, por meio de uma linguagem gráfica e visual, as unidades do ambiente na paisagem, permitindo uma compreensão mais clara das interações espaciais e dos padrões presentes.

Para a análise estatística, foi realizada uma correlação simples de Pearson, que avalia a relação entre duas variáveis. Essa técnica busca identificar como as mudanças em uma variável estão associadas às mudanças em outra. O valor da correlação pode variar de -1 a 1, onde -1 indica uma correlação negativa perfeita, 0 indica ausência de correlação e 1 indica uma correlação positiva perfeita, ou seja, à medida que uma variável aumenta, a outra também aumenta de forma consistente. Os softwares utilizados para a análise estatística, espacial e a geração dos gráficos e estatísticas descritivas dos dados foram o Microsoft Excel, e o QGIS v. 3.16, utilizado para elaborar mapas temáticos e realizar análises espaciais.

O Mapa do Cenário das Áreas de Risco por Inundação foi elaborado considerando o aumento do volume de água no rio até o seu leito maior. Como se trata de uma área urbana, esse leito maior frequentemente é ocupado pela urbanização, o que contribui para a impermeabilização do solo e, consequentemente, para o aumento do risco hidrológico por inundação. A elaboração do mapa levou em consideração a altimetria das curvas de nível, a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT), gerado para o mapa hipsométrico. Foram analisadas as variações altimétricas da área urbana de Frutal, a fim de identificar os cenários de risco de inundação.

Para classificar as áreas de risco, cinco categorias foram consideradas, baseadas nas propostas de Alves (2006) e Guerra (2016). A classificação do risco foi determinada pela largura da faixa do eixo de drenagem, de acordo com os seguintes critérios: risco muito baixo (largura de 3 metros), risco baixo (5 metros), risco médio (8 metros), risco alto (12 metros) e risco muito alto (17 metros ou superior). Esta classificação está ilustrada na Tabela 2, considerando possíveis áreas de riscos hidrológicos.

Tabela 2 – Considerações adotadas para o cenário de riscos hidrológicos.

Altimetria das curvas de nível	Largura do cenário de inundação	Níveis de risco
385-388	3 metros	Muito baixo
389-394	5 metros	Baixo
395-403	8 metros	Médio
404-416	12 metros	Alto
417-428	17 metros	Muito alto

Fonte: Guerra (2017).

Essas análises e classificações são essenciais para o planejamento urbano e a implementação de medidas de mitigação de riscos, especialmente em uma região com características hidrológicas tão específicas e desafios urbanos evidentes.

A classificação foi realizada utilizando o comando Buffer e Reclass do QGIS 3.16. A partir dos dados do MDT adicionado na ferramenta de reclassificação foram elaborados os cenários de acordo com a altimetria do modelo digital da área urbana do município. A Figura 7, apresenta as etapas detalhadas de acordo com o fluxograma geral.

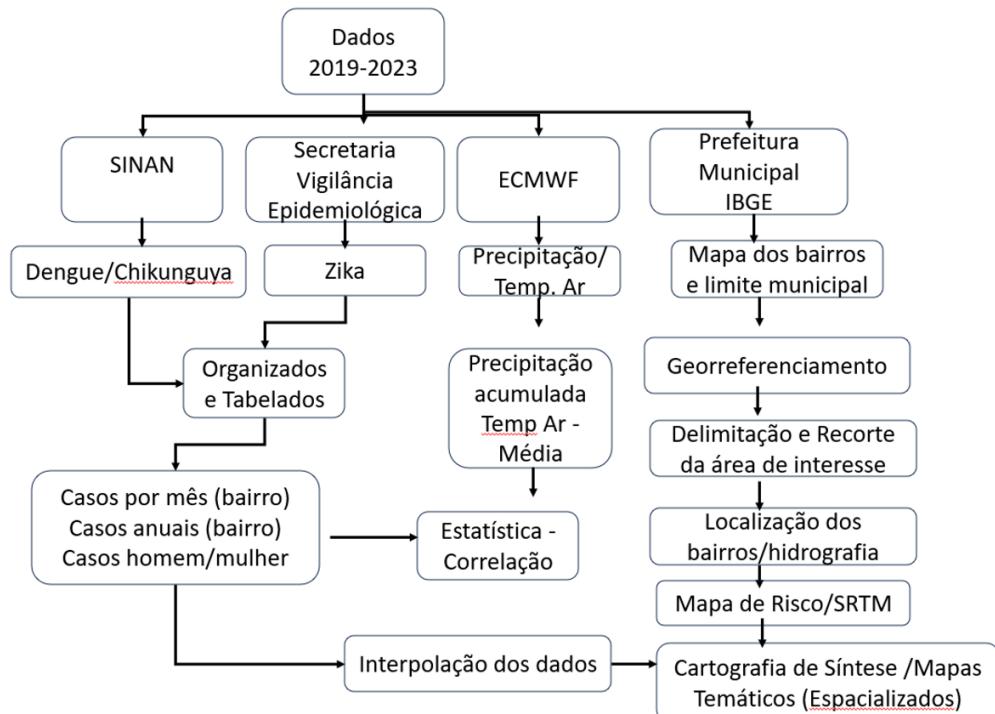


Figura 7 – Fluxograma geral das atividades desenvolvidas. *ECMWF - European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.

Fonte: Autores (2024).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As epidemias de dengue e outras arboviroses no Triângulo Mineiro, uma região situada no estado de Minas Gerais, estão intimamente relacionadas a uma combinação de fatores ambientais, urbanos e sociais. A região possui condições climáticas ideais para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, vetor responsável pela transmissão de doenças como dengue, zika, chikungunya e febre amarela. A presença de altas temperaturas e chuvas frequentes (principalmente na primavera e verão) favorece a reprodução do mosquito, que se desenvolve em focos de água parada, comuns em áreas urbanas.

Ademais, o crescimento desordenado das cidades, frequentemente associado à falta de saneamento básico, à ausência de limpeza e recuperação de áreas de preservação permanente e ao acúmulo de lixo e entulho, cria um ambiente propício para o aumento da população do vetor. A mobilidade urbana também desempenha um papel significativo na disseminação dos vírus. A interação entre pessoas de diferentes regiões, especialmente durante eventos de grande circulação, como festas e festividades, facilita a propagação dos agentes patogênicos.

Outro fator importante que deve ser considerado é a sazonalidade das epidemias, que costumam ser mais intensas nos meses quentes e chuvosos, entre dezembro e abril, conforme ilustrado na Figura 8. Esse padrão está diretamente relacionado com as condições climáticas favoráveis ao ciclo de vida do mosquito, que se acelera durante esses períodos. A Figura 8 reforça essa tendência, ao mostrar que os meses de outubro a abril correspondem ao período chuvoso, com picos de precipitação que coincidem com as temperaturas médias acima de 25°C, propícias para a reprodução do *Aedes aegypti*.

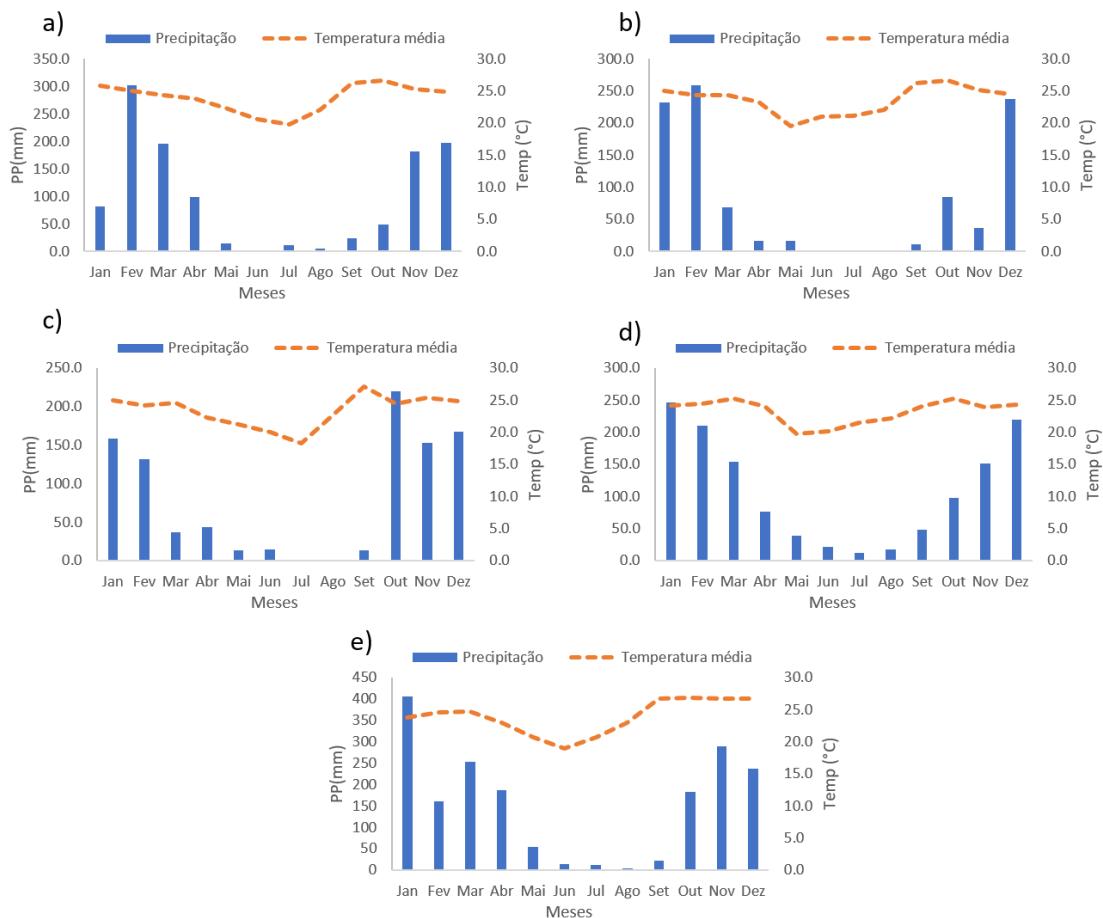


Figura 8 – Climogramas para o município de Frutal para os anos de: a) 2019, b) 2020, c) 2021, d) 2022 e e) 2023, precipitação pluviométrica (pp) e temperatura do ar (temp).

Fonte: Autores (2024).

Além dos fatores climáticos, a falta de infraestrutura adequada para o controle do vetor, como sistemas eficientes de drenagem e coleta de resíduos, e a baixa conscientização da população sobre as medidas preventivas, agravam ainda mais a situação. Sem ações eficazes de controle, como a eliminação de focos de mosquitos e a conscientização da população, a região continuará a enfrentar surtos recorrentes de dengue e outras arboviroses. Portanto, a combinação de fatores climáticos, urbanísticos e sociais exige uma abordagem integrada para mitigar os impactos dessas doenças e reduzir a frequência e intensidade das epidemias na região.

Diante do contexto apresentado, é fundamental que as autoridades de saúde, a população e outros setores da sociedade atuem de maneira integrada no combate às arboviroses no Triângulo Mineiro. A implementação de ações coordenadas, como o controle do vetor, campanhas de educação em saúde, melhorias na infraestrutura urbana

e vigilância epidemiológica, é essencial para reduzir a proliferação de doenças como a dengue, zika e chikungunya.

5.1 Dengue

A transmissão viral realizada pelo *Aedes aegypti* pode ser influenciada por uma combinação de fatores externos, como a urbanização acelerada, mudanças climáticas e temperatura, e fatores internos, como a imunidade da população, características genéticas e a expectativa de vida. A temperatura, em particular, desempenha um papel crucial na dinâmica da transmissão, uma vez que os insetos vetores são altamente sensíveis às variações térmicas (Rezende, 2021). Samuel; Adelman e Myles (2021) ressaltam que, embora diversas variáveis influenciem a capacidade dos vetores de adquirir e transmitir patógenos, somente os vírus que conseguem superar as barreiras de replicação e propagação no organismo dos insetos serão efetivamente transmitidos aos seres humanos.

A relação entre o período chuvoso e o aumento dos casos de dengue foi claramente observada na análise dos dados. A Figura 9 mostra que, após o início das chuvas, observa-se um intervalo de aproximadamente três meses até o aumento substancial dos casos de dengue. Por exemplo, em 2019, as chuvas começaram em novembro, e os picos de casos de dengue ocorreram entre fevereiro e abril. Esse padrão foi repetido nos anos de 2022 e 2023, quando as chuvas também iniciaram entre outubro e novembro, e os maiores registros de contaminação ocorreram no mês de abril.

Esses dados reforçam a relação entre o acúmulo de água em recipientes, o empoçamento de água em áreas inundadas e as condições climáticas favoráveis, como a temperatura, que favorecem o ciclo de vida do *Aedes aegypti*. A permanência das pupas ou larvas do mosquito nesses ambientes depende da disponibilidade de água parada e da temperatura adequada para o desenvolvimento. Xiang *et al.* (2017), ao investigarem a associação entre a incidência de dengue e variáveis meteorológicas em Guangzhou, China e Tshelen *et al.* (2020), que analisaram os padrões espaciais e temporais da incidência de dengue em Queensland, Austrália, também destacaram o papel crucial de áreas alagadas e de drenagem inadequada na propagação do vetor da dengue. Esses estudos corroboram a importância de estratégias de prevenção que considerem tanto as condições climáticas quanto a gestão de resíduos e a infraestrutura urbana para controlar o vetor e reduzir os surtos de arboviroses.

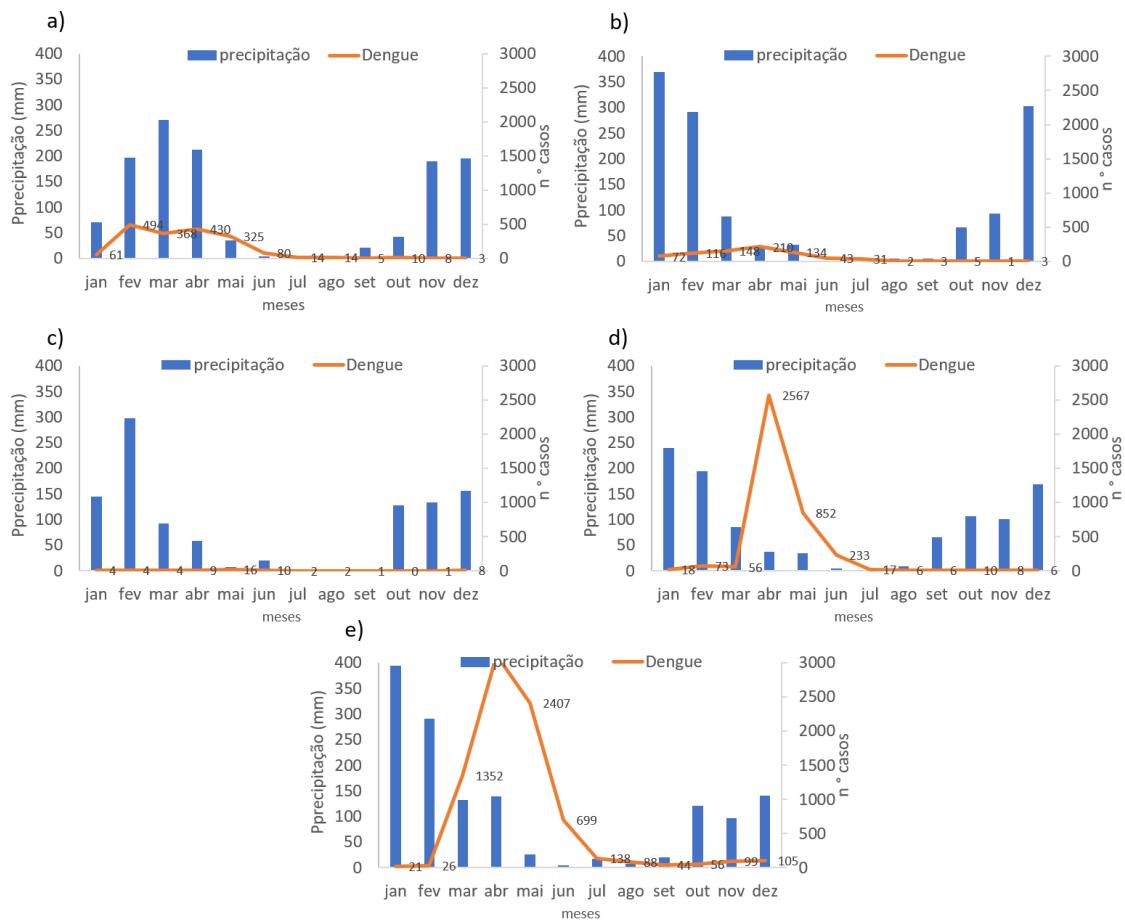


Figura 9 – Apresentação dos números de casos de dengue mensal e precipitação (mm), nos anos de a) 2019, b) 2020, c) 2021, d) 2022 e e) 2023.

Fonte: Autores (2024).

Portanto, a relação entre precipitação, temperatura e incidência de dengue reforça a necessidade de um controle eficiente da água acumulada e de práticas urbanísticas mais sustentáveis para prevenir a proliferação do mosquito. Além disso, destaca-se a importância de ações educativas que envolvam a população, visando à eliminação de criadouros e à conscientização sobre os impactos das condições ambientais na saúde pública.

Os anos de maior incidência de casos de dengue foram 2022 e 2023, com 2.567 e 3.115 registros, respectivamente. Estudos como o de Oliveira, Rodovalho e Oliveira (2024) destacam o aumento significativo dos casos de dengue em Uberlândia, MG, em 2022, em comparação com os menores números registrados em 2021. Os autores enfatizam que fatores sociodemográficos, como a vulnerabilidade de mulheres, populações de baixa renda e pessoas negras ou pardas, contribuem para a maior exposição desses grupos aos riscos associados às arboviroses.

A distribuição dos casos de dengue no município de Frutal, conforme ilustrado na Figura 9, revela uma prevalência acentuada nos anos de 2022 e 2023, superando os números de 2019 no mesmo período. No entanto, em 2021, observa-se uma redução nos casos de dengue, que pode ser atribuída à mobilização das equipes estaduais de vigilância epidemiológica em resposta à pandemia de COVID-19. Este evento, por sua vez, pode ter levado à subnotificação dos casos de arboviroses, além de um comportamento de evasão por parte da população, que evitou procurar atendimento médico devido ao temor da contaminação por coronavírus (Ministério da Saúde, 2023).

A análise da correlação entre os dados de precipitação e os casos de dengue entre 2019 e 2023, apresentada na Figura 10, revela uma correlação positiva de 0,73. Isso sugere uma relação direta entre o aumento da precipitação e o aumento dos casos de dengue. O valor de R^2 igual a 0,52 reflete a explicação parcial dessa correlação, com destaque para os baixos números de casos observados nos anos de 2020 e 2021, quando a pandemia de COVID-19 afetou significativamente a notificação de doenças. Esse padrão foi observado por Ferreira (2017), que, ao calcular o coeficiente de correlação de Pearson, conseguiu associar as variáveis climáticas e sociais à ocorrência dessas doenças em diferentes municípios. Embora não tenha sido detectada uma influência significativa da temperatura média mensal, a pesquisa identificou uma correlação positiva, embora fraca, entre a precipitação e os casos de zika em São Nicolau (RS), e uma correlação forte entre a precipitação e os casos de dengue em São Luiz Gonzaga (RS).

Esses dados sugerem que a precipitação tem um papel crucial na dinâmica de disseminação da dengue, destacando a importância de estratégias de controle que considerem os fatores climáticos e as vulnerabilidades sociais na mitigação dos surtos de arboviroses.

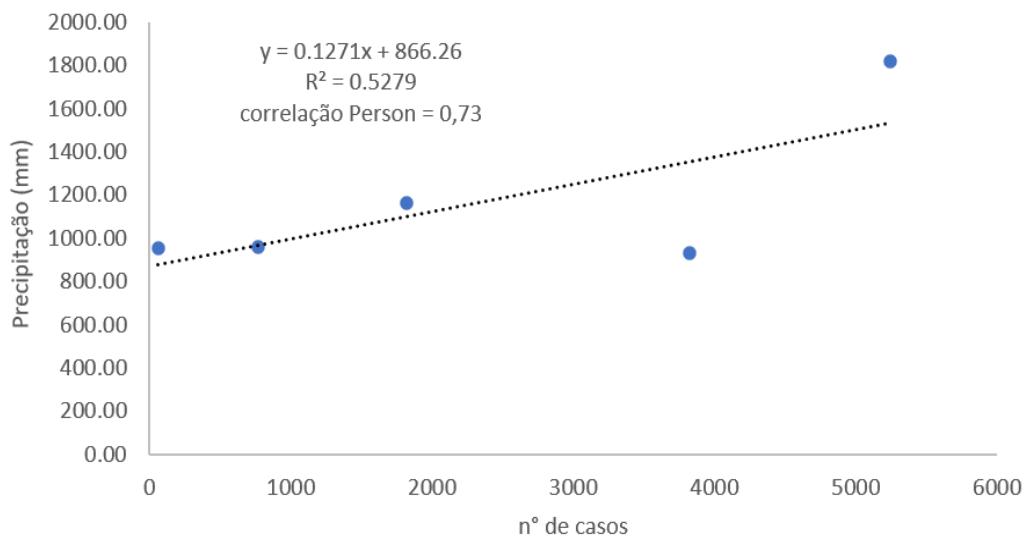


Figura 10 – Correlação da média anual entre os números de casos de dengue e precipitação (mm), dos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.

Fonte: Autores (2024).

Outro fator marcante foram as relações de casos entre homens e mulheres, de acordo com a Figura 11 e Figura 12, que indicam o número de casos de mulheres contaminadas acima do número de homens. Esses dados corroboram trabalhos de Ribeiro *et al.*, (2006), enfatizando que o sexo feminino foi o mais acometido e ambos os sexos nas faixas etárias entre 20 e 29 e 30 e 39 anos. Não foi observada correlação entre variáveis climatológicas e número de casos do mesmo mês, entretanto, esta associação ocorre a partir do segundo mês estendendo-se até o quarto mês.

Segundo Vasconcelos *et al.* (1993), observou que a infecção foi maior entre as mulheres (33,9%) do que nos homens (23,8%), essa maior prevalência talvez seja devida ao fato que, em geral, as mulheres permaneçam mais tempo em suas residências, uma vez que a transmissão se faz principalmente nos domicílios.

Em todos os anos analisados, observa-se uma prevalência maior de casos de dengue entre as mulheres em comparação aos homens. Essa diferença pode ser explicada por diversos fatores. Primeiramente, é sabido que as mulheres, independentemente da intensidade da dor ou do desconforto, tendem a procurar os serviços de saúde com maior frequência do que os homens. Estes, por sua vez, frequentemente só buscam atendimento médico quando a dor ou o incômodo se tornam mais intensos, o que pode resultar em uma subnotificação dos casos masculinos.

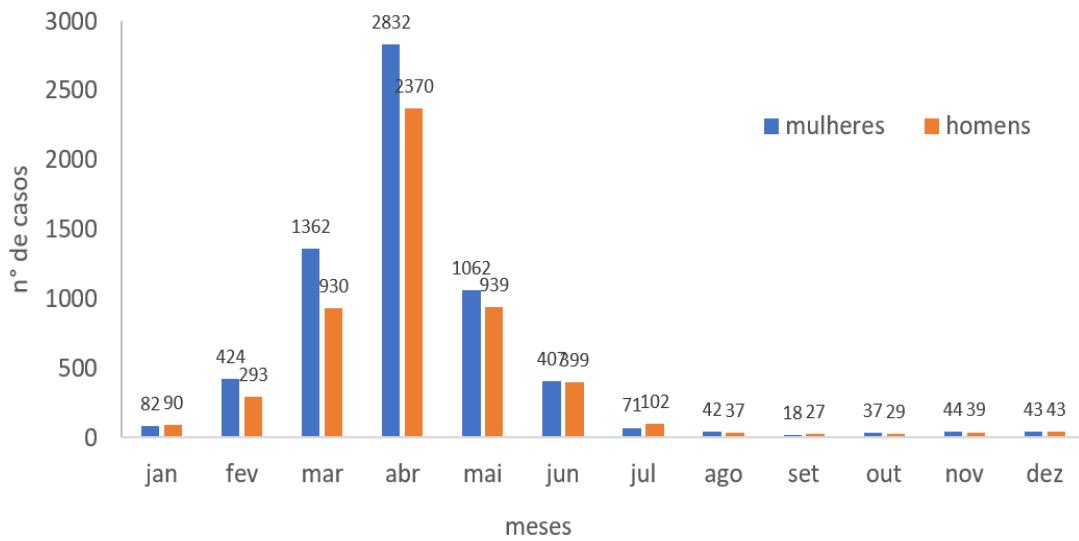


Figura 11 – Números total de casos de dengue mensais em homens e mulheres, dos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023 em Frutal - MG.

Fonte: Autores (2024).

Outro fator relevante para essa disparidade de gênero nos casos de dengue é a influência das políticas públicas de saúde. O Ministério da Saúde (2019) aponta que, nos últimos anos, políticas de saúde específicas para as mulheres resultaram em uma maior adesão ao sistema de saúde por parte delas, em detrimento dos homens. Essa maior procura pelos serviços pode ser atribuída não só a um maior acesso e incentivo ao uso de serviços de saúde, mas também a uma cultura enraizada de cuidado com a saúde, que promove a busca ativa por atendimentos médicos.

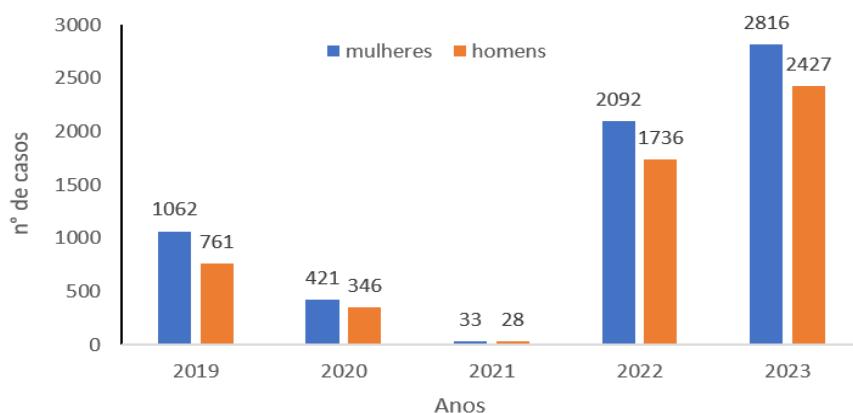


Figura 12 – Apresentação dos números de casos de dengue anual em homens e mulheres, nos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023 em Frutal - MG.

Fonte: Autores (2024).

Em contrapartida, as políticas de saúde voltadas para os homens são, em geral, menos abrangentes e incentivam um comportamento de negligência ou adiamento na busca por cuidados médicos. Dessa forma, além dos fatores biológicos e comportamentais, as disparidades de gênero nas taxas de incidência de dengue também refletem a organização e a acessibilidade do sistema de saúde, que pode beneficiar mais as mulheres devido às políticas públicas voltadas para elas. A Figura 12 evidencia os casos entre homens e mulheres para os anos de 2029 a 2023.

Considerando todo o período analisado, entre os anos de 2019 e 2023, foi possível realizar a espacialização dos casos de dengue entre os bairros do município de Frutal (Figura 13, 14, 15, 16 e 17 respectivamente). A análise da distribuição espacial dos casos é essencial para entender a dinâmica de transmissão da doença e para a formulação de estratégias de controle mais eficazes. Segundo Skalinski, Costa e Teixeira (2019), a análise espacial é uma ferramenta poderosa para o estudo das dinâmicas de transmissão da dengue, pois permite identificar áreas de maior risco, períodos críticos e os fatores sociais e ambientais que contribuem para a propagação da doença. A utilização de técnicas de geoprocessamento facilita a criação de mapas temáticos detalhados, que não apenas localizam os surtos, mas também oferecem *insights* sobre as condições que favorecem a proliferação do vetor *Aedes aegypti*. Essa abordagem permite, portanto, uma compreensão mais precisa sobre as áreas de maior vulnerabilidade e os fatores que impulsionam a incidência de casos, aprimorando as ações de prevenção e controle da doença.

A coleção de mapas apresentados (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17) ilustra a taxa de incidência de dengue no município de Frutal, entre os anos de 2019 e 2023. Ao analisar a distribuição dos casos ao longo desse período, observa-se uma variabilidade considerável de um ano para o outro, com destaque para os bairros de Princesa Isabel e Nossa Senhora Aparecida, que apresentaram as maiores taxas de incidência. Essa observação corrobora a afirmação de Silva (2018), que destaca a transformação do espaço habitado ao longo do tempo, o que, por sua vez, altera as condições de risco para a saúde e a vulnerabilidade de diferentes grupos populacionais.

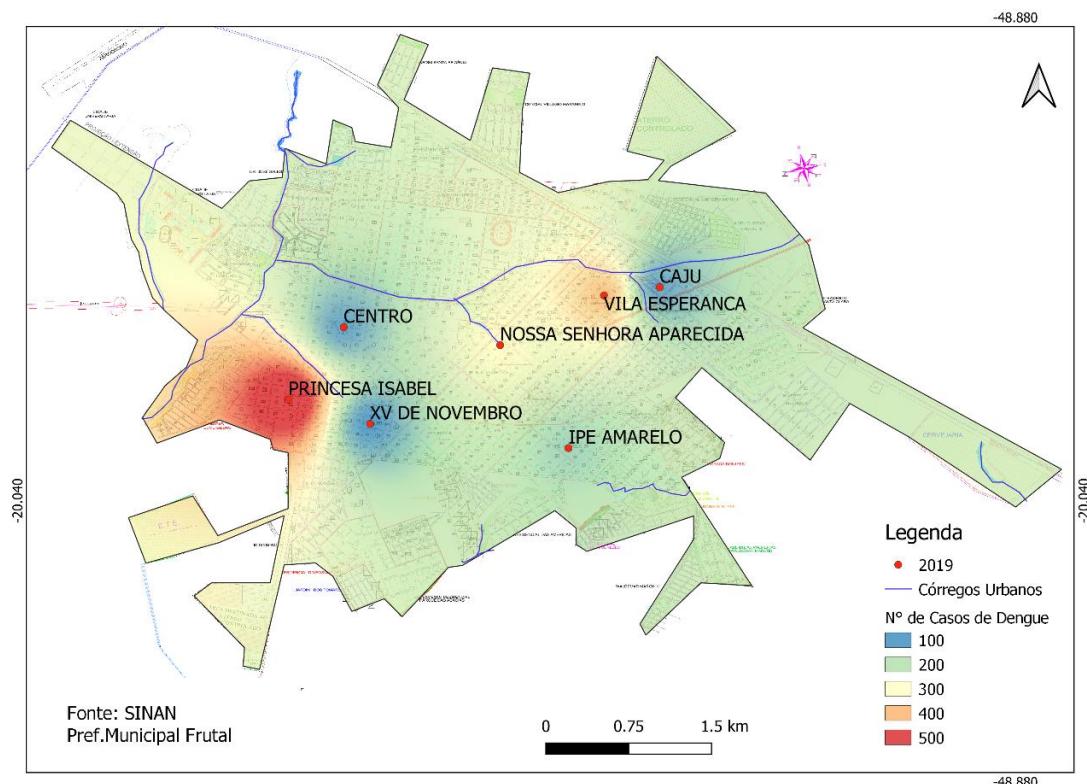


Figura 13 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2019.

Fonte: Autores (2024).

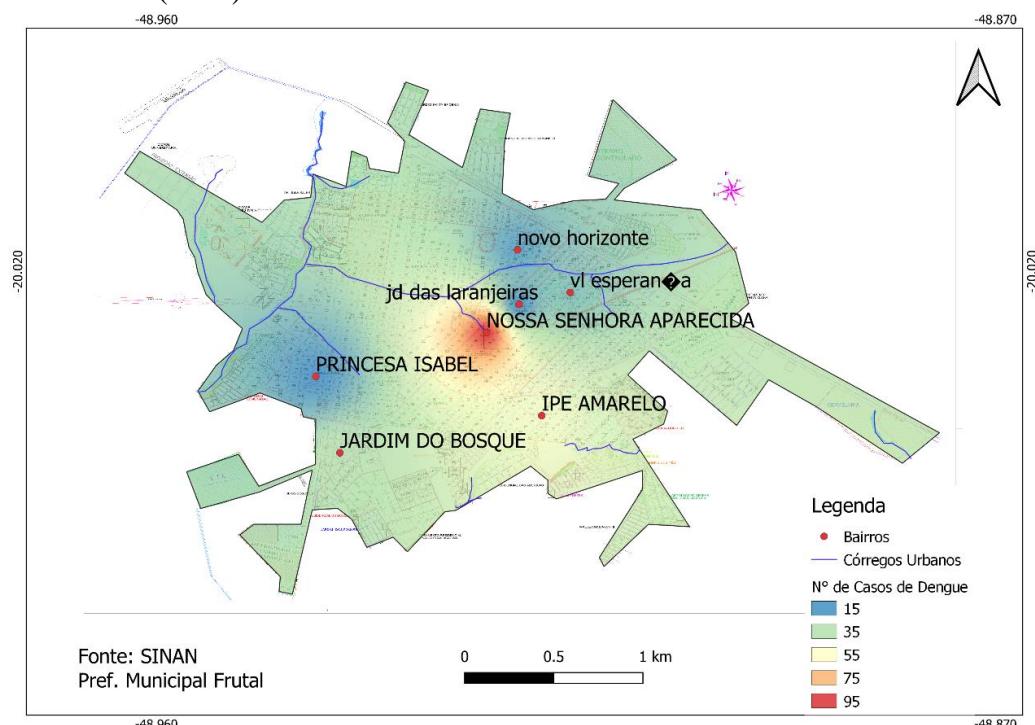


Figura 14 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2020.

Fonte: Autores (2024).

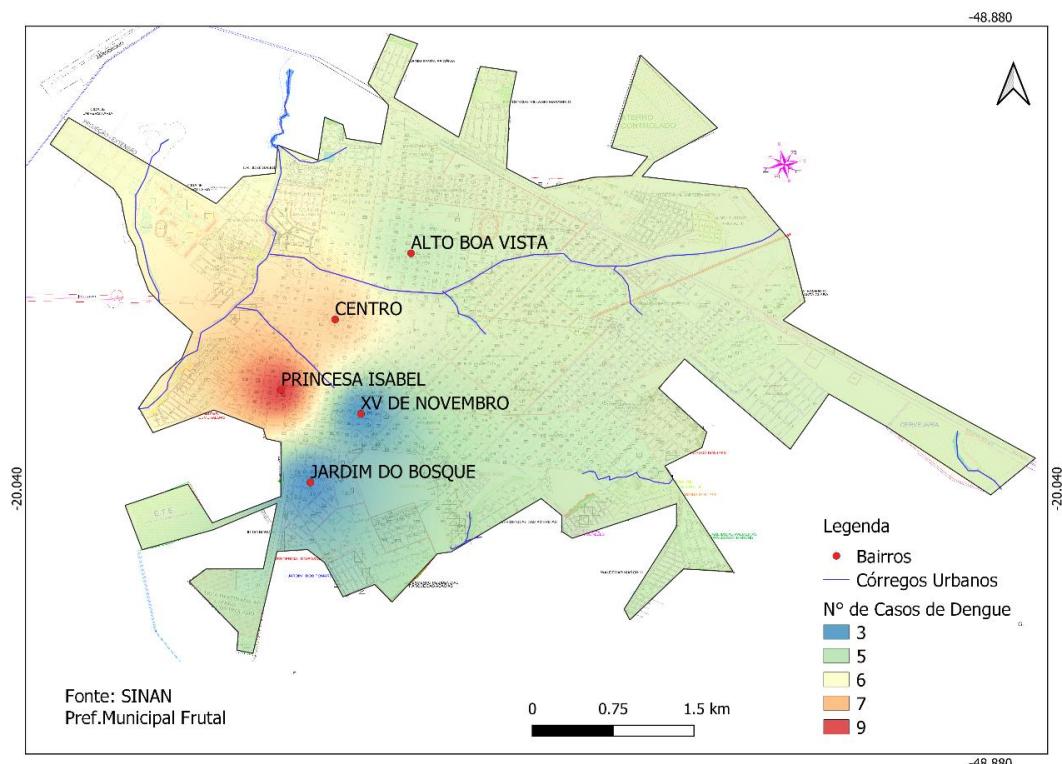


Figura 15 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2021.

Fonte: Autores (2024).

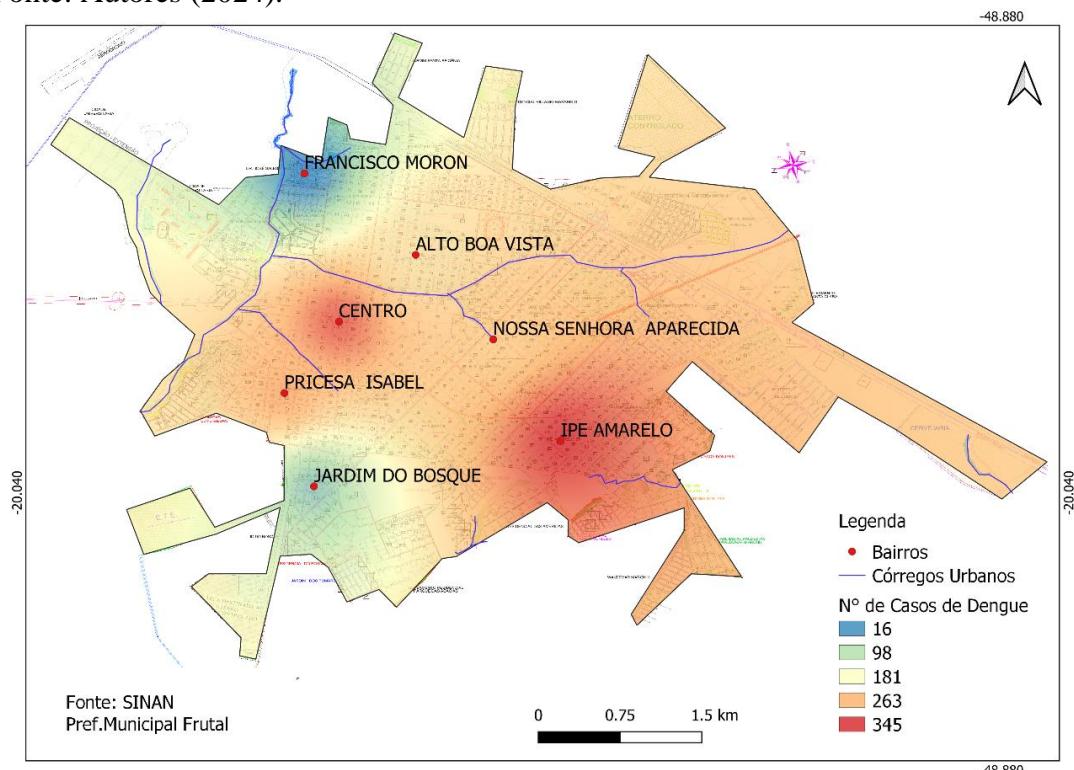


Figura 16 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2022.

Fonte: Autores (2024).

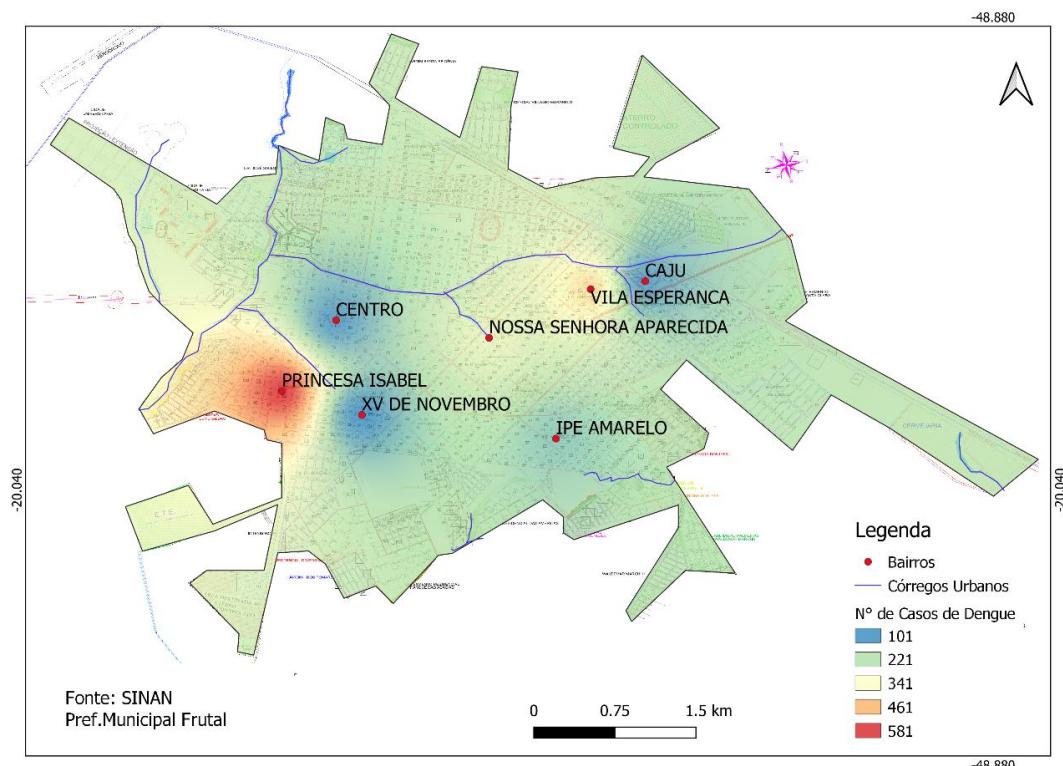


Figura 17 – Incidência de casos de dengue por bairro, no município de Frutal - MG, no ano de 2023.

Fonte: Autores (2024).

Ao analisar o cenário de riscos hidrológicos, observa-se que os bairros mais afetados por alagamentos, conforme ilustrado na Figura 18, são: Alceu Queiroz, Caju, Progresso, Cidade das Águas, Vila Esperança, Jardim das Laranjeiras, Novo Horizonte, Alto Boa Vista, Centro, Nossa Senhora do Carmo, Granville Casa Blanca, Dr. José Sales Filho, Cidade Jardim, Universitário, Villa Florence, Princesa Isabel, Jardim do Bosque, Residencial Parque das Acácias, Residencial das Américas, Residencial Camila Menezes, Jardim dos Ipês, Waldemar Marchi II, Flamboyant, Nova Frutal e Jardim das Esmeraldas.

Ferreira (2006) defende que a escola espacial da geografia, ao integrar cartografia temática e análise espacial, é uma abordagem adequada para a representação de fenômenos como a dengue. Esse conceito se alinha com a importância da espacialização dos dados de dengue, pois permite entender melhor como a localização dos casos está relacionada a fatores ambientais e sociais específicos. Nesse contexto, Honorato *et al.* (2014) investigaram a influência de variáveis determinantes, como a gestão de resíduos, água, renda e alfabetização, e observaram que o destino inadequado do lixo e a baixa renda foram fatores cruciais para o risco de infecção. Costa e Natal (1998) encontraram resultados semelhantes em São José do Rio Preto (SP), destacando a relação entre a

dengue e a coleta inadequada de lixo, além da falta de infraestrutura básica de saneamento.

Esses achados demonstram que as epidemias de dengue no Brasil estão intimamente ligadas a questões socioambientais, como a degradação ambiental, a falta de saneamento e a necessidade de políticas públicas eficazes que envolvam tanto o poder público quanto a sociedade. A adoção de estratégias de controle que considerem essas questões poderia representar um avanço significativo nas políticas de prevenção e controle da doença.

Em relação à espacialização da incidência de dengue em Frutal, como proposto por Ferreira (2006), a localização dos casos é essencial para identificar as áreas de maior risco. A distribuição espacial dos casos revela uma tendência dos bairros com maior incidência estarem localizados nas proximidades dos córregos urbanos, como é o caso dos bairros Nossa Senhora Aparecida, Caju, Princesa Isabel, XV de Novembro, Francisco Moron e Vila Esperança. Essa proximidade, no entanto, não se mantém constante ao longo dos anos, o que demonstra uma variação na distribuição da doença. Jácomo *et al.* (2010) também observaram essa variação ao longo dos anos, indicando que os padrões de incidência podem mudar com o tempo, o que sugere que os fatores determinantes da transmissão da dengue são dinâmicos.

Outro ponto importante observado foi que, em comparação com outros anos, 2021 apresentou uma redução no número de casos de dengue, o que pode ser atribuído à mobilização das equipes de saúde pública durante a pandemia de COVID-19, que provavelmente resultou em subnotificação dos casos de arboviroses.

Ao analisar os dados de Frutal, nota-se que tanto os bairros com baixo índice de exclusão social (IES) quanto os de alto IES apresentaram números elevados de casos de dengue. Esses resultados sugerem que o fator socioeconômico não é determinante para a transmissão da doença, uma vez que a dengue afetou tanto as áreas periféricas quanto as regiões centrais da cidade, que têm melhores condições socioeconômicas. Flauzino *et al.* (2009) também destacam que a condição socioeconômica não se mostrou preponderante para o risco de contrair dengue, reforçando a ideia de que a disseminação da doença ocorre de maneira generalizada, afetando a cidade como um todo.

Vale ressaltar que os dados utilizados nesta pesquisa foram extraídos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), uma ferramenta oficial para o registro de casos de dengue, uma doença de notificação compulsória. No entanto, a

utilização de dados do SINAN pode representar uma limitação, uma vez que muitas pessoas infectadas podem ser assintomáticas ou não procurarem atendimento médico, resultando em subnotificação dos casos.

Como observam Defari *et al.* (2017), o crescimento urbano desordenado, aliado ao déficit de saneamento básico e à elevada concentração de criadouros, tem se tornado um grande desafio para os municípios. Esse cenário favorece uma rápida transmissão da dengue, principalmente em áreas com baixo controle de saúde pública.

Com base na premissa de que áreas próximas aos córregos urbanos são mais suscetíveis à proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, foi elaborado um mapa de risco de inundação para identificar os bairros mais vulneráveis a alagamentos em Frutal (Figura 18). Usando os dados do Plano de Risco da Defesa Civil de Frutal (2021) e a hidrografia local, foram identificadas as áreas mais propensas a inundações. Como destacam Zacharias e Guerra (2015), o solo encharcado pela chuva pode afetar gravemente as habitações localizadas irregularmente em áreas de várzea, resultando em danos significativos, especialmente quando as chuvas causam o transbordamento dos córregos. Em Frutal, após chuvas intensas, a água dos córregos urbanos se expande para áreas adjacentes ao leito, criando poças d'água que favorecem a proliferação dos vetores de arboviroses.

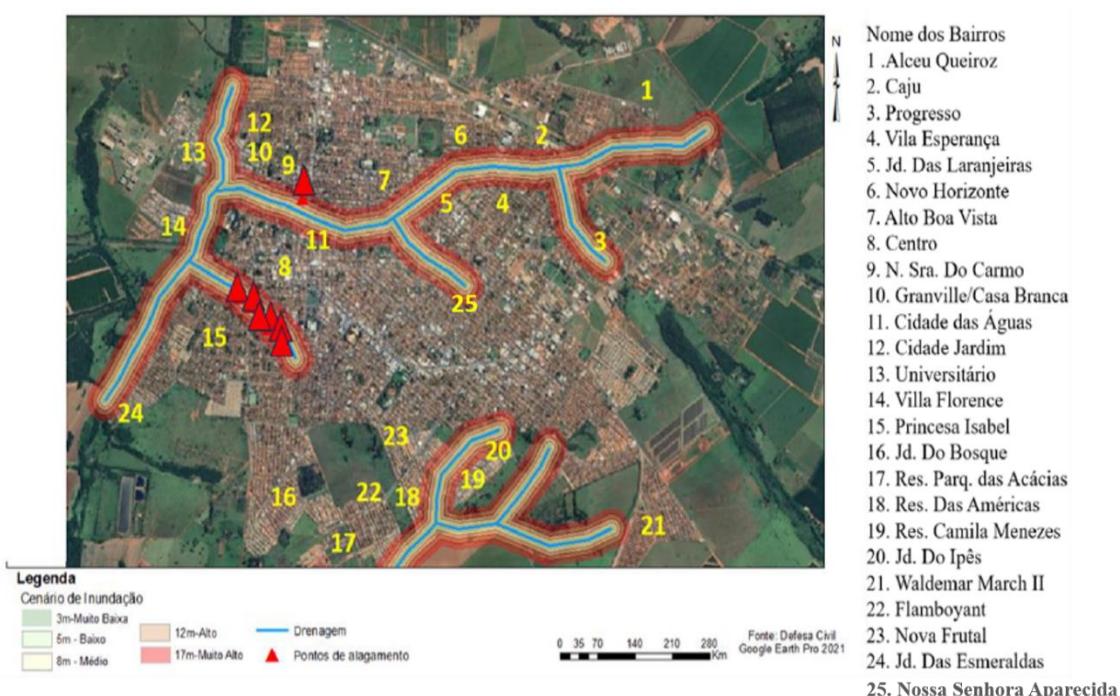


Figura 18 – Cenário de inundação com bairros mais afetados.

Fonte: LOPES, A. O. G. (2023).

Essas áreas, suscetíveis a alagamentos, representam potenciais locais de contaminação por dengue, pois a formação de poças d'água durante inundações cria ambientes favoráveis para a proliferação do mosquito. Sem uma drenagem adequada e sem medidas efetivas para eliminação de recipientes que acumulam água, essas poças podem se tornar criadouros ideais para o *Aedes aegypti*. A água estagnada, aliada a temperaturas elevadas e à disponibilidade de alimentos humanos, favorece o aumento da população de mosquitos infectados. Como consequência, isso eleva o risco de transmissão de dengue para a população local, destacando a importância de ações de controle e prevenção, especialmente em áreas vulneráveis a alagamentos.

5.2 Chikungunya

A Tabela 3, apresenta os casos registrados de chikungunya no município de Frutal entre os anos de 2019 e 2023, distribuídos por mês. A análise detalhada pode revelar padrões de ocorrência da doença ao longo dos anos e indicar possíveis surtos epidêmicos. Destaca a evolução dos casos da doença ao longo do período analisado e a sua relação com fatores climáticos e socioambientais. Diferente da dengue, que apresenta sintomas mais imediatos, a febre chikungunya pode ter efeitos crônicos, com dores articulares persistindo por meses ou anos (Donalisio, Freitas, Zuben, 2017). Esse fator é preocupante, pois sobrecarrega o sistema de saúde com pacientes que necessitam de acompanhamento prolongado. Além disso, a ocorrência simultânea de dengue e chikungunya em áreas endêmicas pode aumentar a complexidade dos diagnósticos e dificultar a implementação de políticas públicas eficazes.

De acordo com os dados na Tabela 3, no ano de 2019: foram registrados, um caso em janeiro e outro em outubro, esse número baixo sugere que a doença ainda não estava amplamente disseminada na região. Em 2020 houve um aumento, com registros em fevereiro (2 casos), abril (4 casos), maio (3 casos), junho (2 casos), julho (1 caso) e outubro (1 caso). Esse crescimento pode indicar uma maior circulação do vírus, possivelmente influenciada por fatores climáticos favoráveis à proliferação do *Aedes aegypti*. No ano de 2021 nenhum caso foi registrado, podendo estar relacionado a epidemia mundial da COVID.

Tabela 3 – Casos de chikungunya no município de Frutal para os anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.

Meses	2019	2020	2021	2022	2023
jan	1	0	0	0	0
fev	0	2	0	0	0
mar	0	1	0	0	260
abr	0	4	0	1	358
mai	0	3	0	0	388
jun	0	2	0	1	89
jul	0	1	0	0	14
ago	0	0	0	0	6
set	0	0	0	0	4
out	1	1	0	0	1
nov	0	0	0	0	0
dez	0	0	0	0	2
Total	2	14	0	2	1122

Fonte: Autores (2025).

No ano de 2022: o número de casos registrados foram, em abril (1 caso), junho (1 caso) e outubro (1 caso). Apesar de ser um número baixo, demonstra que o vírus continuava presente na cidade, já o ano de 2023: houve um aumento expressivo, totalizando 1.122 casos ao longo do ano. O surto teve início em março e atingiu seu pico em maio, com 260 casos em março, 358 em abril e um pico de 388 casos em maio. Esses meses coincidem com a estação chuvosa, favorecendo a reprodução do mosquito transmissor.

O grande aumento no número de casos em 2023 sugere um surto epidêmico significativo, possivelmente causado por um aumento na população do mosquito transmissor no município devido as condições ambientais propícias à disseminação. Mesmo após o pico em maio de 2023, a presença de casos ao longo do restante do ano sugere que a transmissão ainda não foi completamente interrompida. Fatores sazonais podem ter influenciado como: o padrão de aumento dos casos nos meses mais chuvosos reforça a necessidade de um planejamento preventivo focado nesse período.

Como o ano de 2023 foi o mais expressivo, foi feita uma análise mais detalhada por bairro permitindo identificar quais regiões foram mais afetadas e quais períodos registraram maior incidência da doença, de acordo com a Tabela 4. Observando os dados, alguns bairros apresentaram um número expressivo de casos ao longo do ano, enquanto outros registraram poucos casos e apenas em meses específicos.

O bairro Princesa Isabel foi o mais afetado no município, registrando 171 casos confirmados ao longo do ano. Os meses mais críticos foram, março 55 casos, abril 51 e

maio 46. O pico ocorreu entre março e maio, sugerindo que essa região foi um dos principais focos do surto. A presença contínua de casos até outubro indica que o vírus permaneceu circulando por um longo período.

Outro aspecto relevante da Tabela 4 é a variação na incidência da chikungunya em relação aos anos de maior precipitação, sugerindo que a proliferação do vetor ocorre de forma semelhante a dengue, mas com diferenças nos picos epidemiológicos. Enquanto a dengue tende a apresentar altas taxas de transmissão logo após o período chuvoso, a chikungunya pode se espalhar mais lentamente, com surtos prolongados devido à sua maior taxa de persistência no organismo humano e ao fato de que o vírus pode ser transmitido tanto pelo *Aedes aegypti* quanto pelo *Aedes albopictus*, sendo este último incidente em áreas silvestres.

Tabela 4 – Número de casos de chikungunya por bairros, mês e ano de 2023.

2023					
Casos/mar	Bairros	Casos/abr	Bairros	Casos/maio	
55	Princesa Isabel	51	Princesa Isabel	46	Princesa Isabel
29	XV de Novembro	30	Caju	34	Vila Esperanca
26	Estudantil	26	Vila Esperanca	25	Jardim Laranjeiras
19	Vila Esperanca Nossa Senhora	26	Centro	24	XV De Novembro
18	Aparecida	23	Jardim Laranjeiras	22	Jardim do Bosque
15	Princesa Isabel II	16	Ipe Amarelo	21	Centro
Casos/jun	Bairros	Casos/jul	Bairros	Casos/ago	Bairros
18	Princesa Isabel	2	Francisco Moron	2	Jardim Laranjeiras
8	Centro Nossa Senhora	1	Frutal II	1	Morada dos Ipês
7	Aparecida	1	Paralelo XX	1	Boa Vista
5	Vila Esperanca	1	Morada dos Ipês	1	Princesa Isabel Nossa Senhora do
4	Boa Vista	1	Boa Vista Nossa Senhora	1	Carmo
4	Estudantil	1	Aparecida		
Casos/set	Bairros	Casos/out	Bairros	Casos/dez	Bairros
1	Caju Nossa Senhora	1	Princesa Isabel	1	XV de Novembro
2	Aparecida			1	Nova Frutal
1	Boa Vista				

Fonte: Autores (2025)

O Bairro Vila Esperança foi outro bairro bastante afetado, com 79 casos registrados, sendo os meses de março, abril e maio os mais afetados. Como observado, os períodos de maior índice pluviométrico coincidem com o aumento das temperaturas médias, favorecendo a eclosão dos ovos e o desenvolvimento das larvas do vetor. Já a Figura 8, que relaciona os casos de dengue e precipitação ao longo dos anos, reforça essa

correlação ao indicar que os picos de casos ocorrem alguns meses após o período chuvoso, sugerindo um tempo de latência entre a deposição dos ovos do mosquito e o crescimento da sua população adulta.

De acordo com a Figura 19, os casos de Chikungunya tiveram maiores casos no ano de 2023, com destaque para o maior número de casos em mulheres.

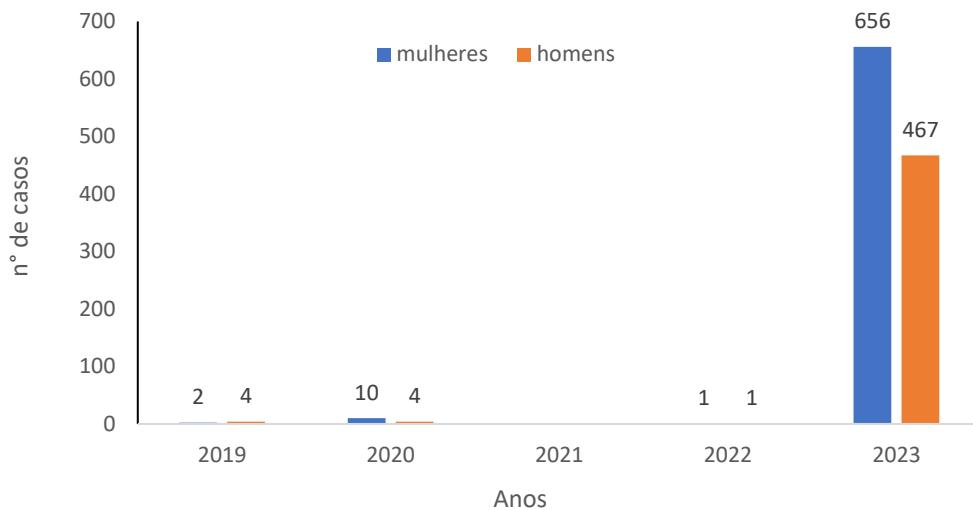


Figura 19 – Apresentação dos números de casos de chicungunya anual em homens e mulheres, nos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.

Fonte: Autores (2025).

Dessa forma, os dados analisados nas Figuras 8 e 9, juntamente com a distribuição espacial representada nas Figuras 13 a 17, e os registros de chikungunya na Tabela 3 e 4, reforçam a necessidade de ações integradas para o controle das arboviroses. Estratégias como eliminação de criadouros, campanhas de conscientização e monitoramento climático são essenciais para prever e mitigar surtos. O uso de ferramentas de geoprocessamento e análise espacial, como demonstrado neste estudo, pode aprimorar a identificação de áreas de risco e contribuir para uma resposta mais eficiente por parte das autoridades de saúde pública.

5.3 Zika

A distribuição espacial dos casos de zika (Tabela 5), embora menos expressiva que a de dengue e chikungunya, reforça a importância de estratégias de vigilância epidemiológica direcionadas. A relação entre os surtos e os fatores socioambientais deve

ser considerada, principalmente em regiões que apresentam condições sanitárias inadequadas e acúmulo de água parada, que favorecem a proliferação do *Aedes aegypti*. Esses aspectos ressaltam a necessidade de ações preventivas focadas na população residente nas áreas mais afetadas, além do monitoramento contínuo para evitar novas elevações no número de casos.

Tabela 5 – Número de casos de zika por ano e bairro, no muncípio de Frutal.

2019		2020		2021	
Casos	Bairros	Casos	Bairros	Casos	
2	Jardim do Bosque	4	Nossa Senhora Aparecida	1	Princesa Isabel
2	José Sales Filho	4	Princesa Isabel		
2	Nova Ponte	3	Centro		
1	Princesa Isabel Nossa Senhora	2	Novo Horizonte		
1	Aparecida	2	Flamboyant Nossa Senhora do		
1	Progresso	2	Carmo		
2022		2023			
Casos	Bairros	Casos	Bairros		
1	Ipê Amarelo	1	Alto Boa Vista		
		1	Jardim Palmeiras		

Fonte: Autores (2025).

Os dados mostram que a zika teve uma menor quantidade de casos que a chicungunya e a dengue, os anos de 2019 e 2020 apresentaram maior quantidade de casos em relação aos demais, sendo que o ano de 2019 totalizou 11 casos, 2020 – 35 casos, 2021 e 2022 com um caso cada um e 2023 totalizou 2 casos, sendo que a Tabela 5 mostra os bairros mais afetados.

Os dados indicam que a zika teve uma incidência significativamente menor em comparação a chikungunya e a dengue ao longo do período analisado. Os anos de 2019 e 2020 registraram o maior número de casos, com 11 casos em 2019 e um pico de 35 casos em 2020. Nos anos seguintes, observou-se uma redução expressiva, com apenas 1 caso em 2021 e 2022 e um leve aumento para 2 casos em 2023.

Em relação à distribuição por gênero, a doença afetou predominantemente mulheres. Em 2019, foram registrados 7 casos femininos e 4 masculinos, enquanto em 2020, esse número aumentou para 25 casos em mulheres e 10 em homens. Nos anos de 2021 e 2022, houve apenas 1 caso feminino em cada ano, e em 2023, ambos os casos notificados também foram em mulheres.

A Tabela 5 detalha a distribuição espacial dos casos, evidenciando os bairros mais afetados. Segundo Garcia (2018), a predominância de casos em mulheres pode estar associada a fatores comportamentais e ambientais, como maior exposição ao mosquito vetor devido a atividades domésticas e cuidados com crianças, que frequentemente ocorrem em locais propícios para a proliferação do *Aedes aegypti*. Além disso, a variação no número de casos ao longo dos anos sugere que aspectos climáticos, presença de criadouros e a efetividade das medidas de controle e prevenção desempenharam um papel crucial na transmissão da doença no município. A Figura 20 apresenta a relação de casos de zika entre homens e mulheres, apresentando maiores casos no ano de 2020, sendo as mulheres as mais afetadas.

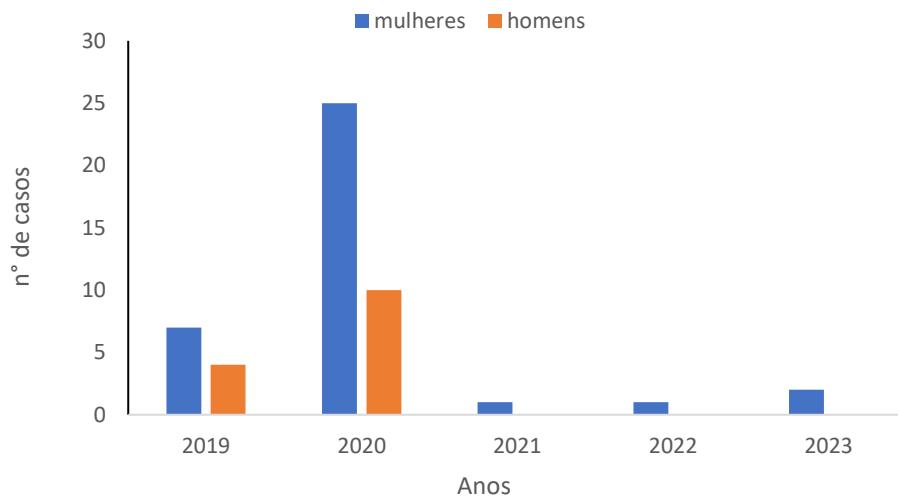


Figura 20 – Apresentação dos números de casos de zika anual em homens e mulheres, nos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.

Fonte: Autores (2025).

De forma geral, a distribuição espacial reforça a influência dos fatores socioambientais na incidência dessas doenças. Bairros com infraestrutura precária e baixa cobertura de saneamento apresentam maior vulnerabilidade, o que destaca a necessidade de intervenções preventivas e políticas públicas voltadas ao controle do vetor. No entanto, é importante ressaltar que, embora essas áreas sejam mais propícias à proliferação do vetor, as arboviroses já estão disseminadas em diferentes contextos urbanos, atingindo também regiões com melhor infraestrutura, o que reforça a urgência de estratégias abrangentes e contínuas de vigilância e controle. Além disso, a utilização de técnicas de

geoprocessamento e análise espacial se mostrou eficaz na identificação de áreas de risco, auxiliando na elaboração de estratégias de controle mais eficientes e direcionadas.

A cartografia de síntese demonstrou ser uma ferramenta essencial na análise integrada dos dados epidemiológicos, permitindo uma visualização mais detalhada e contextualizada das áreas afetadas. Por meio da sobreposição de camadas de informação espacial, foi possível correlacionar fatores ambientais, socioeconômicos e climáticos com a incidência das arboviroses. Essa abordagem fortalece a capacidade preditiva e de planejamento de ações preventivas, contribuindo para a otimização de recursos e a implantação de medidas mais eficazes no combate às doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*.

Desta forma, considera-se que a diversidade teórica e metodológica na análise espacial dos dados relacionados às arboviroses, que combina a linguagem numérica, a aplicação de sistemas de informação geográfica e a representação cartográfica, permitiu identificar a distribuição espacial da dengue ao longo dos anos no município de Frutal. Essa abordagem integrada proporcionou uma compreensão mais detalhada da dinâmica da doença, facilitando a identificação de padrões e áreas de risco no município.

A partir do mapeamento da área urbana de Frutal, foi possível concluir que bairros sem áreas de preservação permanente, com acúmulo de lixo e entulho, contribuem significativamente para a proliferação do vetor *Aedes aegypti*. Além disso, as precipitações ocorridas entre 2019 e 2023 mostraram influência direta sobre a incidência de dengue, com um intervalo de aproximadamente três meses entre as chuvas e o aumento dos casos. Esse padrão sugere que o setor de endemias de Frutal tem uma janela de cerca de 90 dias para planejar ações de controle, como a limpeza urbana e o manejo dos focos do mosquito, utilizando estratégias mecânicas, físicas e/ou químicas.

A relação entre a incidência de dengue e os fatores climáticos é fundamental para entender a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*. Estudos indicam que variáveis como temperatura, precipitação e umidade têm impacto direto na dinâmica populacional do vetor e, consequentemente, na transmissão das arboviroses. Esses fatores interagem de forma complexa, afetando a ecologia do mosquito e a epidemiologia da doença. Compreender essas interações é essencial para o desenvolvimento de estratégias de controle, como a eliminação de criadouros e a realização de campanhas de conscientização, especialmente durante os períodos climáticos mais favoráveis à proliferação do vetor.

Além disso, a circulação de pessoas desempenha um papel chave na disseminação das arboviroses. A mobilidade populacional, influenciada pela economia regional e pela concentração de serviços em determinados municípios, contribui para a difusão das doenças. A migração diária de pessoas para centros urbanos para trabalhar, estudar ou realizar atividades comerciais e, posteriormente, o retorno às suas cidades de origem, favorece a propagação espacial das arboviroses.

Diante desse cenário, é essencial uma colaboração intersetorial e a mobilização das autoridades competentes e da comunidade para combater eficazmente os criadouros do mosquito. O controle das arboviroses requer um esforço coletivo e contínuo para prevenir novas epidemias e reduzir os riscos à saúde pública.

6. CONCLUSÃO

A análise dos resultados permitiu compreender a dinâmica de distribuição das arboviroses no município de Frutal-MG, destacando a relação entre os fatores climáticos, socioambientais e epidemiológicos. A dengue se mostrou a doença com maior incidência, seguindo padrões sazonais relacionados às chuvas, enquanto a chikungunya apresentou surtos pontuais, sugerindo diferenças na transmissibilidade e permanência do vírus na população. A zika, embora menos expressiva, manteve-se presente em alguns bairros, reforçando a necessidade de monitoramento constante.

A hipótese do estudo, que previa uma influência significativa das condições climáticas e urbanas na propagação das arboviroses, foi confirmada. Os resultados indicam que a adoção de medidas preventivas, como a eliminação de criadouros, o fortalecimento da vigilância epidemiológica e a aplicação de tecnologias de geoprocessamento, são essenciais para a redução da incidência dessas doenças. Ademais, a integração de políticas de saúde com planejamento urbano e educação em saúde se mostra fundamental para o controle sustentável das arboviroses, garantindo maior eficiência nas estratégias de intervenção.

Portanto, os achados deste estudo reforçam a importância de um monitoramento contínuo e da adoção de estratégias baseadas em dados epidemiológicos e climáticos. A implementação de medidas integradas entre saúde pública, gestão ambiental e urbanismo é essencial para minimizar os impactos das arboviroses na população e promover um ambiente mais saudável e seguro para os municípios de Frutal-MG.

REFERÊNCIAS

- AILEEN, G. T; SONG, R. J. The use of GIS in ovitrap monitoring for Dengue control in Singapore. **Dengue Bulletin**, v. 24, p. 110-116, 2020.
- ALCÂNTARA, G. Q. **Análise espacial da incidência de Dengue na região metropolitana do Vale do Paraíba, São Paulo, Brasil (2007 - 2018)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, 171p.
- ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 3857-3868, 2020.
- ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, 2006.
- ALVES, L. V. **História da epidemia do vírus Zika no Brasil:** espectro do neurodesenvolvimento e neuroimagens em crianças com síndrome congênita do Zika vírus. São Paulo: Dialética, 2023. p. 6.
- APARECIDO, L. E. D. O.; ROLIM, G.D. S.; MORAES, J. R. D. S. C. D.; TORSONI, B.; MENESSES, K. C. D.; COSTA, C. T. S. Acurácia da reanálise ERA-Interim do ECMWF e sua aplicação na estimativa da deficiência hídrica no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 515-528, 2020.
- AVELINO-SILVA, V. I.; RAMOS, J. F. Arboviroses e políticas públicas no Brasil/Arboviruses and public policies in Brazil. **Revista Ciências Em Saúde**, v. 7, n. 3, p. 1-2, 2017.
- BARRETO, E. B.; BARRETO, E. F.; DE OLIVEIRA SILVA, C. Geografia da saúde: uma abordagem da distribuição de doenças arboviroses. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 2608-2621, 2020.
- 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, P.; MYERS,M. F.; GEORGE, D. B.; JANESCH, 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. 2013.
- BICUDO, H. E. M. C. *Aedes aegypti: A Odsséia de um Matador*. **Vitrine Literária**. São José do Rio Preto. 2020. 196p.
- BIVAND, R. S.; PEBESMA, E. J.; GÓMEZ-RUBIO, V. Areal data and spatial autocorrelation. In: **Applied spatial data analysis with R**. p. 237-272. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, v. 54, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-deconteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2023/boletim-epidemiologico-volume-54-no-01/view>. Acesso em: 28 maio 2024.

CABRAL, B. R., MOTA, M. P. D. S., MENDES, R. B. M., LOPES, D. L. S. Prevenção e combate à Dengue. **Revista W/Educação**, v. 3, n. 1, p. 312-334, 2020.

CABRAL, J. A.; FREITAS, M. V. Distribuição Espacial e Determinantes Socioeconômicos e Demográficos da Dengue nos Municípios Brasileiros. **Revista brasileira de estudos regionais e urbanos**, v. 6, n. 1, p. 81-95. 2015.

CARDIM, L. L.; BAVIA, M. E.; FERRAUDO, A. S.; CARNEIRO, D. D. M. T.; SILVA, M. M. N.; BRITO, V. S. Avaliação da esquistossomose mansônica mediante as geotecnologias e técnicas multivariadas no município de Jacobina, Bahia. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 32, n. 1, p. 29-42. 2008.

CARRILLO, A. D.; MILLAN, R. N.; PANARELLI, E. A.; PINHEIRO, L. de S. Qualidade física, química e microbiológica da água o Córrego Bebedouro e Ribeirão Fratal no município de Fratal-MG. In: 19º CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. 2022, Poços de Caldas, **Anais** [...]. Poços de Caldas: IFMG, v. 14, 2022.

CASTELLS, M. **A questão urbana**. São Paulo: Paz e Terra, 1983.

CECÍLIO, A.B. Desenvolvimento de testes rápidos para detecção do Dengue vírus e avaliação do risco transfusional. Gerais: **Revista de Saúde Pública do SUS/MG**, v. 1, n. 1, p. 21-22, 2017.

CHAVES, M. R. D. O.; BERNARDO, A. S.; BERNARDO, C. D.; DIAS-FILHO, J. F.; PAULA, H. S. C. Dengue, Chikungunya e Zika: a nova realidade brasileira. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, v. 132, n. 22, p. 13-20, 2015.

CLIFF, A. D; HAGGET, P. **Atlas of disease distributions: analytic approaches to epidemiological data**. London, Blackwell, 1979, 299p.

CLIFF, A. D.; HAGGETT, P.; STROUP, D. F. The geographic structure of measles epidemics in the northeastern United States. **American Journal of epidemiology**, v.136, n. 5, p. 592-602, 1992.

CONSOLI, R. A.; OLIVEIRA, R. L. D. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. **Fiocruz**. 228p, 1994.

CRUZ, T. C. **Mudanças climáticas e a expansão da Dengue em uma área urbana endêmica da doença**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Ouro Preto, na Área de concentração de Imunobiologia de Protozoários. 60 p.

COSTA, A. I. P.; NATAL, D. Distribuição espacial da Dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no sudeste do Brasil. **Revista Saúde Publica**, v.32, n. 3, p.232-6, 1998.

COSTA, A. I. P.; NATAL, D. Distribuição espacial da Dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no sudeste do Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 32, n.3, p - 232-236, 1998.

COUTO, F. T.; SALGADO, R.; COSTA, M. J.; PRIOR, V. Precipitation in the Madeira Island over a 10-year period and the meridional water vapour transport during the winter seasons. **International Journal of Climatology**, v. 35, n. 13, p. 3748-3759, 2015.

DEFARI, E. K.; SENOAJI, D. G.; HIDAYAT, F. Pemanfaatan Limbah Kotoran Ayam Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kompos. **Dharma Raflesia: Jurnal Ilmiah Pengembangan Dan Penerapan**. IPTEKS, v. 12, n.1, p. 11–20. 2017.

DIAS, E. M.; ALMEIDA PALMEIRA, A. C. P.; LIBONATI, R. Estimativa dos períodos de retorno da velocidade e rajada do vento e altura significativa das ondas no Atlântico Sudoeste. **Sistemas & Gestão**, v. 16, n. 1, p. 84-100, 2021.

DOMINGOS, L.; KALZ, D. DINKE, A.; LOMARDO, L.; SILVA, V. Definição de uma classificação climática para o estudo de edificações com balanço anual zero de energia no Brasil. **Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**, v. 15, 2014.

DONALISIO, M. R.; FREITAS, A. R. R.; ZUBEN, A. P. B. V. Arboviroses emergentes no Brasil: desafios para a clínica e implicações para a saúde pública. **Revista de saúde pública**, v. 51, p. 30, 2017.

DUTRA, D. A. **Geografia da saúde no Brasil: arcabouço teórico-epistemológico, temáticas e desafios**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 177 p.

ECMWF. **European Centre for Medium**: range weather forecasts. 2023. Disponível em: <www.ecmwf.int>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FERREIRA FILHO, D. F., BEZERRA, P. E. S., SILVA, M. D. N. A., RODRIGUES, R. S. S., DE MOURA FIGUEIREDO, N. Aplicação de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas da rede hidrográfica: estudo de caso calha norte-PA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019.

FERREIRA, H. H., DO NASCIMENTO LOPES, E. R., DE SOUZA, J. C., DE SOUSA, J. A. P., LOURENÇO, R. W. Avaliação espacial da Dengue na área urbana de Itu-São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 33, p. 106-116. (2017).

FERREIRA, M. C. Considerações teórico-metodológicas sobre as origens e a inserção do Sistema de Informação Geográfico na geografia. In: VITTE, A. C. **Contribuições à história e à epistemologia da geografia**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p.101-125.

FERREIRA, M. C. **Iniciação a análise geoespacial**: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento. 1 ed. – São Paulo: Editora Unesp, 2014. 115 p.

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz. **Zika**: sintomas, transmissão e prevenção. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2022. Disponível em: <https://www.bio.fiocruz.br/index.php/br/zika-sintomas-transmissao-e-prevencao>. Acesso em: 31 maio 2023.

FLAUZINO, R. F.; SOUZA-SANTOS, R.; OLIVEIRA, R. M. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 25, p. 456-461, 2009.

FUZZO, D. F. S. **Estimativa de evapotranspiração e produtividade da soja utilizando o método do triângulo simplificado**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 105 p.

GARCIA, L. P. Epidemia do vírus zika e microcefalia no Brasil: emergência, evolução e enfrentamento. **Texto para discussão**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 54p, 2018.

GLASS, G. E. Update: spatial aspects of epidemiology: The interface with medical geography, **Epidemiologic Reviews**, v.22, n. 1, p. 136–139, 2000.

GOMES, B. S. M.; BASTOS, S. Q. A.; NASCIMENTO, B. R. Uma avaliação espacial da incidência da Dengue nos municípios de Minas Gerais, nos anos 2000 e 2010. **Ensaios FEE**, v. 38, p. 35-74, 2017.

GUERRA, F. C.; ZACHARIAS, A. A. Mapeamento das áreas de riscos hidrológicos e as políticas públicas de sustentabilidade: o caso de Ourinhos/SP. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, n. 26, p. 223-243, 2016.

HERSBACH, H.; ROSNAY, P.; BELL, B.; SCHEPERS, D.; SIMMONS, A.; SOCI, C.; ZUO, H. Operational global reanalysis: progress, future directions and synergies with NWP, **ECMWF ERA Report**, 27, 2018.

HONORATO, T.; LAPA, P. P. D. A.; SALES, C. M. M.; REIS-SANTOS, B.; TRISTÃO-SÁ, R.; BERTOLDE, A. I.; MACIEL, E. L. N. Spatial analysis of distribution of Dengue cases in Espírito Santo, Brazil, in 2010: use of bayesian model. **Revista brasileira de epidemiologia**, São Paulo, v.17, n. 2, p. 150-159, 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades Panorama**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/frutal/panorama>. Acesso em: 05 jun. 2023.
 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/frutal/panorama>. Acesso em dez/2023.

JÁCOMO, C. A.; TACHIBANA, V. M.; IMAI, N. N.; FLORES, E. F. Aplicação de técnicas de estatística espacial na caracterização dos casos de Dengue no município de Presidente Prudente-SP no período de 1999 a 2007. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010. Recife-PE, **Anais** [...] Recife: p. 2-9. 2010.

JONES, R.; KULKARNI, M. A., DAVIDSON, T. M., RADAM-LAC RESEARCH TEAM, TALBOT, B. Arbovirus vectors of epidemiological concern in the Americas: A scoping review of entomological studies on Zika, Dengue and Chikungunya virus vectors. **PLOS ONE**, v. 15, n. 2, p. e0220753, 2020.

KAJIYA, F. T. **Dengue na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo:** condições socioambientais e dinâmica da doença. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, 2015. Programa Ambiente, Saúde e Sustentabilidade. 115 p.

KOZEL, S. Das “velhas certezas” à (re) significação do geográfico. In.: SILVA, A. A. D.; GALENO, A. **Geografia ciência do complexus**. Porto Alegre: Sulina, 2004. p.160-180.

LETA, S., BEYENE, T. J., DE CLERCQ, E. M., AMENU, K., KRAEMER, M. U., 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.

LIMA, F. R; MARTINELLI, M. **As unidades ecodinâmicas na cartografia ambiental de síntese.** I SIMPGEOSP, Rio Claro, 2008. p. 440-448.

LIPPI, C. A., STEWART-IBARRA, A. M., ENDY, T. P., ABBOTT, M., CUEVA, C., HERAS, F., RYAN, S. J. Exploring the utility of social-ecological and entomological risk factors for Dengue infection as surveillance indicators in the Dengue hyper-endemic city of Machala, Ecuador. **PLoS neglected tropical diseases**, v.15, n.3, p. e0009257, 2021.

LOPES, A. O. G. **Vulnerabilidade socioambiental associada a áreas de riscos de alagamento e inundações no município de Frutal -MG.** Monografia. (Curso de Geografia – Universidade do Estado de Minas Gerais) Frutal – MG. 62 p. 2023.

LOPES, T. R. R., SILVA, C. S., PASTOR, A. F., SILVA JÚNIOR, J. V. J. Dengue in Brazil in 2017: What happened?. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 60, 2018.

MACHADO, C. J. S., MIAGOSTOVICH, M. P., LEITE, J. P. G., VILANI, R. M. Promoção da relação saúde-saneamento-cidade por meio da Virologia Ambiental. **Revista de informação legislativa**, v. 50, n. 199, p.321-345, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 793-804. 2011.

MARTINS, H. L.; PANARELLI, E. A.; BORGES, J. S.; MILLAN, R. N. Represamento de veredas e conhecimento sobre a estrutura física dos reservatórios rasos para mitigar impacto ambiental urbano. **Eng. Saint. Ambient**, v.27, n.3, 2022.

MELO, C. H. S., RODRIGUES, V. N., GONÇALVES, M. R., CRUZ, C. M. Perfil epidemiológico da febre chikungunya brasileira como prevenção de sequelas reumáticas crônicas. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 6, p. 18548-18558, 2020.

MIAGOSTOVICH, M. P., NOGUEIRA, R. M., CAVALCANTI, S., MARZOCHI, K. B., SCHATZMAYR, H. G. Dengue epidemic in the state of Rio de Janeiro, Brazil: virological and epidemiological aspects. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 35, p. 149-154, 1993.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância em saúde no Brasil 2003|2019**: da criação da Secretaria de Vigilância em Saúde aos dias atuais. Boletim Epidemiológico. Brasília, 154 p., 2019.

MORAES, R. A.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C. Determination of total accumulated rainfall, global radiation, evapotranspiration and degree-days originated from the ECMWF model to sugar cane crop. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 2, p. 322-331, 2014.

NAKHAPAKORN, K.; TRIPATHI, N. An information value-based analysis of physical and climatic factors affecting Dengue fever and Dengue hemorrhagic fever incidence. **Int J Health Geogr**, p. 4-13, 2005.

OLIVEIRA, J., RODOVALHO, G., OLIVEIRA, M. Alguns aspectos epidemiológicos e sociodemográficos da Dengue no município de Uberlândia-MG nos anos de 2020 a 2022. **Estrabão**, v.5, p. 230-242. 2024.

OLIVEIRA, R. M.; OLIVEIRA, L. R. M. Epidemiologia da Dengue: análise em diversas regiões do Brasil. **EsSEX: Revista Científica**, v. 2, n. 2, p. 32-44, 2019.

OLIVEIRA, W. K. D. **Emergência de saúde pública de importância internacional: resposta brasileira à síndrome congênita associada à infecção pelo Zika vírus, 2015 e 2016. 2017**. Tese (Doutorado em Epidemiologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Epidemiologia, 165 p.

OPAS/OMS. **Organização Pan-Americana da Saúde e Organização Mundial da Saúde**. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/Dengue>. Acesso em: 29 março 2024.

ORDOÑEZ-SIERRA, R., MASTACHI-LOZA, C. A., DÍAZ-DELGADO, C., CUERVO-ROBAYO, A. P., FONSECA ORTIZ, C. R., GÓMEZ-ALBORES, M. A., MEDINA TORRES, I. Spatial risk distribution of Dengue based on the ecological niche model of Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) in the Central Mexican highlands. **Journal of Medical Entomology**, v. 57, n. 3, p. 728-737. 2020.

PADILHA, K. P., BRUNO, R. V., FARNESI, L. C. Experiências em divulgação científica e sensibilização da população: importância do controle mecânico do vetor Aedes aegypti. **Reciis – Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde**, v. 17, n. 1, p. 206-224, 2023.

PAIXÃO, E. S.; TEIXEIRA, M. G.; RODRIGUES, L. C. Zika, chikungunya and Dengue: the causes and threats of new and re-emerging arboviral diseases. **BMJ global health**, v. 3, n. Suppl1, p. e000530, 2018.

PESSANHA, J. E. M., CAIAFFA, W. T., CÉSAR, C. C., PROIETTI, F. A. Avaliação do plano nacional de controle da Dengue. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, p. 1637-1641, 2009.

QUEIROZ FILHO, A. P.; MARTINELLI, M. Cartografia de Análise e de Síntese na Geografia. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 87, p. 7-44, 2007.

RAMOS, R. T., SILVA, D. C. C., ARAÚJO, G. D. C. B., RIEDI, C. A., IBIAPINA, C. C., BEZERRA, P. G. MAspectos respiratórios da COVID-19 na infância: o que o pediatra precisa saber. **Residência Pediátrica**, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2020.

REBOITA, M. S., RODRIGUES, M., SILVA, L. F., ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 11, v.17, 2015. P. 206-226. 2015.

REZENDE, R. B. Análise epidemiológica das arboviroses emergentes e reemergentes no Brasil entre os anos de 2019 e 2020. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e33010212611-e33010212611, 2021.

RIBEIRO, A. C. M., SANTOS, A. G. O., SARAIVA, B. L., PETROLE, L. S., LEITE, D. G., MALHEIRO, D. R. Condições socioambientais relacionadas à permanência da Dengue no Brasil-2020. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 326-340, 2020.

RIBEIRO, A. F., MARQUES, G. R., VOLTOLINI, J. C., CONDINO, M. L. F Association between Dengue incidence and climatic factors. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 4, p. 671-676, 2006.

SALES, F. M.S. Ações de educação em saúde para prevenção e controle da Dengue: um estudo em Icaraí, Caucaia, Ceará. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 1, p. 175-184, 2008.

SAMPAIO, T. V. M. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 121-131, 2012.

SAMUEL, G. H., ADELMAN, Z. N., MYLES, K. M. Temperature-dependent effects on the replication and transmission of arthropod-borne viruses in their insect hosts. **Curr Opin Insect Sci.**, v.16, p. 108-113. 2016.

SAN PEDRO, A. et al. Condições particulares de produção e reprodução da Dengue em nível local: estudo de Itaipu, Região Oceânica de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, p.1937-1946, 2009.

SANTANA, P. **Saúde território e sociedade contributos para uma geografia da saúde**. Coleção: Textos pedagógicos e Didáticos. Coimbra–Portugal, 2005, 187p.

SANTOS, L. L.; DE AQUINO, E. C.; FERNANDES, S. M.; TERNES, Y. M. F.; FERES, V. C. D. R. Dengue, chikungunya, and Zika virus infections in Latin America and the Caribbean: a systematic review. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 47, n. 34, 2023.

SANTOS, M. A aceleração contemporânea: tempo mundo e espaço mundo. **Boletín Geográfico**, v. 19, p. 1-10, 1993.

SEGURADO, A. C.; CASSENTE, A. J.; LUNA, E. D. A. Saúde nas metrópoles-Doenças infecciosas. **Estudos avançados**, v. 30, p. 29-49, 2016.

SILVA, A. M.; FREITAS, M. P. S. D.; FIGUEIREDO, A. W. S. A. D. Modelagem geoestatística dos casos de Dengue e da variação termopluviométrica em João Pessoa, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 157-169, 2015.

SILVA, A. R de P e. **As Transformações Socioespaciais de Frutal-MG**. 2012. Dissertação. (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia: UFU, 177p.

SILVA, B. C. S.; ROSA, G. P.; GUIMARÃES, R. J. P. S.; SILVA, L. C. T.; CATETE, C. P. Geoprocessamento e gestão pública: uma análise socioambiental dos casos de Dengue em Belém (PA). **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v.9, n. 4, p. 421-441. 2020.

SILVA, J. P. Análise exploratória de dados espaciais da Dengue no estado de São Paulo. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ano 03, v. 01, ed. 06, p. 136-144, 2018.

SILVA, J. S.; DE FÁTIMA MARIANO, Z.; SCOPEL, I. A Dengue no Brasil e as políticas de combate ao Aedes aegypti: da tentativa de erradicação às políticas de controle. **Hygeia-Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 4, n. 6, p. 163-175, 2008.

SILVA, V. C.; SOUZA PINHEIRO, L. Estudo geomorfológico para o planejamento ambiental: o caso das erosões lineares na cidade de Frutal/MG. **Revista Geonorte**, v.5, n.23, p. 359-363, 2014.

SIMMONS, C. P.; FARRAR, J. J.; VAN VINH CHAU, N.; WILLS, B. Dengue. **N. England Journal of Medicine**, v. 366, n. 15, p. 1423–32, 2012.

SKALINSKI, L. M. COSTA, M. C. N. TEIXEIRA, M. G. L. Contribuições da análise espacial para a compreensão da dinâmica de transmissão da Dengue: revisão integrativa. **Journal of Health & Biological Sciences**, v. 7, n.1, p. 53-63, 2019.

SOUZA, C. S. de; REIS, A. F. **Urbanidade, tecido urbano e cursos d`água**: Um estudo em Goiânia e Florianópolis. **Oculum Ensaios**, v. 17, 2020. e204299.

SORRE, M. Complexes pathogènes et géographie médicale. **Annales de Géographie**, v. 42, n. 235, p. 1-18, 1933.

TIEPPO, S. J. **Inserção sustentável de cursos d'água em perímetro urbano. Estudo de caso: córrego Jaó de Frutal (MG).** 2017. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. 146 p.

TSHELEN, T., CLEMENTS, A. C., GRAY, D. J., WANGCHUK, S., WANGDI, K. Spatial and temporal patterns of Dengue incidence in Bhutan: a Bayesian analysis. **Emerging Microbes & Infections**, v. 9, n. 1, p. 1360-1371, 2020.

VASCONCELOS, P. F. D. C., TRAVASSOS DA ROSA, E. S., TRAVASSOS DA ROSA, J. F. S., FREITAS, R. B. D., DÉGALLIER, N., RODRIGUES, S. G., TRAVASSOS DA ROSA, A. P. D. A. Epidemia de febre clássica de Dengue causada pelo sorotipo 2 em Araguaiana, Tocantins, Brasil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v.35, p. 141-148.1993.

VAZQUEZ-PROKOPEC, G. M; KITRON, U; MONTGOMERY, B; HORNE, P; RITCHIE, S. A. Quantifying the spatial dimension of Dengue virus epidemic spread within a tropical urban environment. **PLoS Neglected Tropical Diseases.**, v. 4, n.12, p. 920-947. 2010.

VIANA, A. M. A., GOMES, L. M. Q., CASTRO, S. P., PEREIRA, C. T. M., FEITOSA, A. L. P. M. Avaliação prospectiva sobre o uso de geoprocessamento no estudo de casos de Dengue. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, e47711629563-e47711629563. 2022.

VILELA, A. P. P. **Monitoramento do Dengue vírus circulante em larvas e mosquitos adultos de Aedes aegypti.** 2007. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. 2007, p. 100.

ZACHARIAS, A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental: um estudo de caso no Município de Ourinhos-SP.** 2006. 209f. Tese (Doutorado em Geografia) –Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

ZACHARIAS, A. A.; GUERRA, F. C. O mapeamento das áreas vulneráveis aos riscos ambientais e as políticas públicas municipais para a sustentabilidade do patrimônio ambiental urbano. **Geografia e Pesquisa**, v. 9, n. 1, 2015.

ZACHARIAS, A. A.; VENTORINI, S.E. A Cartografia de síntese, o ambiente e a paisagem: caminhos, desafios, perspectivas e proposta metodológica. **Geografia: Publicações Avulsas**, v. 3, n. 1, p. 107-144, 2021.

XIANG, J., HANSEN, A., LIU, Q., LIU, X., TONG, M. X., SUN, Y., BI, P. Association between Dengue fever incidence and meteorological factors in Guangzhou, China, 2005–2014. **Environmental research**, v. 153, p. 17-26, 2017.

World Health Organization (WHO). **Dengue and severe Dengue.** Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/Dengue-and-severe-Dengue>. Atualizado em 2020. Acesso em: 21 de abril de 2020.