

ANÁLISE ESPACIAL DAS ONDAS EPIDÊMICAS DE DENGUE NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL
SPATIAL ANALYSIS OF DENGUE EPIDEMIC WAVES IN THE FEDERAL DISTRICT, BRAZIL

Krishna Mara Rodrigues Freire

Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Ambiente e Saúde - LAGAS, Brasília, DF, Brasil
Laboratório Misto Internacional – LMI Sentinela (UnB – Fiocruz – IRD), Brasília-DF e Rio de Janeiro-RJ, Brasil e Montpellier, França
kikimara@hotmail.com

Leandro da Silva Gregorio

Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal. Brasília, DF, Brasil
leandro.sgregorio7@gmail.com

Gilson Panagiotis Heusi

Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Ambiente e Saúde - LAGAS, Brasília, DF, Brasil
Laboratório Misto Internacional – LMI Sentinela (UnB – Fiocruz – IRD), Brasília-DF e Rio de Janeiro-RJ, Brasil e Montpellier, França
gilson.ph@gmail.com

Gabriel Bueno Leite

Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Ambiente e Saúde - LAGAS, Brasília, DF, Brasil
gabrielbuenosdf@gmail.com

Fabiano Martins

Secretaria de Saúde do Distrito Federal, Subsecretaria de Vigilância à Saúde, Brasília, DF, Brasil
fabianoenfermeiro2@gmail.com

Walter Ramalho

Universidade de Brasília, Núcleo de Medicina Tropical - NMT, Brasília, DF, Brasil
walter.ramalho@gmail.com

Zhichao Li

Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
lizc@igsrr.ac.cn

Nadine Dessay

Laboratório Misto Internacional – LMI Sentinela (UnB – Fiocruz – IRD), Brasília-DF e Rio de Janeiro-RJ, Brasil e Montpellier, França
ESPACE-DEV, Institut de Recherche pour le Développement, Université de la Réunion, Université des Antilles, Université de Guyane, Université de Montpellier, Montpellier, França
nadine.dessay@ird.fr

Emmanuel Roux

Laboratório Misto Internacional – LMI Sentinela (UnB – Fiocruz – IRD), Brasília-DF e Rio de Janeiro-RJ, Brasil e Montpellier, França
ESPACE-DEV, Institut de Recherche pour le Développement, Université de la Réunion, Université des Antilles, Université de Guyane, Université de Montpellier, Montpellier, França
emmanuel.roux@ird.fr

Helen Gurgel

Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Ambiente e Saúde - LAGAS, Brasília, DF, Brasil
Laboratório Misto Internacional – LMI Sentinela (UnB – Fiocruz – IRD), Brasília-DF e Rio de Janeiro-RJ, Brasil e Montpellier, França
helengurgel@unb.br

Recebido em: 09/06/2022

Aceito para publicação em: 06/09/2022.

RESUMO

A dengue vem impactando a saúde pública nas últimas décadas. No Distrito Federal, as epidemias têm sido recorrentes e recorde em número de casos registrados. Embora apresente padrões sazonais, sua transmissão está associada à organização das dinâmicas urbanas e ambientais. Este artigo tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal de dengue no espaço urbano do DF entre 2014 e 2019. A análise geoestatística foi utilizada para identificar as alças epidêmicas de dengue. A escala geográfica foi composta pelas áreas urbanas utilizadas pela Secretaria de Saúde do Distrito Federal. A análise temporal ocorreu por biênios, a partir da data de início e a duração em semanas epidemiológicas. Buscou-se verificar o padrão espaço-temporal da doença, inferir a velocidade de transmissão e identificar as áreas de maior persistência. Observou-se que não há homogeneidade espaço-temporal quanto ao início e duração das alças epidêmicas. Existem diferenças no processo de dispersão e velocidade de transmissão em períodos epidêmicos e não epidêmicos. Os padrões de dispersão estão relacionados à sazonalidade climatológica e a ocorrência dos casos apresenta 'núcleos', dos quais determinadas áreas tendem a dispersar a doença para áreas adjacentes, que precisam de maior atenção para prevenir a dispersão da doença.

Palavras-chave: Dengue. Alças epidêmicas. Análise espaço-temporal. Geoestatística.

ABSTRACT

Dengue has impacted public health in recent decades. In the Federal District, epidemics have been recurrent and record number of cases registered. Although it presents seasonal patterns, its transmission is associated with the organization of urban and environmental dynamics. This article aims to analyze the spatio-temporal dynamics of dengue in the urban space of the Federal District between 2014 and 2019. Geostatistical analysis were used to identify dengue epidemic loops. The geographic scale was composed of the urban areas used by the Health Department of the Federal District. The temporal analysis occurred for biennium, from the start date and the duration in epidemiological weeks. We sought to verify the spatio-temporal pattern of the disease, infer the transmission speed and identify the areas of greatest persistence. It was observed that there is no spatio-temporal homogeneity regarding the beginning and duration of epidemic loops. There are differences in the process of dispersion and speed of transmission in epidemic and non-epidemic periods. The patterns of dispersion are related to climatological seasonality and the occurrence of cases presents 'nuclei', of which certain areas tend to disperse the disease to adjacent areas, that need more attention to prevent the spread of the disease were identified.

Keywords: Dengue. Epidemic loops. Spatio-temporal analysis. Geostatistics.

INTRODUÇÃO

A dengue é uma arbovirose urbana transmitida principalmente pelo *Aedes Aegypti*. Outro transmissor do vírus é o *Aedes Albopictus* que apesar de não ser o principal vetor no Brasil, também tem uma ampla capacidade de adaptação no meio urbano (TAUIL, 2001). O agente etiológico é o vírus dengue (DENV) do gênero Flavivírus (WHO, 2021). No Brasil foram identificados quatro sorotipos em todas as regiões brasileiras (CHURAKOV et al., 2019).

A dengue tem natureza epidêmica-endêmica e pode variar de casos assintomáticos a graves e óbitos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) incluiu a dengue entre as "dez prioridades de saúde" do mundo, devido a sua ameaça potencial à saúde nas últimas décadas (WHO, 2021). Apesar dos padrões

sazonais, o predomínio do ciclo de transmissão se relaciona com mudanças ambientais e a urbanização (FARES et al., 2015).

A doença tem sido um grave problema de saúde pública, sobretudo, em países tropicais, desde o século XVIII (VANWAMBEKE et al., 2006). Mas, segundo a OMS, a dengue tem se difundido também nos países temperados (WHO, 2021).

O Brasil é um dos países considerados endêmicos, no qual a doença mais cresceu desde a reemergência do vírus na década de oitenta (SIQUEIRA et al., 2005). Em 2019, o Brasil foi responsável por notificar mais de 1,5 milhão de casos (taxa de incidência de 735,2 casos por 100.000 habitantes) de dengue no país, sendo a Região Centro-Oeste a de maior incidência do país, 1.349,1 casos/100.000 habitantes (BRASIL, 2020).

O Distrito Federal, localizado na Região Centro-Oeste, foi responsável por cerca de 54 mil casos de dengue e apresentou um aumento significativo na circulação dos tipos 1 e 2 da doença nos últimos anos (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2021).

No Distrito Federal (DF) os primeiros casos autóctones, foram registrados a partir do final da década de 90 (DÉGALLIER, 2000). Desde então, houve aumento da incidência e sua presença atualmente é registrada em todas as regiões do DF (DRUMOND et al., 2020). Recentemente, tem ocorrido a circulação simultânea de outras arboviroses transmitidas pelo mesmo vetor. Em 2014, foram registrados os primeiros casos de Chikungunya (CHIKV) e em 2015 os primeiros casos de Zika (ZIKV) (BRASIL, 2019).

Desde a criação do DF na década de 60, a sua organização espacial foi marcada por um forte processo de expansão urbana e de incremento populacional, formando núcleos urbanos segmentados, tanto próximo a área central como em áreas periféricas, tanto de alto como de baixos níveis socioeconômicos. Esse arranjo influenciou a horizontalização, alargando cada vez mais o perímetro urbano no entorno da área planejada de Brasília. Consequentemente, foram ocupadas áreas de cerrado, com deficiência de infraestrutura (rede de água, esgoto, coleta de lixo, drenagem e pavimentação) (COSTA e LEE, 2019).

Estudos recentes demonstram que a dinâmica das áreas urbanas tem influenciado na distribuição e dinâmica da Dengue no DF, associando a crescente incidência da dengue com as mudanças ambientais e a urbanização, modificando os padrões dessa doença tropical (SIQUEIRA et al., 2017; ANGELO et al., 2020).

Alguns estudos destacam a importância de técnicas de análise espacial para auxiliar a análise da espacialização da doença, como Li et al. (2020) que propõem mapas de uso da terra urbana com resolução espacial fina que podem ser úteis para estudos relacionados à paisagem da dengue. Gregorio et al. (2019a) aplicaram o método *people in pixel*, utilizando classes de níveis de densidade urbana, para estimar a população da área de estudo em uma série temporal e calcular a taxa de incidência de dengue e evidenciar a dinâmica da dengue num espaço urbano em expansão.

Por se tratar de uma doença de forte dinâmica sazonal, os processos da dengue se manifestam no espaço por ondas de espalhamento, condicionadas pela presença do vetor, condições ambientais e mobilidade da população. Portanto, conhecer em detalhes o comportamento espaço-temporal da dengue se tornam subsídios fundamentais para a vigilância e controle da doença (VANWAMBEKE et al., 2006).

Segundo Silva et al. (2017), técnicas de análise espacial têm sido utilizadas para caracterizar e analisar a dinâmica dos espaços urbanos e avaliar o efeito das diferenças intraurbana nas notificações por dengue. Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é analisar o comportamento espaço-temporal

das ondas epidêmicas de dengue no DF, entre os anos de 2014 e 2019, através do seu deslocamento, sazonalidade e duração e verificar se a ocorrência da doença ocorre por padrões espaço-temporais bem definidos. Também buscou-se evidenciar a velocidade de transmissão e a identificação das áreas do DF que necessitam de maior atenção do monitoramento e controle da doença.

DADOS E MÉTODOS

A metodologia adotada, se baseou nos trabalhos de Xavier et al. (2017) e Almeida et al. (2008), que utilizaram técnicas geostatísticas, para analisar ondas epidêmicas de dengue no Rio de Janeiro - RJ e Belo Horizonte - MG. Foi considerado o conceito adaptado de ondas ou alças epidêmicas dos casos partindo da semana epidemiológica do início dos sintomas de ALMEIDA et al. (2008), que caracterizam-se pelo período no qual a taxa de incidência é maior ou igual a 100 casos por 100 mil habitantes por, pelo menos, duas semanas epidemiológicas consecutivas. O critério adotado para o início de cada alça é a primeira semana epidemiológica com casos consecutivos e, para o término, se não houve nenhum caso notificado em duas semanas epidemiológicas.

A adaptação foi realizada a fim de filtrar casos sequenciais considerando as alças com taxa de incidência média de dengue de acordo com o Ministério da Saúde que, por meio do Boletim Epidemiológico da dengue, classifica as taxas de incidência em baixa (até 100 casos/100 mil habitantes), média (de 101 a 299 casos/100 mil habitantes) e alta (300 casos ou mais/100 mil habitantes) (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2021).

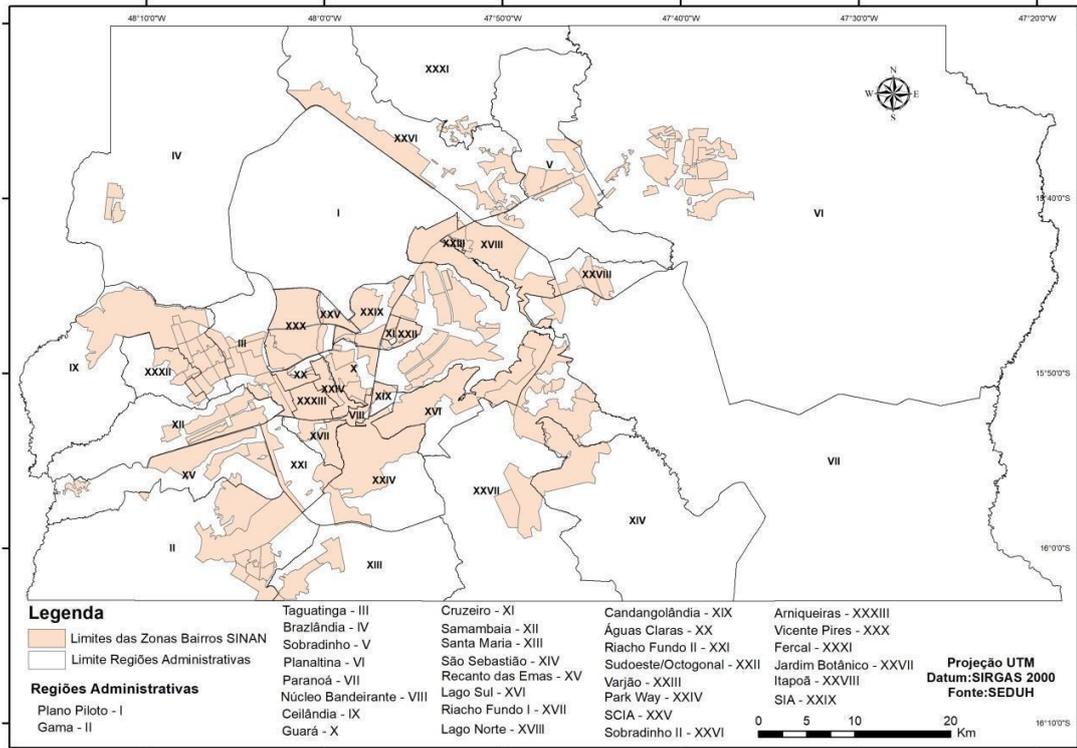
As semanas epidemiológicas que foram a base para fazer a análise sob os critérios apresentados foram: semana 36 de 2014 a semana 36 de 2015 (agosto de 2014 a setembro de 2015); semana 39 de 2015 a semana 39 de 2016 (setembro de 2015 a setembro de 2016); semana 44 de 2016 a semana 35 de 2017 (outubro de 2016 a setembro de 2017); semana 38 de 2017 a semana 31 de 2018 (setembro de 2017 a agosto de 2018); semana 38 de 2018 a semana 51 de 2019 (setembro de 2018 a dezembro de 2019).

Os dados de dengue foram disponibilizados pela Secretaria de Saúde (SES-DF) da base de dados do SINAN-Dengue (BRASIL, 2020). Foram utilizados os casos notificados de residentes no DF (autóctones) ocorridos entre outubro de 2014 e junho de 2019. Foram utilizados esses meses, pois foi identificado que o ciclo da dengue no DF ocorre entre outubro e junho (DRUMOND et al., 2020; RAMALHO et al., 2017). Os dados populacionais para denominadores do cálculo das taxas de incidência foram obtidos através da base *WorldPop* (2020).

O *WorldPop* é um projeto que tem por objetivo estimar e espacializar a população de vários continentes do mundo, a partir de conjuntos de dados como imagens de satélite, censos, dados telefônicos, utilizando técnicas estatísticas robustas, em diferentes grades (WORLDPOP, 2020). Os dados são úteis, principalmente, para estudos de população em anos não censitários. Os dados populacionais disponíveis para o DF foram obtidos de uma grade de 100m x 100m.

O recorte espacial do estudo foram unidades amostrais específicas utilizadas pela SES-DF e correspondem ao nível de agregação de 88 zonas urbanas distribuídas no DF, denominadas 'Zonas Bairro SINAN' (ZBS) e distribuídas nas 32 Regiões Administrativas (RA) que compunham a organização administrativa do DF em 2019 (Figura 1).

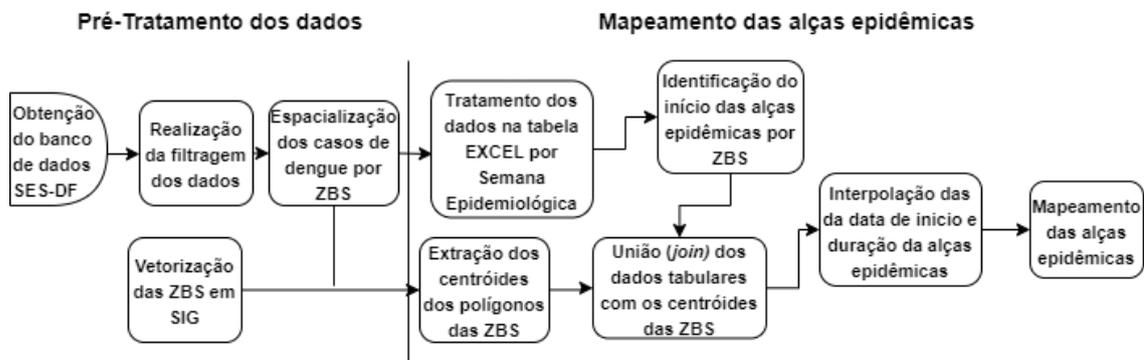
Figura 1 – Limites das 88 Zonas Bairro SINAN (ZBS) e das 32 Regiões Administrativas (RA) do DF



Fonte: GeoPortal/SEDUH. Elaboração: Elaborada pelos próprios autores

O estudo foi realizado em duas etapas, na primeira foi realizado o pré-tratamento dos dados e, na segunda, a análise espaço-temporal a partir do mapeamento das alças epidêmicas (Figura 2).

Figura 2 - Etapas metodológicas para obtenção das alças epidêmicas



Elaboração: Elaborada pelos próprios autores

Após realizar o pré-processamento dos dados (filtragem dos casos autóctones e organização dos dados por semana epidemiológica e ZBS), foi realizado o mapeamento e análise do início e da duração das alças epidêmicas.

A identificação do início das alças é tão importante quanto verificar sua duração, pois permite comparar ambas as superfícies estatísticas. Portanto, pode-se verificar quais áreas se destacam, devido ao início de ocorrência dos casos e quanto tempo elas duram.

A análise conjunta dessas duas variáveis, pode servir de subsídios para a identificação de que fatores (ambientais, sociais ou epidemiológicos) que podem influenciar nesta dinâmica espaço-temporal da doença no DF.

O processo de identificação e mapeamento das alças epidêmicas foi realizado da seguinte forma:

- (i) em uma planilha eletrônica os casos de dengue foram organizados por semana epidemiológica;
- (ii) foi realizada a identificação manual na planilha de dados, do início e término das alças epidêmicas para cada ZBS. O término da alça ocorre quando há a relação inversa;
- (iii) o mapeamento das alças epidêmicas foi elaborado por meio do software de geotecnologia ArcGIS versão 2.16. Inicialmente foram extraídos os centróides dos polígonos das ZBS, gerando um arquivo vetorial do tipo ponto. Posteriormente, foi realizada a união (*join*) dos centróides com as alças epidêmicas de cada ZBS;
- (iv) em seguida, foram mapeadas as alças epidêmicas utilizando a técnica de interpolação espacial. As variáveis utilizadas foram a semana epidemiológica de início da alça epidêmica e a duração das mesmas. Frisa-se que tais processamentos foram realizados separadamente e as variáveis foram codificadas numericamente viabilizando as interpolações. A codificação se deu apenas para gerar a superfície estatística do início da alça. Foi utilizado o interpolador de ponderação do inverso do quadrado da distância (IDW) (DRUCK et al., 2004) com suavização (*smooth*). Este interpolador apresenta menor generalização, permitindo identificar as variabilidades espaciais com melhor clareza (GREGORIO et al., 2019b). Também foi utilizada a camada de mancha urbana do DF, da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH, 2020) com o intuito de limitar o alcance da interpolação e a predição espacial se restringirem as áreas efetivamente habitadas do DF (GREGORIO et al., 2019b);
- (v) Por último, foram elaborados mapas coropléticos que, segundo Archela e Théry (2008), é o método cartográfico mais adequado para representar fenômenos ordenados. Salienta-se que no mapeamento do início das alças epidêmicas foi utilizada como variável a semana epidemiológica, porém optou-se por representar no mapa os meses nos quais estas semanas estão inseridas para facilitar a visualização e interpretação da informação em questão.

A partir do mapeamento do início e da duração das alças epidêmicas, buscou-se identificar padrões de difusão, de velocidade e de ocorrência de áreas 'núcleo' de espalhamento da dengue.

Segundo Catão (2012), a velocidade de difusão de um fenômeno pode ser observada através do formato das isócronas (linhas de interpolação, cuja variável Z é uma unidade de tempo). Assim, formas alongadas (quando as isócronas estão mais distantes), indicam uma maior velocidade de difusão. Porém, quando elas estão mais próximas (formato concêntrico ou circular) há uma indicação de velocidade de difusão menor.

RESULTADOS

De acordo com os boletins epidemiológicos da SES-DF, os anos epidêmicos de dengue no DF (taxa de incidência maior que 300 casos por 100 mil habitantes) (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2021)

no período de estudo ocorreram em 2014, 2015, 2016 e 2019. Ao analisar os dados pelos períodos epidêmicos, o período de concentração dos casos ocorre em algumas semanas epidemiológicas, que dependendo da duração das alças epidêmicas, podem começar em um determinado mês de um ano e durar até o ano subsequente.

Portanto, como supracitado, foram analisadas as semanas epidemiológicas nos seguintes períodos: semana 36 de 2014 a semana 36 de 2015 (agosto de 2014 a setembro de 2015); semana 39 de 2015 a semana 39 de 2016 (setembro de 2015 a setembro de 2016); semana 44 de 2016 a semana 35 de 2017 (outubro de 2016 a setembro de 2017); semana 38 de 2017 a semana 31 de 2018 (setembro de 2017 a agosto de 2018); semana 38 de 2018 a semana 51 de 2019 (setembro de 2018 a dezembro de 2019).

Para auxiliar a visualização e a interpretação dos resultados apresentados nos mapas, o DF foi dividido em quadrantes (Q1 a Q4). Esta divisão não apresenta relação com zoneamentos governamentais, sendo apenas para fins ilustrativos.

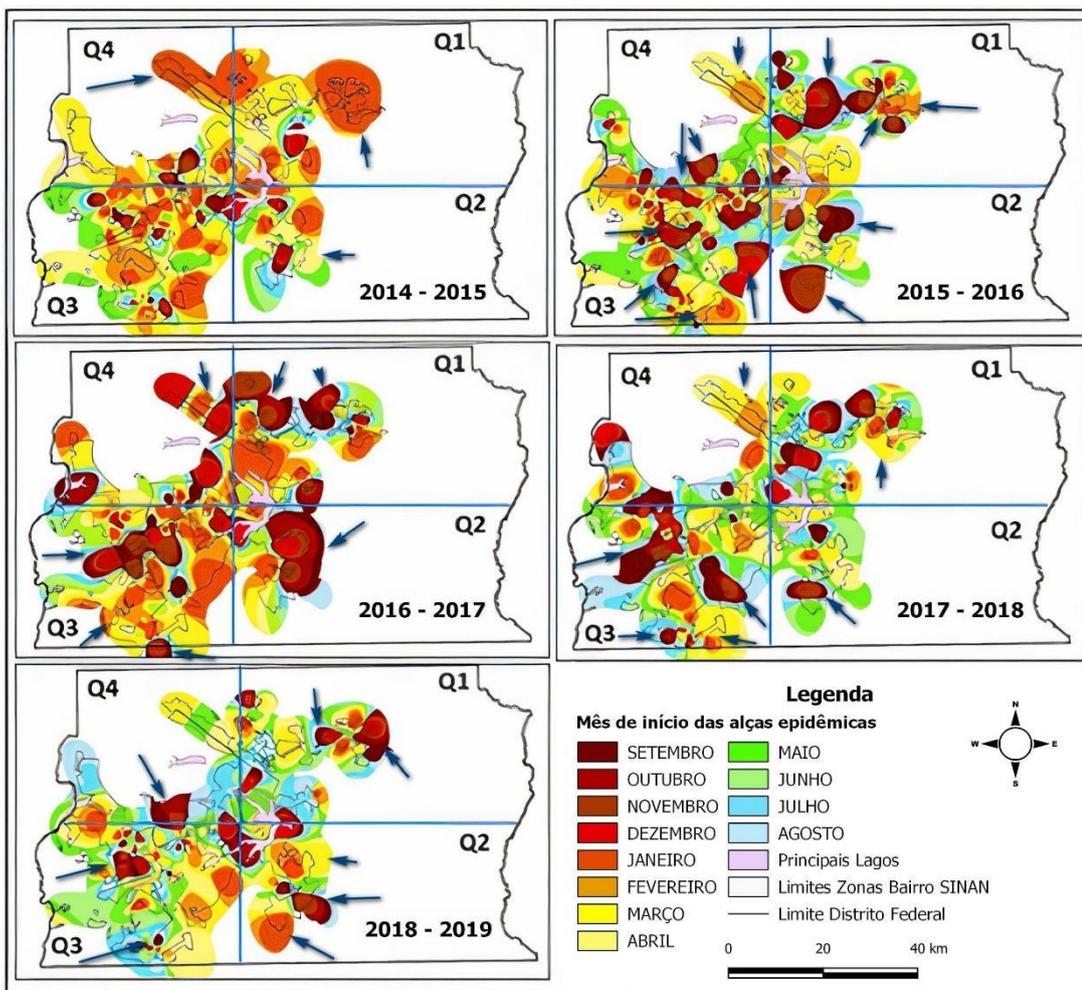
Ao analisar os meses de início das alças epidêmicas (Figura 3), é possível notar a ausência de um sentido linear claramente definido de difusão. Nota-se pelo formato das isócronas, a ocorrência de áreas onde o início dos casos varia entre setembro e outubro de um ano e se estendem até o mês de maio do ano subsequente e outras que apresentam início 'tardio' (março ou abril) terminando entre julho e agosto. Percebe-se que o padrão de difusão se dá a partir de áreas 'núcleo' nos quatro quadrantes do DF (Q1 a Q4), para áreas adjacentes em maior ou menor velocidade. Estas áreas 'núcleo', não representam a concentração de casos, mas onde começou e se espalhou.

Nos períodos: 2015-2016, 2016-2017 e 2017-2018, na porção norte dos quadrantes 1 e 4 (Q1 e Q4), nas porções leste e sudeste do quadrante 2 (Q2) e na posição oeste do quadrante 3 (Q3), ocorreram alças de formato alongado (conforme apontam as setas na figura 3), concentrando-se entre os meses de setembro e janeiro.

Uma vez que 2015 e 2016 foram anos epidêmicos e considerando o formato dessas alças, as áreas abrangidas e o tempo de início delas, percebe-se que a difusão da doença foi acelerada e, concomitante, em várias áreas do DF.

Embora 2017 não seja considerado um ano epidêmico e dado que existam alças com estas características citadas, o período 2017-2018 pode ser uma continuação do evento epidêmico de 2016 em algumas áreas que apresentaram uma difusão mais rápida da dengue.

Figura 3 – Mapa do início das alças epidêmicas do DF



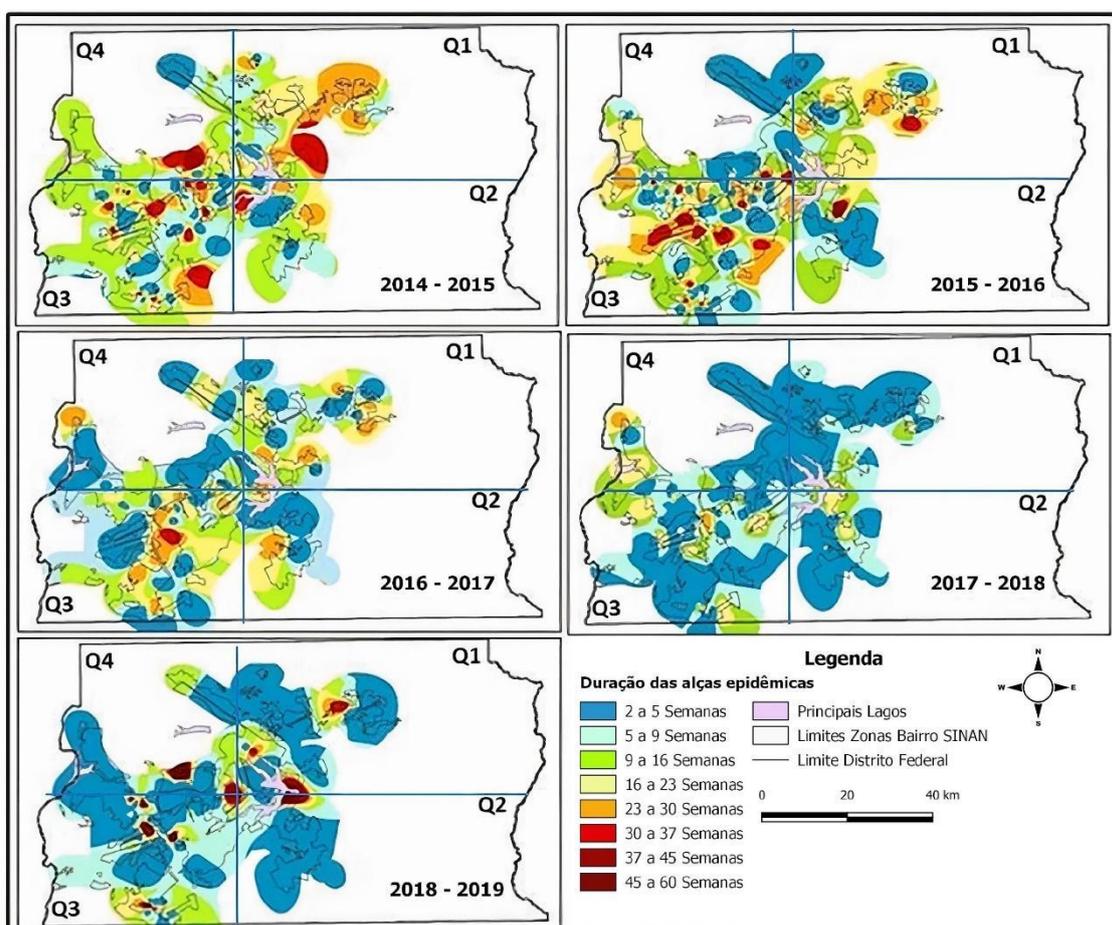
Fonte: Secretaria de Saúde do Distrito Federal (SES-DF) e GeoPortal/SEDUH. Elaboração: Elaborada pelos próprios autores

Constatou-se que o início das alças epidêmicas entre setembro e outubro ocorreram recorrentemente em algumas áreas específicas, tanto nos anos epidêmicos como nos não-epidêmicos, diferenciando-se apenas pelo formato das isócronas (nos anos não epidêmicos são concêntricas e nos anos epidêmicos, alongadas). Ou seja, quase sempre as primeiras alças epidêmicas se iniciam nas mesmas zonas se expandindo posteriormente para as zonas adjacentes.

Pode-se destacar as zonas situadas nas RA de Samambaia (oeste do Q3), São Sebastião (leste do Q2), Planaltina (leste do Q1), Sobradinho (oeste do Q1) e Estrutural/SCIA (Sul do Q4). Estas áreas têm como características comuns a população de nível socioeconômico médio e baixo, apresentam deficiência em serviços e infraestrutura urbanos, expansão urbana acelerada em alguns setores e conversão de áreas periurbanas ou rurais em urbanas, tendo como consequência a fragmentação de vegetação de cerrado (SEDUH, 2020).

Na figura 4, os períodos 2016-2017; 2017-2018 e 2018-2019 se destacam. Em boa parte do DF, as alças tiveram uma duração entre 2 e 9 semanas. Embora haja exceções (principalmente em 2015-2016 e 2018-2019), as alças epidêmicas que começam preteritamente (setembro ou outubro) e ocorrem em período 'não epidêmico', têm duração mais curta. Pode-se citar como exemplo, as alças que ocorreram na região Samambaia (oeste do Q3) e Sobradinho (oeste do Q1).

Figura 4 – Mapa da duração das alças epidêmicas do DF



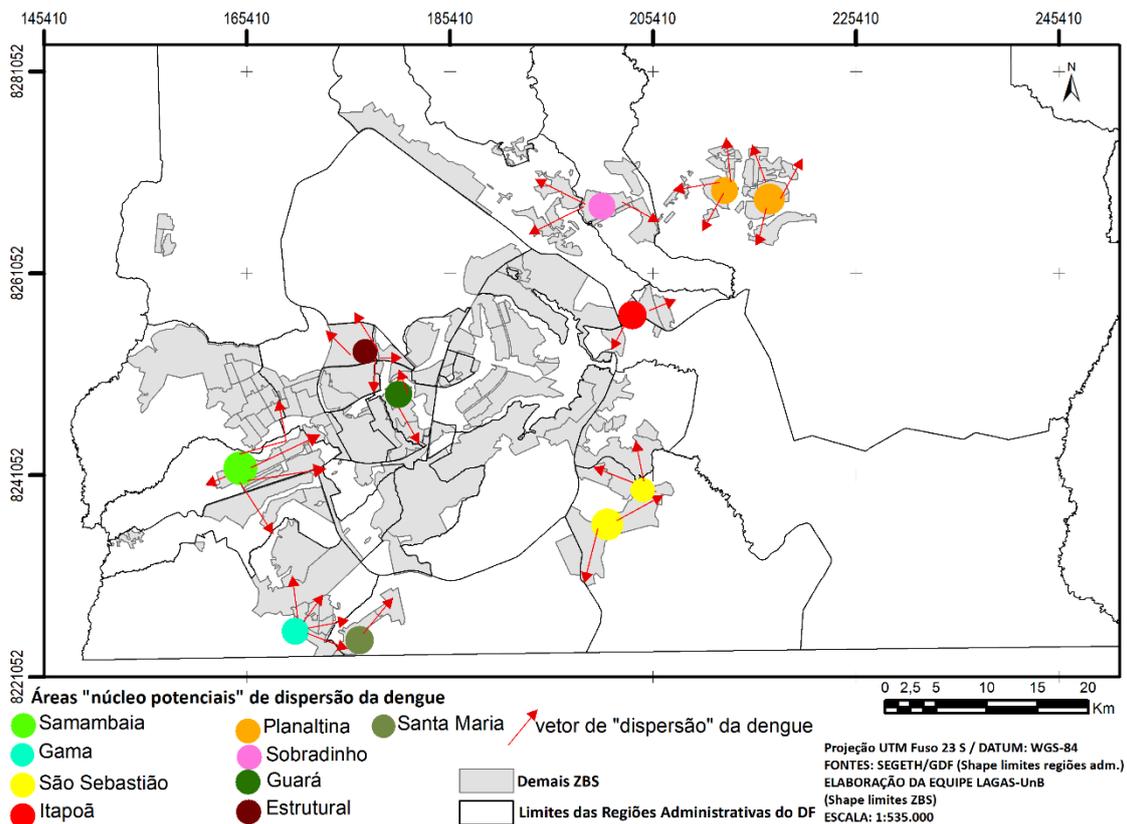
Fonte: Secretaria de Saúde do Distrito Federal (SES-DF) e GeoPortal/SEDUH. Elaboração: Elaborada pelos próprios autores

Outra observação que pode ser feita, sobretudo no período 2014-2015 e 2015-2016, foi uma maior presença de áreas com isócronas de longa duração (30 a 60 semanas), o que indica que nesses locais a transmissão da dengue ocorreu pelo menos por 6 meses. Em alguns locais, houve transmissão durante o ano todo e parte do ano seguinte, como foi no caso das zonas situadas na Estrutural (sul do Q4) em 2014-2015 e ao sul de Planaltina (centro do Q1) em 2015-2016.

Se tomarmos como base todos os períodos do recorte temporal estudado, percebe-se que existem algumas zonas as quais as alças epidêmicas, tanto em períodos epidêmicos e não epidêmicos, apresentaram longa duração e início entre setembro e janeiro quase que regularmente. Assim, há indícios consideráveis que estas zonas atuam como núcleos de dispersão da dengue, isto é, zonas nas quais os casos começam primeiro perdurando ao longo do ano e disseminando para as áreas adjacentes.

Citam-se essas potenciais áreas 'núcleo' as zonas situadas em Samambaia (oeste do Q3), Estrutural (Sul do Q4), Guará (oeste do Q3), Planaltina (leste do Q1), Sobradinho (oeste do Q1), São Sebastião (leste do Q2), Gama e Santa Maria (sul do Q3) e Itapoã (sul do Q1). A figura 5 ilustra esquematicamente essas áreas e os vetores de dispersão da dengue.

Figura 5 – Mapa esquemático de áreas 'núcleo' de dispersão da dengue no DF



Fonte: Secretaria de Saúde do Distrito Federal (SES-DF) e GeoPortal/SEDUH. Elaboração: Elaborada pelos próprios autores

DISCUSSÃO

Em estudo sobre a dinâmica da dengue em São José do Rio Preto, cidade do interior de São Paulo (GALLI e CHIARAVALLOTTI; 2008), qualificaram as áreas estudadas de acordo com a intensidade e duração das alças epidêmicas, as quais estariam ligadas a existência de fontes de espalhamento de

casos de dengue para outras áreas de transmissão. Ao analisar a intensidade e duração dessas alças no DF, percebe-se que em situações epidêmicas, o início das alças tende a começar entre setembro ou outubro de um ano e se prolongar para o ano seguinte, sendo a transmissão presente praticamente o ano todo e não de forma concentrada em algumas semanas. A mesma constatação dessa dinâmica foi observada por Drumond et al. (2020), que analisou a dinâmica da dengue no DF entre 2007 e 2017.

Ressalta-se que o início das primeiras alças epidêmicas coincide com as primeiras chuvas logo após o período seco (setembro ou outubro) que ocorre no DF. Após esse intervalo, as alças se intensificam entre fevereiro e maio. Neste período, em geral, as chuvas permanecem de forma mais bem distribuída (entre 30 mm e 130 mm/mês), o que facilita o acúmulo de água no ambiente (INMET, 2021). Associado às temperaturas médias mais altas nesse período (INMET, 2021), as condições climáticas favorecem a procriação e dispersão dos vetores da dengue (CHURAKOV, 2019). O intervalo entre junho e agosto marca o período seco, no qual há uma redução considerável da transmissão da doença do DF. Esses resultados corroboram com os encontrados por Siqueira et al. (2017), que analisaram a dengue com a dinâmica climática no DF entre 2007 e 2014.

Deve-se considerar que esta condição de dinâmica sazonal da dengue aconteceu principalmente nas regiões em que os casos de dengue tendem a ocorrer primeiro e em maior intensidade (Figura 5). Reforça-se que, mesmo em condições não epidêmicas, estas áreas podem apresentar uma transmissão de dengue constante.

As alças epidêmicas que começaram entre setembro e dezembro, possuíam o maior número de casos consecutivos por semanas epidemiológicas. Esse fenômeno não é observado com as alças que começaram tardiamente (fevereiro a maio).

De acordo com Lowe et al. (2014), que também estudaram a dengue na região central do Brasil, a partir do mês de junho, a previsão indica substancialmente o baixo risco de casos de dengue, tendo como base as características climatológicas, que no período entre junho a agosto não favorecem os vetores.

Dessa forma, é possível perceber que a dinâmica do clima do DF contribui sensivelmente para a velocidade de transmissão. Não obstante, há fatores importantes nessa dinâmica que precisam ser considerados.

Guimarães, Catão e Casagrande (2018) ao analisarem os complexos patogênicos da dengue no estado de São Paulo, verificaram que as principais rodovias que ligam o oeste paulista à capital, atuam como um importante canal de dispersão da dengue, criando corredores para a dispersão da dengue nesse estado. Os autores demonstram ainda, que alguns locais do estado não têm taxas de dengue tão fortes, devido a atuação de algum efeito de barreira, como o clima e o próprio relevo (topografia).

Uma das hipóteses que pode ser considerada para compreender o início mais cedo e com maior duração das alças epidêmicas em algumas áreas específicas do DF, é o processo de expansão urbana recente (COSTA e LEE, 2019) que normalmente não são acompanhadas com uma infraestrutura urbana e serviços públicos adequados. Como exemplo, se pode citar as recentes expansões urbanas, oriundas da conversão de áreas periurbanas ou rurais, em parte de Samambaia (oeste do Q3), parte de São Sebastião (leste do Q2) e em alguns setores de Planaltina (leste do Q1). Nesses locais, a rápida expansão urbana tem resultado na fragmentação da vegetação do cerrado e em alguns casos há ocupação de áreas úmidas ou próximas à mata de galeria (vegetação de porte arbóreo na margem de cursos d'água) (ANGELO et al., 2020).

No que concerne ao padrão de espalhamento da dengue observado no período 2014-2019, se compararmos com o estudo de Gregório et al. (2019b), o qual aplicou o mesmo método analítico para o período 2007-2014, se verificou resultados semelhantes para as mesmas áreas destacadas entre 2014 e 2019, e o padrão das isócronas de duração e início das alças epidêmicas. No referido estudo,

os autores detectaram também, que a dengue no período de 2007 a 2014 não possuía um sentido preferencial de deslocamento, mas que existiam áreas nas quais tendem a surgir antecipadamente e se espalham para áreas adjacentes.

Se compararmos o padrão observado no DF como os apresentados por Guimarães, Catão e Casagrande (2018) no estado São Paulo, Xavier et al. (2017) na cidade do Rio de Janeiro e Almeida et al. (2008) em Belo Horizonte, todos conseguiram identificar um sentido preferencial de espalhamento da dengue. No caso da cidade do Rio de Janeiro (XAVIER et al., 2017) e no estado de São Paulo (GALLI e CHIARAVALLI, 2008), a dispersão da dengue está relacionada aos grandes eixos viários (rodovias e vias expressas) por onde transitam um grande número de veículos e pessoas diariamente.

No Rio de Janeiro, Xavier et al. (2017) identificaram alguns surtos epidêmicos se dispersando principalmente dos bairros da zona norte em direção à zona oeste entre 2000 e 2013 e outros momentos entre o centro do Rio e em direção à zona sul.

Almeida et al. (2008) tiveram como escala de análise os setores censitários e como método de análise o Índice de Moran. Foi observado que em todas as alças epidêmicas houve concentração de setores com altas taxas de incidência circundados por vizinhos com taxas elevadas, como também áreas de baixa incidência com vizinhança apresentando valores relativamente baixos. Dessa forma, as alças em Belo Horizonte ocorreram em porções bem definidas da cidade.

Desse modo, no DF, embora haja regiões que podem estar atuando como áreas de dispersão da dengue, nem sempre isto ocorre de forma simultânea. Mesmo entre elas, há alternância entre as que apresentam uma maior dinâmica de dispersão e longa duração da transmissão em determinados anos.

Portanto, é necessário ponderar alguns aspectos que podem contribuir para um melhor entendimento dessa dinâmica. Convém mencionar que um melhor georreferenciamento dos casos por endereço ou outro recorte espacial mais detalhado do que as ZBS, poderiam demonstrar melhor a dinâmica espaço-temporal. Além disso, para compreender os fatores que podem contribuir para essa dinâmica, há a necessidade de realização estudos complementares, no sentido de investigar, por exemplo, a influência dos microclimas, características dos tipos de ambientes urbanos e da vegetação, bem como se os fluxos pendulares e circulação de veículos podem ou não estar relacionados nos diferentes processos de transmissão da doença.

CONCLUSÕES

Apesar das limitações e questões em aberto, o estudo abriu uma via de investigação no sentido de verificar como as características geográficas, sociais e epidemiológicas no DF podem ajudar a entender a difusão dos agravos.

Xavier et al. (2017) evidenciam essa mesma questão e exalta a importância da existência de uma divisão (uma unidade ou órgão multisetorial) para o entendimento da difusão e dos novos casos de dengue no Rio de Janeiro.

Importante ressaltar que apesar das atuais limitações apontadas, os resultados podem ser úteis para os órgãos de vigilância em saúde, pois a análise realizada pôde proporcionar uma visão do comportamento do tempo-espaço em um nível de detalhe, que apesar de ainda não ser o ideal, vai além da visão analítica em escalas de menor detalhe (MARTÍNEZ-BELLO; LÓPEZ-QUÍLEZ; TORRES PRIETO, 2017) como região administrativa e superintendência de saúde.

Ao passo que os resultados trouxeram uma abordagem da dinâmica da doença, podem contribuir para tomadas de decisão, como a definição de áreas prioritárias de controle da dengue ou ainda a realização de estudos piloto.

Deste modo, conclui-se que durante o período estudado foi possível observar que o DF apresenta um padrão de dispersão de dengue tendencialmente 'poli nuclear', na qual algumas zonas tendem a apresentar ocorrência de casos a partir do mês de setembro e se estendendo para os meses subsequentes em episódios epidêmicos de forma acelerada. Em situações não epidêmicas, há tendência de haver uma transmissão mais lenta e pouco mais restrita temporal-espacialmente a partir de áreas 'núcleo'.

Também ficou evidenciado o papel do clima na dinâmica de transmissão da doença, entretanto é necessário investigar outros fatores para melhor compreender o papel dos componentes espaciais e antropro-ambientais na diferenciação do comportamento da dengue no espaço geográfico do Distrito Federal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.C.M.; ASSUNÇÃO, R.M.; PROIETTI, F.A.; CAIAFFA, W.T. Dinâmica intra-urbana das epidemias de dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1996-2002. **Cadernos de Saúde Pública**, v.24, n.10, p.2385-2395, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008001000019>
- ANGELO, M.; RAMALHO, W.M.; GURGEL, H.; BELLE, N.; PILOT, E. Dengue Surveillance System in Brazil: A Qualitative Study in the Federal District. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.17, n.6, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17062062>
- ARCHELA, R.S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção de mapas temáticos. **Confinos [Online]**, n.3, 2008. <https://doi.org/10.4000/confinos.3483>
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema de Informação de Agravos de Notificação-SINAN**. Acessado em abril de 2020. Disponível em: <https://portalsinan.saude.gov.br/>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico** - Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: v.50, n.22, 2019. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/images/pdf/2019/setembro/11/BE-arbovirose-22.pdf>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico** - Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo Aedes (dengue, chikungunya e Zika), Semanas Epidemiológicas 01 a 52. Brasília: Ministério da Saúde, v.51, n.2, 2020.
- CATÃO, R.C. Dengue no Brasil: abordagem geográfica na escala nacional. São Paulo: **Cultura Acadêmica**, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/109225>.
- CHURAKOV, M.; VILLABONA-ARENAS, C. J.; KRAEMER, M. U.; SALJE, H.; CAUCHEMEZ, S. Spatio-temporal dynamics of dengue in Brazil: Seasonal travelling waves and determinants of regional synchrony. **PLoS Negl Trop Dis**, 2019. <https://doi.org/10.1101/475335>
- COSTA, C.; LEE, S. The Evolution of Urban Spatial Structure in Brasília: Focusing on the Role of Urban Development Policies. **Sustainability**, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11020553>
- DÉGALLIER, N.; TEIXEIRA, J.M.S.; VILARINHOS, P.T.R.; PINTO, S.C.F.; PEREIRA, R.D. First isolation of dengue 1 virus from Aedes aegypti in Federal District, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.33, n.1, p.95-96, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822000000100016>
- DRUMOND, B.; ÂNGELO, J.; XAVIER, D.R.; CATÃO, R.; GURGEL, H.; BARCELLOS, C. Dinâmica espaço-temporal da dengue no Distrito Federal, Brasil: ocorrência e permanência de epidemias. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.25, n.5, p.1641-1652, 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020255.32952019>

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. Análise espacial de dados geográficos. Brasília: **Embrapa**, 2004.

FARES, R. C.; SOUZA, K. P.; AÑEZ, G.; RIOS, M. Epidemiological scenario of dengue in Brazil. **BioMed research international**, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/321873>

GALLI, B.; CHIARAVALLI, F.N. Modelo de risco tempo-espacial para identificação de áreas de risco para ocorrência de dengue. São Paulo: **Revista de Saúde Pública**, v.42, n.4, p.656-663, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102008000400011>

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Saúde do Distrito Federal. **Boletins Epidemiológicos** - Dengue, Chikungunya, Zika e Febre Amarela. 2021. Disponível em: <<https://www.saude.df.gov.br/informes-dengue-chikungunya-zika-febre-amarela>>. Acesso em: 3 abr 2021.

GREGORIO, L.S.; GURGEL, H.; DESSAY, N.; SOUSA, G.M.; ROUX, E. Estimativa populacional pelo modelo people in pixel aplicado ao estudo da dengue no Distrito Federal - Brasil. **Confins [Online]**, Paris, n.42, 2019a. <https://doi.org/10.4000/confins.22922>

GREGORIO, L.S.; GURGEL, H.; DESSAY, N.; SOUZA, G.M.; CATÃO, R.C.; RAMALHO, W.M.; ARAUJO, W.N. Análise espacial das ondas epidêmicas de dengue por SIG no Distrito Federal entre 2007 e 2014. In: RIBEIRO, E.A.W.; BECEYRO, C.; SANTOS, F.O. (Org.). Abordagens Geográficas da Vigilância, Prevenção e Promoção da Saúde. Blumenau: **Instituto Federal Catarinense**, p.111-118, 2019b.

GUIMARÃES, R.B.; CATÃO, R.C.; CASAGRANDE, B. Raciocínio geográfico e complexos patogênicos atuais: análise comparativa da Dengue e da Leishmaniose Tegumentar Americana. **Confins [Online]**, n.37, 2018. <https://doi.org/10.4000/confins.15117>

INMET. **Normais climatológicas 1931-2010 da Estação Brasília**. Acessado em março de 2021. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>>.

LI, Z.; GURGEL, H.; DESSAY, N.; HU, L.; XU, L.; GONG, P. Semi-Supervised Text Classification Framework: An Overview of Dengue Landscape Factors and Satellite Earth Observation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.17, n.12, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124509>

LOWE, R.; BARCELLOS, C.; COELHO, C.A.S.; BAILEY, T.C.; COELHO, G.E.; GRAHAM, R. et al. Dengue outlook for the world cup in brazil: an early warning model framework driven by real-time seasonal climate forecasts. **The Lancet - Infectious Diseases**, v.14, n.7, p.619-626, 2014. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)70781-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70781-9)

MARTÍNEZ-BELLO, D. A.; LÓPEZ-QUÍLEZ, A.; TORRES PRIETO, A. Relative risk estimation of dengue disease at small spatial scale. **Int J Health Geogr**, 2017. <https://doi.org/10.1186/s12942-017-0104-x>

RAMALHO, W.R.; SILVEIRA, B.D.; CATÃO, R.C.; BITTAR, R.; ARAUJO, W.N.; GURGEL, H. A Dengue: Contextos Temporal e Social no Distrito Federal. **Brasília em Debate**. Brasília, Codeplan, 2017.

SEDUH. **Sistema de Informações Territoriais e Urbanas do DF**. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/nosurbanos/>. Acesso em: abr 2020.

SILVA, M.S.; BRANCO, M.R.; AQUINO, J.; QUEIROZ, R.C.; BANI, E.; MOREIRA, E.P.; MEDEIROS, M.N.; RODRIGUES, Z.M. Spatial-temporal analysis of dengue deaths: identifying social vulnerabilities.

Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v.50, n.1, p.104-109, 2017.

<https://doi.org/10.1590/0037-8682-0272-2016>

SIQUEIRA, R.; GURGEL, H.; SILVEIRA, B.D.; RAMALHO, W.M. Relações entre a dinâmica ambiental e a dengue no Distrito Federal, Brasil. **Hygeia**, v.13, n.26, 2017.

<https://doi.org/10.14393/Hygeia132619>

SIQUEIRA, J. B. JR; MARTELLI, C. M.; COELHO, G. E.; SIMPLICIO, A. C.; HATCH, D. L. Dengue and dengue hemorrhagic fever, Brazil, 1981-2002. **Emerg Infect Dis**, v.11, p.48-53, 2005.

<https://doi.org/10.3201/eid1101.031091>

TAUIL, P.L. Urbanização e ecologia do dengue. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, 17(Suplemento): p. 99-102, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000700018>

VANWAMBEKE, S. O.; BENTHEM, B. H.; KHANTIKUL, N., BURGHORN-MAAS, C.; PANART, K.; OSKAM, L.; LAMBIN, E. F.; SOMBOON, P. Multi-level analyses of spatial and temporal determinants for dengue infection. **Int J Health Geogr**, p.1-16, 2006. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-5-5>

XAVIER, D.R.; MAGALHÃES, M.A.F.M.; GRACIE, R.; REIS, I.C.; MATOS, V.P.; BARCELLOS, C. Difusão espaço-tempo do dengue no município do Rio de Janeiro, Brasil, no período de 2000-2013.

Cadernos de Saúde Pública, v.33, n.2, p.1-13, 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00186615>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Dengue and severe dengue**. WHO Fact Sheet dengue and severe dengue. Geneva: 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>. Acesso em: out 2020.

WORLDPOP. **WorldPop Datasets**. Acesso em abril de 2020. Disponível em: <https://www.worldpop.org/>. Acesso em: 19 mai 2021.