

REGIONALIZAÇÃO ESTATÍSTICA E PREDISPOSIÇÃO HIERÁRQUICA PARA AS INFECÇÕES POR DENGUE: O CASO DO ESTADO DA BAHIA

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca¹

Resumo: A proposta deste trabalho é realizar a regionalização das áreas com maior incidência de hospitalização por dengue no Estado da Bahia, região Nordeste do Brasil, apontando aquelas com maior potencial para adoecimento em correlação com fatores geográficos de cunho ambiental e socioeconômico. A metodologia do trabalho consistiu na montagem de um banco de dados geográfico constituído, inicialmente, pela localização das notificações de internações por dengue no Estado entre os anos 2009 e 2019; em seguida, esse sistema foi alimentado com variáveis socioeconômicas (como população e porte dos municípios) e ambientais (como bioma, amplitude térmica média anual e umidade). Realizou-se as análises através da estatística descritiva, regressão pelo método StepWise progressivo e a interpolação dos pontos e cokrigagem. Os resultados apontaram para a significância estatística entre as variáveis testadas ($p < 0,01$), com o poder explicativo (R^2 global) igual ou superior a 87,6% no modelo adotado, podendo-se afirmar que a temperatura e o regime das chuvas são responsáveis pela explicação de 69% das taxas de internação, o que está diretamente correlacionado aos fatores ambientais onde o paciente encontra-se inserido. A partir desses fatores realizou-se a cokrigagem, chegando às regiões baianas mais propícias ao agravamento por dengue, a qual a praticamente todo Estado, a não ser, genericamente, à faixa litorânea. O conhecimento dos locais mais críticos para infestação larvária e com maior número de pessoas doentes e internadas é fundamental para que se tomem medidas de mitigação para as anomalias epidêmicas.

Palavras-chave: Taxa de internação. StepWise progressivo. Cokrigagem. Regionalização. Dengue.

STATISTICAL REGIONALIZATION AND HIERARCHICAL PREDISPOSITION FOR DENGUE INFECTIONS: THE CASE OF THE STATE OF BAHIA

Abstract: The proposal of this work is to regionalize areas with the highest hospitalization incidence for dengue in the state of Bahia, in the Northeast region of Brazil, identifying those with the greatest potential for illness in correlation with environmental and socioeconomic geographic factors. The methodology of the work consisted of building a geographic database initially composed of the locations of dengue hospitalization notifications in the state between 2009 and 2019; subsequently, this system was fed with socioeconomic variables (such as population and municipal size) and environmental variables (such as biome, average annual temperature range, and humidity). The analyses were performed through descriptive statistics, progressive StepWise regression, and point interpolation and cokriging. The results indicated statistical significance between the tested variables ($p < 0.01$), with the global explanatory power (R^2) equal to or greater than 87.6% in the adopted

¹ Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Coordenação de Ensino, Diamantina, Brasil, diego.fonseca@ifnmg.edu.br, <https://orcid.org/0000-0001-5655-2646>.

model, allowing it to be stated that temperature and rainfall patterns are responsible for explaining 69% of the hospitalization rates, which is directly correlated to the environmental factors where the patient is inserted. From these factors, cokriging was performed, leading to the most dengue-prone regions in Bahia, which practically covers the entire state, except for the coastal strip. The knowledge of the most critical areas for larval infestation and the largest number of sick and hospitalized people is essential for taking measures to mitigate epidemic anomalies.

Keywords: Hospitalization rate. StepWise progressive. Cokriging. Regionalization. Dengue.

REGIONALIZACIÓN ESTADÍSTICA Y PREDISPOSICIÓN JERÁRQUICA PARA INFECCIONES DE DENGUE: EL CASO DEL ESTADO DE BAHÍA

Resumen: La propuesta de este trabajo es realizar la regionalización de las áreas con mayor incidencia de hospitalización por dengue en el Estado de Bahía, región Nordeste de Brasil, señalando aquellas con mayor potencial de enfermedad en correlación con factores geográficos de carácter ambiental y socioeconómico. La metodología del trabajo consistió en la construcción de una base de datos geográfica constituida, inicialmente, por la ubicación de las notificaciones de ingresos por dengue en el Estado entre los años 2009 y 2019; a continuación, este sistema se alimentó con variables socioeconómicas (como población y tamaño de los municipios) y ambientales (como bioma, amplitud térmica media anual y humedad). Los análisis se realizaron mediante estadística descriptiva, regresión por el método StepWise progresivo e interpolación de puntos y co-kriging. Los resultados apuntaron a la significancia estadística entre las variables probadas ($p < 0,01$), con un poder explicativo (R^2 global) igual o superior al 87,6% en el modelo adoptado, pudiendo afirmarse que la temperatura y el régimen de lluvias son responsables de explicar el 69% de las tasas de hospitalización, lo que está directamente correlacionado con los factores ambientales en los que se encuentra inserto el paciente. A partir de estos factores se realizó el co-kriging, llegando a las regiones de Bahía más propicias para el agravamiento del dengue, que es prácticamente todo el Estado, excepto, genéricamente, la franja costera. El conocimiento de los lugares más críticos para la infestación larvaria y con el mayor número de personas enfermas e ingresadas es fundamental para tomar medidas de mitigación de las anomalías epidémicas.

Palabras clave: Tasa de hospitalización. StepWise progresivo. Co-kriging. Regionalización. Dengue.

Introdução

O estudo de epidemias pode ser potencializado quando são analisadas as características ambientais mapeáveis juntamente com medidas quantitativas que agrupem ou expressem as múltiplas interações de determinado fenômeno nesses espaços. Essas análises probabilísticas têm a possibilidade de buscar e processar dados de diferentes bases de maneira sistemática, levando a produtos incisivos e

com maior aplicabilidade das medidas de contenção dos danos (Magnusson, 1999; Pablo, 2000).

Em sincronia a essas análises, a epidemia de dengue tem sido um imbróglio que afeta a saúde mundial, mesmo se tratando de uma moléstia mais recorrente em países tropicais. No Sul da América, por exemplo, os criadouros preferenciais do vetor da dengue são recipientes artificiais, tanto aqueles abandonados a céu aberto, que servem como reservatório de água da chuva, como os utilizados para armazenar água de uso domiciliar (Sawyer; Leite, 2002; Moreno; Barata, 2012). O inseto voa baixo, não sobrevive em altitudes acima de 1.200 metros, possui deslocamento horizontal limitado e transporta-se também passivamente, grudado ao corpo das pessoas. Dessa forma, um indivíduo que transitou em lugares contaminados pode levar o vetor para outras regiões, pois se trata de uma praga cosmopolita (Consoli; Oliveira, 1994; Neves, 2005; Fonseca; Braz, 2010).

No início do século XX, esse mosquito, o principal vetor da dengue, *Aedes aegypti*, chegou a ser erradicado do país. Entretanto, em 1976, surgiram os primeiros registros da reintrodução desse inseto no Brasil, ocasionada por falhas na vigilância epidemiológica e pelo crescimento populacional desordenado. Atualmente essa praga está presente em todos os Estados do país (Miller; Ballinger, 1988; Gubler; Kuno, 1997; Barreto *et al.*, 2008). Essa condição distributiva se deveu à facilidade de adaptação desse mosquito nos centros urbanos, e pelo fato dele se transportar passivamente, grudado ao corpo das pessoas, as quais se movem em atividade interurbanas, com uso dos meios de transporte.

Tais cidadãos têm sido facilmente infectados pelos vírus que o mosquito pode conter. A fêmea do *A. aegypti* alimentando-se, em geral, de sangue humano durante um único ciclo gonadotrófico e amplia a sua suscetibilidade de se infectar e transmitir os vírus possíveis. Somado a isso, a resistência dos ovos permite a manutenção do ciclo na natureza durante as variações climáticas sazonais, tendo em vista que podem permanecer em repouso por até 492 dias na seca, eclodindo posteriormente, no primeiro contato com a água (Silva; Silva, 1999; Powell; Tabachnick, 2013).

A atividade de hematofágica desse vetor acontece no período diurno, em ambiente urbano e doméstico, com predisposição em efetuar suas atividades no início da manhã e ao entardecer, períodos de crepúsculo (Gonçalves, 2016). Após a ingestão sanguínea contaminada, há a infecção e replicação do vírus no intestino do mosquito, nesse estágio da hemolinfa, outros órgãos serão contaminados. O vírus é

repassado para as filhas do mosquito já na primeira oviposição, e 100% das fêmeas nascidas terão potencial de transmissão de vírus como a dengue. Em uma segunda oviposição, 25% delas ainda poderão transmitir doenças (Campanelli, 2007).

As fases imaturas do *Aedes aegypti* são fundamentais para vigilância entomológica, devido a maior vulnerabilidade da espécie nesse período do seu desenvolvimento, tornando-o suscetível às práticas profiláticas. A maior incidência desse mosquito, portanto, obedece a um padrão sazonal muito atrelado aos índices pluviométricos do período de análise (Santos; Marçal júnior, 2004; Vieira; Lima, 2006). E, principalmente após as épocas de maior pluviosidade, mais de 20 das 100 arboviroses humanas podem ser transmitidas pelas espécies *Aedes*, sendo as principais: *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Aedes polynesiensis*, *Aedes pseudoscutellaris* e *Aedes horrescens* (RAJU, 2003). Assim sendo, tecnologias de localização desse vetor de doenças devem ser providenciadas para seu estudo e acompanhamento (Silva *et al.*, 2008; Oliveira, 2015; Esmeraldo, 2016; Pombo, 2016; ZARA *et al.*, 2016).

A dengue é uma doença grave, semelhante à gripe, afeta bebês, crianças pequenas e adultos. Deve-se suspeitar desta doença quando acontece febre alta (40°C) acompanhada por dois dos seguintes sintomas: dor de cabeça intensa, dor atrás dos olhos, dores musculares e articulares, náuseas, vômitos, glândulas inchadas ou erupção cutânea. Os sintomas duram, geralmente, entre 2 a 7 dias, após um período de incubação de 4 a 10 dias após a picada do mosquito infectado. A forma mais intensa dessa doença, a do tipo hemorrágica, é potencialmente fatal devido ao vazamento de plasma, acúmulo de líquido, dificuldade respiratória, sangramento grave ou comprometimento em determinados órgãos. Os sinais de alerta ocorrem entre 3 a 7 dias após os primeiros sintomas, em conjunto com a diminuição na temperatura (abaixo de 38°C) e incluem: dor abdominal intensa, vômitos persistentes, respiração rápida, sangramento nas gengivas, fadiga, agitação e vômitos. As 24 a 48 horas do estágio crítico podem ser letais, e cuidados médicos adequados são necessários para evitar complicações e risco de morte. Não há tratamento específico para a dengue. Para a forma mais grave, a assistência médica experiente, tendo em vista os efeitos e a progressão rápida da doença, pode salvar vidas, sendo a remediação mais eficaz atualmente providenciada com a manutenção do volume de fluido corporal do paciente hospitalizado (Campos *et al.*, 2015; Who, 2019).

A primeira vacina contra a dengue, Dengvaxia (CYD-TDV), desenvolvida pela Sanofi Pasteur, foi licenciada em dezembro de 2015 e atualmente está aprovada por autoridades reguladoras em 20 países para uso em áreas endêmicas, em pessoas entre 9 e 45 anos de idade. Em abril de 2016, a Organização Mundial de Saúde emitiu uma recomendação condicional sobre o uso da vacina em áreas onde essa enfermidade é altamente endêmica, conforme definido pela soroprevalência de 70% ou mais. Em novembro de 2017, os resultados de uma análise complementar para determinar o status sorológico no momento da vacinação foram liberados. A análise mostrou que os participantes do estudo, sendo eles soronegativos no momento da primeira vacinação, desenvolveram maior risco para a dengue mais grave, em comparação aos participantes não vacinados. Por conta dessas complicações, a OMS orienta vários critérios para uso do medicamento, devendo o mesmo ser usado apenas em situações de emergência e sob análise criteriosa do paciente (Who, 2019).

A proposta deste trabalho é realizar a regionalização das áreas com maior incidência de hospitalização por dengue no Estado da Bahia, região Nordeste do Brasil, apontando aquelas com maior potencial para adoecimento em correlação com fatores geográficos de cunho ambiental e socioeconômico. O conhecimento de tais parâmetros poderão subsidiar os esforços da administração pública para as regiões mais prioritárias e suscetíveis ao agravamento e debilidade dos infectados, diminuindo assim, o congestionamento dos serviços de saúde e o sofrimento dos enfermos.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O território baiano encontra-se localizado na porção Nordeste do Brasil, região tropical do globo terrestre. A área total do Estado compreende 564,760 km², e sua população atual, em 2024, está em torno de 14,1 milhões de habitantes distribuídos diferentemente em 07 mesorregiões (IBGE, 2022).

O Estado da Bahia apresenta genericamente nove regiões climáticas conforme a classificação de Köppen (1931), sendo estas: a tropical superúmida; tropical úmida; tropical savânica com chuvas no inverno; a tropical savânica com chuvas no verão; a região seca, ou semiárida seca; a temperada sem seca e com verão quente; a temperada sem seca e verão fresco; a temperada com inverno seco

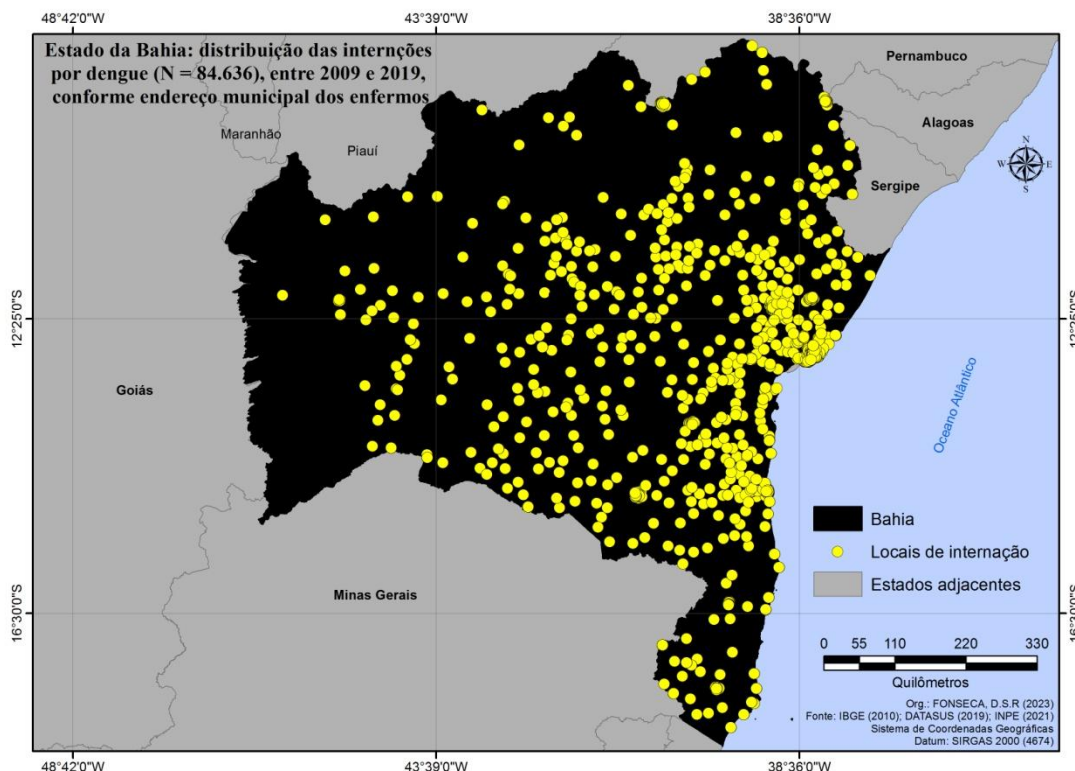
e verão quente; e a temperada com inverno seco e verão fresco. Nessa perspectiva, a Bahia detém características físicas que fazem distinguir aptidões socioeconômicas de uma região para outra.

Por ser um território da faixa tropical, é essencialmente um lugar de temperaturas médias quentes, em geral, com médias anuais em torno dos 31°C. A distribuição da estiagem no Estado acontece principalmente devido a fatores latitudinais e topográficos, os quais influenciam a atuação de massas de ar oceânicas e continentais (Köppen, 1921; Medeiros et al., 2020).

A Bahia ocupa a 7^o posição na economia nacional, conforme seu produto interno bruto (PIB), o que mostra seu grau de desenvolvimento e nível de competitividade. Populacionalmente, a esperança de vida ao nascer dos seus cidadãos fica atualmente em torno dos 70 anos (FGV, 2021; IBGE, 2022; FMI, 2023).

Em meio a essa realidade, o estado da Bahia apresentou entre os anos 2009 e 2019, um total de 84.636 casos de internações por dengue, seguida, ocasionalmente por seus agravos, como a febre hemorrágica da dengue ou morte do enfermo. Aparentemente, conforme é mostrada na Figura 1, a distribuição dessas internações desenvolveu-se de forma homogênea, especialmente na porção leste do mapa, porém, com a relativização dos dados sobre dengue em relação ao número de habitantes por regiões, as observações podem confluir para um julgamento mais assertivo sob o ponto de vista geográfico das análises regionais (Haesbaert, 2014; Silva, 2023).

Figura 1 - Distribuição pontual das internações por dengue ocorridas ao longo do período 2009 a 2019 no território baiano, conforme o endereço municipal.



Fonte: IBGE (2010); SIH-SUS/Datasus (Microdados,2020). Org.: própria, 2024.

Base de dados

O Sistema de Internações Hospitalares atendido pelo Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) é um mecanismo informatizado que registra todos os atendimentos em internação financiados pelo SUS, a partir da Autorização de Internação Hospitalar (AIH). Os dados das AIH processados pelo SIH fornecem informações para todo o país, agregadas sob a forma de código de endereçamento postal (CEP), e consistiram no banco de dados principal para esta investigação sobre a proliferação da dengue.

O DATASUS disponibiliza mensalmente os microdados dessas autorizações, em formato *data base format* (DBF), para cada unidade da federação do país. Para efeitos deste estudo, optou-se por trabalhar com as internações no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2019. A escolha por iniciar a análise a partir de 2009 se deveu à maior qualidade dos resultados, trabalhados num período superior a uma década, e, quanto à quantidade desses registros, o que denota um universo de dados mais incisivo. Foram concatenados, inicialmente, 6,8 mil arquivos em uma

única base dados, o que possibilitou a seleção e a quantificação das internações de interesse da pesquisa.

Para a geração de um sistema de informação geográfica (SIG) capaz de interligar informações sobre a expansão da dengue na escala municipal, utilizou-se a malha digital dos municípios brasileiros, adquirida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), a qual disponibiliza os arquivos agrupados por estados, em formato *Shape File* (shp), os quais podem ser lidos pela maioria dos Sistemas de Informações Geográficas. Diversos estudos têm utilizado os dados do Serviço de Internações Hospitalares (SIH) para a análise e entendimento tanto das causas como das ações para vigilância e prevenção de doenças no Brasil (Hatisuka et al, 2015).

Procedimentos operacionais

A partir dos *softwares* ArcGIS, versão 10.1 e do QGIS, versão 3.26.3, foi realizada a filtragem para os 84.636 casos de internações por dengue, os quais foram selecionados e tabulados, primeiramente, com as variáveis referentes à data, local de residência e sexo do internado(a). Nesses dados alfanuméricos, relativos às estimativas anuais do DATASUS, foi adicionada posteriormente a população municipal conforme o censo demográfico (IBGE, 2017), bem como as variáveis que compõem a classificação do Mapa Climas do Brasil (IBGE, 2002). Tendo esse banco de dados geográfico pré-estabelecido, por meio do Centro de Estudos da Metrópole (CEM, 2020) foi adquirida outra base cartográfica digital georreferenciada das sedes municipais brasileiras, a qual, a partir do código municipal em comum nas duas tabelas, estas foram concatenadas, formando um único banco de dados com variáveis adicionais, tais como: densidade demográfica, Produto Interno Bruto (PIB) e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), com base em dados do censo demográfico de 2010. Adicionalmente, por meio do Instituto de Pesquisas Aplicadas (IPEA, 2020), adquiriu-se o banco de dados contendo a classificação dos municípios brasileiros conforme seu porte, dados estes inseridos ao conjunto de variáveis do Sistema Geográfico de Banco de Dados (SGBD) formado. Adicionado por fim, dados referentes às mínimas e máximas da temperatura e precipitação das regiões de abrangência dos biomas brasileiros foram inseridos (INPE, 2022).

Seguidamente, foram calculadas as taxas médias de internação por dengue (TMI) durante o período de referência, entre 2009 e 2019, e taxas anuais de internações hospitalares (TAI) por dengue em função das características climáticas, umidade, biomas e porte dos municípios, através da seleção por atributos, ferramenta dos *softwares* de SIG manuseados. A fim de se obter estimativas consistentes e evitar flutuações indesejadas dessas TAI's, salienta-se que foram observadas as médias móveis quinquenais do número total de internações nos procedimentos envolvendo cálculo, isso feito para quase toda a série histórica analisada, exceto para os anos de 2018 e 2019, cujas médias foram obtidas com base nos quatro e três últimos valores anuais dos totais de internações registradas, respectivamente, conforme a localidade de residência do internado, gerando, ao final do processo, a taxa de internações por 1.000 habitantes.

As fórmulas de cálculo dessas taxas encontram-se expressas nas seguintes equações, na qual o $n_{i,l}$ representa o total de internações registradas na localidade l no ano i e $P_{i,l}$, a população estima da localidade l no ano i :

$$TAI_{i,l} = \frac{5^{-1}}{P_{i,l}} \sum_{i=i-2}^{i+2} n_{i,l}$$

$$TMI_l = \frac{20^{-1}}{P_{10,l}} \sum_{00}^{19} n_{i,l}$$

No entanto, antes que fossem possíveis os resultados conclusivos finais, foi necessário manusear o banco de dados com as taxas de internação geradas, quando se procedeu com a transformação dessas taxas (x^3) a fim de diferenciá-las de forma mais notável por regiões geográficas. Seguidamente, foi realizada a somatória destes dados, por localização, a fim de que esses dados fossem utilizados como pesos hierárquicos, com o propósito da delimitação das áreas mais propícias à internação por dengue.

Tais procedimentos permitiram que fosse mapeada e analisada a distribuição espacial das TMI's, por meio da aplicação de um modelo geoestatístico para identificação das correlações espaciais, e predição por interpolação das áreas não

amostradas pelos dados estaduais. Por fim, os resultados das análises, em escala regional da distribuição espacial das TMI's e das tendências temporais das TAI's foram combinadas, dando origem a uma tipologia sucinta e indicativa do padrão espaço-regional da proliferação da dengue e seus agravantes no Estado da Bahia.

Por meio do *software Stata Statistics Data Analsis*, versão 16, realizou-se análises estatísticas como: a análise descritiva e a regressão pelo método *StepWise* progressivo (AYRES, 2007; ALMEIDA; MEDRONHO; VALÊNCIA, 2009; MARTINS, 2010). Este método de regressão linear múltipla (*StepWise*) foi produtivo para seleção automática das variáveis preditivas com maior peso (R^2), por meio da sua significância estatística (CUNHA-CRUZ; NADANOVSKY, 2003). A partir da escolha das variáveis com maior poder explicativo, no ArcGIS, através da ferramenta - *Geostatistical Analyst, Geostatistical Wizard* - efetuou-se o método interpolativo da cokrigagem - para estimar as áreas sob efeito do agravo do número de infectados por dengue nos anos analisados (LANDIM, 2006), procedimento embasado na relação entre a distância dos pontos analisados e seu ajuste com as variáveis preditivas descritas (Utsumi; Galo; Tachibana, 2015).

Resultados e discussão

Por meio da análise dos dados mostrados na Tabela 1, a seguir, é verificado que no intervalo de onze anos, 2009 a 2019, os anos em que houve o maior número de pessoas internadas em consequência do agravamento dos sintomas da dengue foram: 2009 (20,05%); 2010 (13,29%); 2012 (12,42%) e 2011 (10,93%). A partir dessas hospitalizações, os enfermos apresentaram agravamento da doença, febre hemorrágica da dengue (FHD), em 3,02% dos casos. Nesse período, os anos com a menor quantidade de pessoas internadas foram: 2018 (1,29%) e 2017 (2,21%). As variações notadas conforme o ano e com padrão de acréscimo expressivo a cada três anos podem ter relação com novas cepas do vírus, as quais se renovam e circulam de tempos em tempos, e ainda, com os cuidados promovidos pela gestão pública junto com a população (Fonseca, 2021).

Tabela 1 - Frequência das internações por Dengue no estado da Bahia e seus agravos com a febre hemorrágica da dengue e morte, no período entre os anos 2009 e 2019.

Ano	Dengue	% Ano	FHD	% Ano	Morte	% Ano	Total	% total período
2009	16144	95,16	822	4,84	60	0,35	16966	20,05
2010	10496	93,31	752	6,69	45	0,40	11248	13,29
2011	9058	97,96	189	2,04	31	0,34	9247	10,93
2012	10340	98,39	169	1,61	35	0,33	10509	12,42
2013	9402	98,76	118	1,24	39	0,41	9520	11,25
2014	3155	97,95	66	2,05	12	0,37	3221	3,81
2015	7925	98,99	81	1,01	25	0,31	8006	9,46
2016	8937	99,11	80	0,89	43	0,48	9017	10,65
2017	1855	99,25	14	0,75	5	0,27	1869	2,21
2018	1066	97,80	24	2,20	8	0,73	1090	1,29
2019	3704	93,94	239	6,06	31	0,79	3943	4,66
Total	82.082	$\bar{x} = 96,98$	2.554	$\bar{x} = 3,02$	334	$\bar{x} = 0,39$	84.636	100

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados,2020). Org.: própria, 2024.

Por meio da análise dos dados mostrados na Tabela 2, é verificado que a dengue e seus agravos têm maior prevalência nas pessoas que foram internadas com idade variando entre 0 e 50 anos, o equivalente a mais de 81% dos casos ocorridos no Estado entre os anos 2009 e 2019. No entanto, é digno de notabilidade que as crianças e adolescentes entre 6 e 15 anos são significantes no grupo de risco. A partir dos 50 anos o percentual de infectados tendeu à diminuição. O agravamento da infecção com a febre hemorrágica da dengue seguiu a mesma tendência etária. Tais situações podem estar relacionadas aos hábitos diários das pessoas de acordo com a idade, tais como: a maior exposição a ambientes coletivos da faixa de idade com mais infecções, forma de deslocamento da residência para a escola ou trabalho, o qual pode ocorrer em transporte público ou pessoal. Se em transporte coletivo, o risco de contaminação pela doença é, provavelmente, maior. A quantidade de pessoas que falecem pelo agravamento da dengue foi relativamente pequena em todas as faixas etárias, conforme mostrado.

Tabela 2 - Frequência das internações por dengue no estado da Bahia e seus agravos com a febre hemorrágica da dengue e morte, entre faixas de idade.

Intervalo etário	Dengue	FHD	Morte	Total	%
0-5	6144	235	12	6379	7,54
6-10	8379	713	18	9092	10,74
11-15	8670	351	16	9021	10,66
16-20	8670	180	12	8850	10,46
21-25	7456	160	17	7616	9,00
26-30	6929	163	21	7092	8,38
31-35	6044	145	15	6189	7,31
36-40	5284	123	21	5,407	6,39
41-45	4608	98	13	4706	5,56
46-50	4213	82	26	4295	5,07
51-55	3643	87	19	3730	4,41
56-60	2938	62	29	3000	3,54
61-65	2464	42	18	2506	2,96
66-70	2046	40	24	2086	2,46
71-75	1703	32	16	1735	2,05
>75	2891	41	57	2932	3,46
Total	82.082	2.554	334	84.636	100

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). Org.: própria, 2024.

Por meio da análise dos dados mostrados na Tabela 3, baseados na classificação climática de Köppen (Köppen, 1928; 1931), é depreendido que as regiões baianas onde têm ocorrido as maiores taxas por habitantes de internações ocasionadas pela dengue são, especialmente, a tropical savânica (Aw), com chuvas mais concentradas no verão, e a área de domínio da região seca (BSh), na porção chamada semiárido seco. As taxas, por mil habitantes em tais ambientes são 8,85‰ e 8,52‰. Contraditoriamente, a maior quantidade relativa de casos de agravamento da doença (FHD) ocorreu nas regiões dos climas Am e Cfa, correspondente ao tropical úmido e ao temperado sem seca com verão quente, os quais refletiram 8,0 e 7,2% dos casos entre 2009 e 2019. As regiões com as menores taxas (1,19‰ e 1,60‰) são verificadas nos climas do tipo temperado (Cfb), sem seca e com verão fresco; e no temperado com inverno seco e verão fresco (Cwb). A taxa média da

Bahia no período analisado foi de 6,04‰. As situações descritas corroboram quanto à quantidade de pessoas distribuídas conforme os fatores climáticos intrínsecos dessas regiões, o que tem a ver com a temperatura e a distribuição das chuvas ao longo dos meses dos anos observados.

Tabela 3 -Internações por dengue no estado da Bahia e seus agravos, com a febre hemorrágica da dengue e morte, conforme os climas, tamanho da população (2010) e taxa de internações (1000/hab) do período (2009-2019).

Clima	Descrição	Dengue	%	FHD	%	Total	População	Taxa
Af	Tropical superúmido	24.060	95,1	1.227	4,9	25.287	6.040.117	4,11
Am	Tropical úmido	1.458	92,0	126	8,0	1.584	287.645	5,51
As	Trop. savânico (chuva inverno)	18.052	98,1	349	1,9	18.401	2.784.689	6,61
Aw	Trop. savânico (chuva verão)	14.066	98,8	178	1,2	14.244	1.609.333	8,85
BSh	Seco (semiárido quente)	23.366	97,4	622	2,6	23.988	2.815.400	8,52
Cfa	Temp. (sem seca e v. quente)	533	92,2	45	7,8	578	341.654	1,69
Cfb	Temp. (sem seca e v. fresco)	32	97,0	1	3,0	33	27.827	1,19
Cwa	Temp. (inv. seco e v. quente)	447	98,7	6	1,3	453	67.705	6,69
Cwb	Temp. (inv. seco e v. fresco)	68	100,0	0	0,0	68	42.536	1,60
Total		82.082	$\bar{x} = 96,6$	2.554	$\bar{x} = 3,4$	84.636	14.016.906	$\bar{x} = 6,04$

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2024.

A classificação de Köppen usada neste estudo é um dos sistemas mais empregados nas geociências, climatologia e ecologia. Além disso, o método foi adaptado para certas situações diferenciadas na América do Sul, sendo vastamente utilizada no Brasil em virtude da abordagem adequada aos diversos tipos de cultivos agrícolas e em estudos epidemiológicos envolvendo o viés climático (Cavalcanti et al., 2020; Fonseca; Garcia, 2021).

Tendo por base os dados mostrados na Tabela 4, os quais apontam a situação das internações por dengue ocorridas entre 2009 e 2019 sob a perspectiva da distribuição da umidade do ar (IBGE, 2017), e, tendo como base a taxa média de internações por dengue na Bahia do período (6,04‰), é verificado que a taxa mais elevada ficou na região em que há regime pluviométrico seco de três (3) a seis (6)

meses por ano, totalizando uma taxa correspondente de 26,29%, área de abrangência com mais de sete milhões de pessoas residentes. Esse processo denota que o desenvolvimento e transmissão do vírus, desde o vetor, o mosquito *Aedes aegypti*, até a internação dos enfermos, está contido o viés da adaptação e frequência de transmissão, relação na qual os extremos de distribuição da umidade e pluviosidade não são os ideais para a circulação do vetor e da doença, o que inclui principalmente as espécies: *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Portanto, os locais mais propícios para contaminação para dengue não são nem aqueles com elevada precipitação ou aqueles com déficit pluviométrico em quase todo ano. O vetor de propagação e o vírus circulam mais nas áreas com períodos bem definidos de chuva e de seca no decorrer dos meses. O processo de oviposição do mosquito *Aedes aegypti*, contaminação, adoecimento e propagação da doença, através dos infectados humanos junto ao vetor, precisa de um ambiente com determinada oferta de chuva, balanceado com estações secas para que o inseto se torne adulto, contamine-se e propague a dengue entre as populações envolvidas (FONSECA, 2021).

Tabela 4 - Internações por dengue no estado da Bahia e seus agravos com a febre hemorrágica da dengue e morte, conforme a distribuição da umidade, tamanho da população (2010) e taxa de internações (1000/hab) do período (2009-2019).

Precipitação	Dengue	%	FHD	%	Total	População	Taxa
1 a 2 meses secos	9.933	97,73	231	2,27	10.164	1.352.962	7,51
3 meses secos	6.553	98,44	104	1,56	6.657	645.722	10,31
4 e 5 meses secos	25.937	98,38	428	1,62	26.365	3.537.930	7,45
6 meses secos	16.384	97,90	352	2,10	16.736	1.962.429	8,53
7 e 8 meses secos	6.540	95,40	315	4,60	6.855	1.075.782	6,37
9 e 10 meses secos	385	98,47	6	1,53	391	230.865	1,69
Sem seca	12.027	92,05	1.039	7,95	13.066	4.471.639	2,92
Subseca	4.323	98,21	79	1,79	4.402	696.067	6,32
Total	82.082	$\bar{x} = 96,98$	2.554	$\bar{x} = 3,02$	84.636	14.016.906	$\bar{x} = 6,04$

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2024.

Por meio da análise dos dados mostrados na Tabela 5, editados conforme a classificação realizada pelo IBGE (2017) para a abrangência dos biomas da Bahia, é verificado que a dengue, e seus agravos, têm maior prevalência nas pessoas que residem nos biomas de abrangência: Cerrado (taxa de 8,91‰ por mil habitantes); e Caatinga (7,86‰) nos casos das internações relativas ao período de análise. Essa região de abrangência de contaminação envolvendo os dois biomas envolve uma população total superior a 5,5 milhões de pessoas, portanto, refere-se a 39,5% da população do estado da Bahia. Esses indicadores reforçam a prerrogativa discutida anteriormente, na qual a relação de sazonalidade dos períodos de chuva interfere significativamente no processo de transmissão e adoecimento das pessoas, através da maturação do mosquito vetor.

Tabela 5 - Internações por dengue no estado da Bahia e seus agravos com a febre hemorrágica da dengue e morte, conforme seus biomas, tamanho da população (2010) e taxa de internações (1000/hab) do período (2009-2019).

Bioma	Dengue	%	FHD	%	Total	População	Taxa
Caatinga	36.739	98,25	654	1,75	37.393	4.758.185	7,86
Cerrado	6.964	98,92	76	1,08	7.040	790.453	8,91
M. Atlân	38.379	95,46	1.824	4,54	40.203	8.468.268	4,75
Total	82.082	$\bar{x} = 96,98$	2.554	$\bar{x} = 3,02$	84.636	14.016.906	$\bar{x} = 6,04$

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2024.

Por meio da análise dos dados mostrados na Tabela 6, é verificado que a dengue e seus agravos têm tido maior prevalência nas pessoas que residem nas cidades de porte pequeno II (taxa de 9,19 por mil dos casos de internações registradas) e pequeno I (taxa de 8,67 por mil dos casos de internações registradas), o que envolve 6,691 milhões de pessoas na Bahia. Especialmente na metrópole, a taxa é a mais baixa, representando 1,47‰ no período analisado. Em contra partida, as complicações desses casos (FHD) ocorreram mais consideravelmente (23,88%) na metrópole, possivelmente pela incapacidade dos pequenos municípios em socorrer os casos mais graves, levando os enfermos a migrar nas situações mais difíceis, em busca de socorro na região de Salvador. A situação mostrada indica que as políticas preventivas acontecem com maior sucesso na região metropolitana, mesmo havendo maior contingente populacional concentrado. Essa situação, ao

analisar a gestão em saúde, é perigosa devido à maior possibilidade de colapso do atendimento em saúde na metrópole em casos de calamidade pública generalizada.

Tabela 6 - Frequência das internações por dengue no estado da Bahia e seus agravos com a febre hemorrágica da dengue e morte, conforme a qualificação do porte das cidades, tamanho da população (2010) e taxa de internações (1000/hab) do período (2009-2019).

Porte	Dengue	%	FHD	%	Total	População	Taxa
Grande	11.385	93,30	817	6,70	12.202	2.879.975	4,24
Metrópole	1.979	76,12	621	23,88	2.600	2.675.656	1,47
Médio	9.447	95,20	476	4,80	9.923	1.769.987	3,71
Pequeno I	26.103	98,86	301	1,14	26.404	3.045.418	8,67
Pequeno II	33.168	98,99	339	1,01	33.507	3.645.870	9,19
Total	82.082	$\bar{x} = 96,98$	2.554	$\bar{x} = 3,02$	84.636	14.016.906	$\bar{x} = 6,04$

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e malha digital dos municípios brasileiros (2013). IPEA (2020). Org.: própria, 2024.

Cidades qualificadas pelo IPEA (2020) como de porte “Pequeno I” são aquelas que apresentaram população residente inferior a 20.000 habitantes. Acima de 20.000 e menores que 49.500 habitantes foram qualificadas como “Pequeno II”. As de porte “Médio” foram aquelas com total de habitantes maior que 49.500 e inferior a 99.900. Cidades consideradas de porte “Grande” foram aquelas com total de população residente variando entre 100.000 e 855.000. “Metrópoles” foram consideradas aquelas zonas urbanas com número de habitantes superior, em geral, aos 900.000. No entanto, essas classificações hierárquicas não levaram em consideração apenas intervalos absolutos, e, portanto, apresentaram pequenas variações específicas em determinados locais com populações totais em torno dos intervalos mostrados neste texto.

Conforme foi verificado por meio da relativização dos dados a partir da relação da incidência das internações por dengue com o quantitativo das populações por regiões, evitando-se a obviedade do fato de que: quanto maior é uma população, maior é a ocorrência do fenômeno estudado, as taxas de incidência foram transformadas (x^3) em pesos com o objetivo de que apontassem, mais assertivamente, para as regiões nas quais a atenção na prevenção e remediação dessa disfunção à saúde pública possam ser mais bem administradas, e, conseqüentemente, reduzidas. Os novos valores com maiores intervalos de distribuição estatística permitiram que fossem diferenciados, de forma mais incisiva,

as variáveis com distinções notadas entre os valores: mínimo, máximo e a mediana, por exemplo. Os menores valores dessas variáveis ficaram inferiores a 1,69, enquanto os valores máximos apresentaram-se entre 693 e 3050,5. As diferenças entre a média e a mediana, as quais estão todas dentro dos desvios-padrões, evidenciam a distribuição simétrica dentro do *roll* de cada variável, e ainda, a relativamente baixa dispersão nos dados, que podem ser analisados de forma resumida por meio da Tabela 7.

Tabela 7 - Resumo descritivo dos intervalos das principais variáveis utilizadas para formulação dos pesos para os resultados da análise.

Parâmetro	Soma taxas (pesos)	Taxa porte ³	Taxa bioma ³	Taxa distribuição da umidade ³	Taxa clima ³
Valor mín	204,47	3,17	107	4,82	1,69
1º quartil	1238,8	76,2	107	258,5	69,4
Mediana	1839,8	652	485,5	413,5	288,8
3º quartil	2185,6	776	485,5	621	618,5
Valor máx	3050,5	776	707,3	1096	693
Média	1658,7	527,7	324,1	426,7	380,2
Desvio-padrão	686,5	306,1	214,7	269	255,4

Fonte: dados do IBGE (2010); IPEA (2020); SIH-SUS/Datasus (Microdados (2020); CEM (2020); INPE (2022). Org.: do Autor, 2024.

Os pesos gerados, quando submetidos à regressão progressiva como variável dependente (*y*), Tabela 8, pelo método *StepWise*, mostram que a maior variação anual da temperatura onde o paciente internado é residente ($R^2 = 43\%$) em correlação a precipitação são capazes de explicar (R^2) 69,2% da probabilidade das taxas de ocorrência das internações; o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e a altitude média quando unidos à análise acrescentam 18,4% à explicação citada, gerando o R^2 final igual à 0,87 a partir da metodologia empregada.

Tabela 8 - Modelo de regressão multifatorial (*StepWise* progressivo) para hierarquia das variáveis preditivas com maior poder explicativo para estimar a variável dependente (somatório das taxas de internação, por localidade, conforme: amplitude térmica anual, pluviosidade média, IDHM e altitude média das cidades).

Número de observações: 84.636				
V. Dependente (Y): taxas de internação (somatório = pesos)	p-valor	R^2	Variação R^2	

			Amplitude térmica	0,000	0,433	43
		Pluviosidade	Amplitude térmica	0,000	0,692	25,9
	IDHM (2010)	Pluviosidade	Amplitude térmica	0,000	0,854	16,2
Altitude (méd)	IDHM (2010)	Pluviosidade	Amplitude térmica	0,000	0,876	2,2

Fonte: dados do IBGE (2010); IPEA (2020); SIH-SUS/Datasus (Microdados (2020); CEM (2020); INPE (2022). Org.: do Autor, 2024.

Tal como foi mostrado, há um viés geográfico na maior proliferação da doença. Esse viés, que está interligado às condições ambientais e socioeconômicas locais repercute na regionalização do problema, o qual pode variar de intensidade conforme as condições climáticas. Contudo, quando a análise é feita em um intervalo de tempo considerável, tal como este estudo realizado em onze (11) anos, portanto 2009 a 2019, é possível melhor direcionar para as áreas que merecem maior preocupação, planejamento e ações voltadas à saúde coletiva.

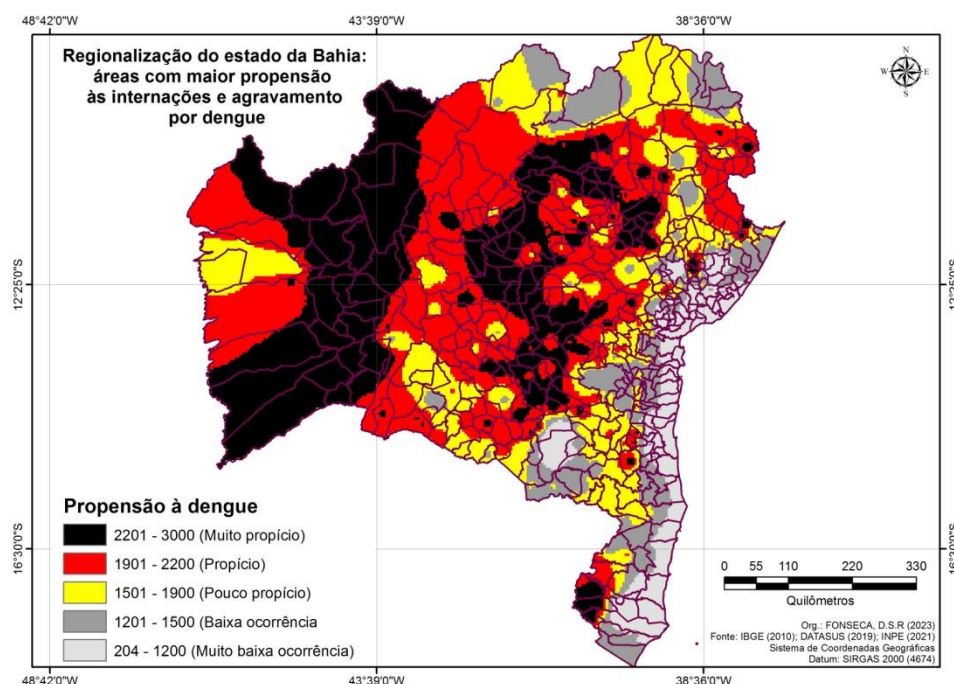
As regiões com maior propensão à dengue e seus agravantes têm relação não somente com as maiores temperaturas baianas, mas também com a sazonalidade do regime das chuvas, apesar destes dois serem os agentes mais determinantes. Espaços com cidades de até 50.000 habitantes e maior produto interno bruto (PIB), o que repercute no índice de desenvolvimento humano (IDHM) são aquelas mais propícias às maiores taxas de internação e agravamento da doença em estudo. Tal fator acontece em detrimento de espaços urbanos próximos ao nível do mar e, portanto, com menores altitudes, tal como as taxas mostradas na Tabela 6 e a regressão vista na Tabela 8 apontaram.

Ainda pouco empregado para avaliar áreas potencialmente de risco para doenças, técnicas de mapeamento são orientadas às ações específicas no controle epidemiológico, as quais devem ser direcionadas para áreas prioritárias (Lacon *et al.*, 2014). Ainda conforme estes autores, fatores socioeconômicos e ambientais podem afetar diretamente na maior ou menor ocorrência de doenças e hospitalização, tendo em vista que a maior densidade populacional urbana somada à falta de profilaxia dos ambientes favorece à maior e mais rápida disseminação de epidemias, agravadas pelas mudanças climáticas perigosamente em curso atualmente.

Por meio da maior ciência da correlação entre tais fatores corroborarem para a disseminação da dengue, providenciou-se a cokrigagem para modelagem das regiões sob o efeito do viés geográfico em relação à maior disseminação da hospitalização por essa doença, tal como é mostrado na Figura 2 através da hierarquia de cores e regionalização do Estado da Bahia. A região em cor preta, a qual percorre o território baiano do norte ao sul de parte da porção oeste, e ainda, do norte ao sul de parte da porção leste - são as áreas mais propícias ao agravamento dos infectados por dengue, tendo em vista que os dados usados para realização deste trabalho correspondem às notificações de internação, e, tal fator por si só configura-se na complicação da enfermidade se for pensado que a maior parte dos casos, os mais simples da dengue, não chega a ser notificado pelos agentes públicos. As cidades envolvidas entre as mais propensas às complicações da enfermidade são, por exemplo: Cotengipe, Barra, Correntina, Muquem do São Francisco, Gavião, Seabra, Boa Vista do Tupim e Itanhém.

Logo em seguida neste mesmo mapa, a região em cor vermelha, em segundo nível, é propícia a proliferação da enfermidade, levando à maior hospitalização dos enfermos. Essa segunda região segue o padrão tangencial ao da primeira região, funcionando empiricamente como um fator “*buffer*” ou um elo à primeira observação (região mais propícia). Cidades propensas, em tom vermelho no mapa da Bahia são, por exemplo: São Desidério, Palmas de Monte Alto, Gentio do Ouro, Barra da Estiva, Planaltino e Ribeira do Pombal. A realidade desses centros urbanos pode estar relacionada à interdependência entre os locais, aos fluxos migratórios das pessoas a partir da área muito propícia até a outra, a propícia, ou vice versa. Em seguida, a região pouco propícia à proliferação do agravamento da dengue encontra-se em cor amarela, obedecendo a um comportamento espacial mais desvinculado à primeira região abordada, em preto, mas atuando vinculada à segunda região mapeada da Bahia, em vermelho, envolvendo cidades tais como, por exemplo: Luiz Eduardo Magalhães, Oliveira dos Brejinhos, Brumado e Chorrochó. Regiões de muito baixa ocorrência, ou de baixa ocorrência, encontram-se representadas nos dois tons de cinza do mapa a seguir, correspondendo às áreas localizadas, sobretudo, na porção litorânea, onde o regime das chuvas é mais equilibrado e o bioma predominante é a Mata Atlântica. Estas últimas têm como exemplos as cidades: Jequié, Conde, Alcobaça, Camaçari, Glória e Juazeiro.

Figura 2 -Cokrigagem para interpolação e estimativa das regiões por hierarquia dos pesos. Parâmetros multivariados para o resultado: pesos (y), temperaturas, densidade demográfica e precipitação, no Estado da Bahia.



Fonte: dados do IBGE (2010); IPEA (2020); SIH-SUS/Datasus (Microdados (2020); CEM (2020); INPE (2022). Org.: do Autor, 2024.

Tal como foi observado com os resultados, análises envolvendo a geografia da saúde são demasiadamente complexas e precisam ser tratadas conforme suas especificidades para conclusões acertadas (Braga; Valle, 2007). A partir dessas análises, as conclusões devem convergir para a síntese de tendência universal (Hissa, 2002). Também em âmbito nacional (Fonseca, et al, 2024), o mapeamento estatístico dos registros de internações no período analisado, 2009 a 2019, mostrou forte padrão espacial para a infecção e propagação da dengue.

Essa doença tem sido mais frequente nas áreas de clima quente, acima dos 18°C de média anual. Sobretudo nas regiões com estações bem definidas de precipitação e estiagem, entre três (3) e seis (6) meses secos, correspondente ao semiárido e ao semiúmido. Tais fatores do ambiente físico estão relacionados às etapas de oviposição e desenvolvimento da larva que dá origem ao mosquito *Aedes aegypti*, o qual, quando contaminado, propaga a dengue quando pica os seres humanos, especialmente nos espaços mais propícios à proliferação, que remete às taxas de incidência. Somado a isso, a época que ocorre o maior número de casos

de infectados por dengue está entre as semanas epidemiológicas 1 e 27, portanto, nos meses de janeiro a julho (Fonseca, 2021).

Essas informações são válidas quando há ciência sobre o caráter espaço-temporal da dengue. Esse artifício geográfico para compreensão dos dados é que os analistas devem considerar verdadeiros nas análises envolvendo geografia da saúde (Hissa, 2002; Iussault, 2003; Haesbaert, 2014). Nessa perspectiva, a ocorrência de doentes e a infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* está condicionada ainda, a fatores hidroclimáticos, tendo em vista que o inseto é pouco resistente a temperaturas inferiores a 5°C, mas muito propício às regiões e épocas com médias em torno dos 24°C, tal como boa parte da porção tropical do Brasil e, portanto, da Bahia (Oliveira, 2004; Ajuz; Vestena, 2014; Almeida; Castro, 2018). Além das condições climáticas contribuírem nesse viés, o saneamento básico, com a coleta adequada do lixo, influi demasiadamente (Rizzi *et al.*, 2017).

Portanto, o problema epidemiológico da dengue não está ligado apenas à higienização dos espaços internos das residências, tal como é propagado pela mídia, mas, também, ao planejamento organizacional das cidades e ao comprometimento dos gestores públicos com a limpeza e organização urbana, nos espaços públicos, levando em consideração as características físicas do sítio geográfico onde o ambiente se enquadra. Por que os focos de proliferação estariam exclusivamente dentro das residências particulares?

Com base na gestão eficiente dos ambientes, e tendo em vista a qualidade desses espaços, os cidadãos conscientes da necessidade de se promover a segurança da saúde coletiva, precisam levar em consideração ainda, a inexistência de uma vacina segura e eficaz para tratar todos os sorotipos circulantes transmitidos pelo *Aedes aegypti*, tornando a melhor opção o controle dessa praga (Jentes *et al.*, 2011; Rizzi *et al.*, 2017). Sendo assim, a melhor estratégia para o combate a tal vetor de enfermidades, entre elas a dengue, é conhecendo o espaço-tempo no qual o mosquito *Aedes* melhor se adapta e destruindo os focos de proliferação e melhorando as condições ambientais dos espaços habitados.

O tema é complexo e os riscos nos quais a coletividade está submetida são vários, pois a praga transmissora da dengue; correlaciona-se também a propagação da febre amarela (Jentes *et al.*, 2011); da febre *chikungunya* (Chaves *et al.*, 2012) e do zika vírus (Campos *et al.*, 2015). Cabe aos gestores públicos se comprometerem mais no planejamento e manutenção das cidades, também, sob o ponto de vista epidemiológico. É necessário que se acabe com o discurso unilateral no qual é

apontada a população, normalmente os mais desprovidos de renda, como os únicos culpados pela disseminação de doenças, através da falta de higiene dos seus espaços de convívio (Carlos, 2018). A epidemia de dengue vigente no Brasil atualmente é relaciona-se a fatores climáticos e suas mudanças no mundo atual, e, portanto, tem a ver com decisões e comprometimento da gestão pública com tais causas. As taxas de adoecimento por dengue e a proliferação do *Aedes aegypti* podem ser usados como parâmetros, ou bioindicadores, da qualidade ambiental dos espaços habitados.

Considerações Finais

Os dados apresentados mostram que existe forte relação espaço-temporal na propagação da dengue, a qual não ocorre de forma ubíqua e precisa ser analisada de modo estratégico quanto à escala de trabalho. As áreas mais propensas a maior ocorrência de pessoas doentes por dengue acontece em praticamente todo o Estado da Bahia, excluindo boa parte da faixa costeira.

O uso do método multifatorial *StepWise* progressivo, para seleção das variáveis preditivas com maior poder explicativo para explicação das taxas de internação por dengue ocorridas entre 2009 e 2019 mostrou-se eficiente, permitindo que fosse operacionalizada a cokrigagem a partir das variáveis com maior força sobre a variável dependente (y), a qual trouxe as regiões baianas sob maior probabilidade da ocorrência de infectados pela dengue. A partir desses parâmetros, a amplitude da temperatura onde o paciente internado é residente é capaz de explicar (R^2) 43%% da probabilidade das taxas de ocorrência das internações por dengue; somado à precipitação, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e à altitude média do local de residência chega-se a (R^2) 89,6% dessa probabilidade de adoecimento e complicações advindas.

O conhecimento dos locais mais críticos para infestação larvária e com maior número de pessoas doentes e internadas é fundamental para que se tomem medidas de mitigação para as anomalias epidêmicas. Nesse sentido, um plano de ação envolvendo as comunidades, com suas especificidades espaciais, e as gestões públicas, pode tornar-se mais proveitoso quando observada a necessidade de eliminação dos criadouros das pragas de transmissão, o que envolve a gestão da qualidade urbana nos ambientes mais afetados pela enfermidade em pauta.

REFERÊNCIAS

- AJUZ, L.C.; VESTENA, L. Influência da pluviosidade e temperatura ambiente na longevidade e fecundidade dos *Aedes aegypti* e *Albopictus* na cidade de Guarapuava-PR e possibilidade de superinfestação. *Revista Hygeia*, v. 10, n. 18, p. 1-18, 2014.
- ALMEIDA, A.S; MEDRONHO, R.A.; VALÊNCIA, L.I.O. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 666-673, 2009.
- ALMEIDA, R. B.; CASTRO, M.B. Espacialização da dengue: indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença. *Revista Ra'e Ga*, v.45, p. 200-213, 2018.
- AYRES, M. (2007). *BioEstat. Versão 5.0*. Belém: Soc. Civ. Mamirauá, MCT – CNPq.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. *Estudos avançados*, v. 22, n. 64, p. 53-72, 2008.
- BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 16, n. 2, p. 113–118, 2007.
- CAMPBELL, L. P. *et al.* Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological*, v. 370, n. 1665, p. 3-9, 2015.
- CAMPOS, G. S; BANDEIRA, A. C.; SARDI, S. I. Zika virus outbreak, Bahia, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, v. 21 n. 10, p. 1885–1886, 2015.
- CAMPOS, M. B.; MACEDO, D.R. Agrupamentos de emigração internacional no Brasil: o papel das redes sociais na formação dos espaços de emigração. *Geografia*, v. 39, n. 2, p. 257-272, 2014.
- CARLOS, A. F. A. A reprodução do espaço urbano como momento da acumulação capitalista. In: CARLOS, A. F. A (Org). *Crise urbana*. São Paulo: Editora Contexto, p. 25-35, 2018.
- CEM, Centro de Estudos da Metrópole. (2020). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Disponível em: <https://centrodametropole.fflch.usp.br/pt-br/quem-somos/quem-somos-missaoeobjetivos> Acessado em: 11 de julho de 2020.
- CHAVES, T. S. S; PELLINI, A. C. G; MASCHERETTI, M; JAHNEL, M. T; RIBEIRO, A. F; RODRIGUES, S. G; VASCONCELOS, P. F. C.; BOULOS, M. Travelers as sentinels for Chikungunya Fever, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, v. 18, n. 3, p. 529-530, 2012.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. (2012). Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: FioCruz; 1994, 228p. Disponível em: <http://static.scielo.org/scielobooks/th/pdf/consoli-9788575412909.pdf>. Acessado em 26 de janeiro de 2018.
- COSTA, Z. G. A; ROMANO, A. P. M; ELKHOURY, A. N. M.; FLANNERY, B. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. *Revista Pan-Amazônica de Saude*, v. 2, n. 1, p. 11–26, 2010.
- CUNHA-CRUZ, J; NADANOVSKY, P. Doenças periodontais causam doenças cardiovasculares? Análise das evidências epidemiológicas. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 357-368, 2003.

FMI, Fundo Monetário Internacional. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Search#q=economic%20position&sort=relevancy>. Acessado em 11 de julho de 2023.

FONSECA, D.S.R. (2021). A correspondência entre o *Aedes Aegypti* e o adoecimento pela dengue conforme os atributos espaciais do ambiente urbano. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação do Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 283p.

FONSECA, D.S.R.; BRAZ, C.K.R. Investigação epidemiológica da distribuição geográfica do *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros com uso de geotecnologia. *Brazilian Journal of Cartography*, v.62, n. 03, p. 489-503, 2010.

FONSECA, D.S.R.; BRAZ, C.K.R.; GARCIA, R.A. O viés geográfico para o adoecimento e internação por dengue: uma regionalização do Brasil, entre os anos 2009 e 2019, por meio de múltiplos fatores espaciais. *GEOgraphia*, v. 26, n. 56, p. 1-21, 2024.

FONSECA, D.S.R.; GARCIA, R.A. Zoneamento das áreas com maior propensão para adoecimento pela dengue na região intra-urbana de Montes Claros (MG) a partir de variáveis socioambientais e geoestatística. *GEOgraphia*, v. 23, n. 50, p. 1-22, 2021.

FORESTGEO. Disponível em <https://forest-gis.com/2015/10/classificacao-climatica-de-koppen-geiger-em-shapefile.html/>. Acessado em 10 out. de 2023.

GONÇALVES, C. M. Biologia do *Aedes aegypti* e estratégias de controle. Viçosa, Minas Gerais: UFV, Departamento de Biologia Geral, 2016.

GUBLER, D. J.; KUNO, G. Dengue and dengue hemorrhagic fever. New York: CAB International, p. 45-60, 1997.

HAESBAERT, R. Regional-global: dilemas da região e regionalização na Geografia contemporânea. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

HATISUKA M. F. B.; ARRUDA, G. O.; FERNANDES, C. A. M.; MARCON, S. S. Análise da tendência das taxas de internações por pneumonia bacteriana em crianças e adolescentes. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 28, n. 4, p. 294–300, 2015.

HISSA, C. E. V. A mobilidade das fronteiras: inserções da geografia na crise da modernidade. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002, 316p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Mapa de clima do Brasil 1: 500.0000. Rio de Janeiro: IBGE; 2002.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Bases e referenciais. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acessado em 30 ago. de 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades (2017). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>. Acesso em: 05 de dezembro de 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acessado em 16 out. de 2023.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Prévia do Censo 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/noticias-por-estado/35954-brasil-tem-207-8-milhoes-de-habitantes-mostra-previa-do-censo-2022>. Acesso em: 29 de dezembro de 2022.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados: censo 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acessado em 30 ago. de 2017.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <http://cancodedados.cptec.inpe.br>. Acesso em: 12 de julho de 2022.

IPEA, INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS. Secretaria de Assuntos Estratégicos. IPEAGEO: Bases. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ipeageo/bases.html>. Acessado em: 30 ago. de 2020.

JENTES, E. S.; POUMEROL, G.; GERSHMAN, M. D.; HILL, D. R.; LEMARCHAND, J.; LEWIS, R. F.; STAPLES, J. E.; TOMORI, O.; SMITH, A. W.; MONATH, T. P. The revised global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. *The Lancet*, v. 11, p. 622-632, 2011.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931, p.388.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes, 1928, p.270.

LACON, G; MORRISON, A. C; ASTETE, H; STODDARD, S. T; PAZ-SOLDAN, V. A.; ELDER, J. P. Shifting patterns of *Aedes aegypti* fine scale spatial clustering in Iquitos, Peru. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 8, n. 8, p. 1-13, 2014.

LANDIM, P.M.B. Sobre Geoestatística e mapas. *Terra e Didatica*, Campinas, v.2, n.1, 2006, p.19-33.

LUSSAULT, M. Constructivisme. In: LÉVY, J.; LUSSAULT, M. (orgs). *Dictionnaire de Géographie et de l' espace des sociétés*. Paris: Belin, 2003, 1128p.

MAGNUSSON, W. E. Estatística, delineamento e projetos integrados: a falta de coerência no ensino e na prática. *Brazilian Journal of Ecology*, v. 3, n. 1, 1999, p. 37-40.

MARTINS, G. A. Estatística geral e aplicada. São Paulo: Atlas, 2010, 421p.

MEDEIROS, R.M; CAVALCANTI, E.P.; DUARTE, J.F.M. Classificação climática de Köppen para o estado do Piauí – Brasil. *Revista Equador*, v. 9, n. 3, p. 82-99, 2020.

MILLER, B. R.; BALLINGER, M. E. *Aedes albopictus* mosquitoes introduced into Brazil: vector competence for yellow fever and dengue viruses. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 82, n. 3, p. 476–477, 1988.

MORENO, E. S.; BARATA, R. C. B. Methodology for definition of yellow fever priority areas, based on environmental variables and multiple correspondence analyses. *PLoS Biology*, v. 6, n. 7, p. 1-7, 2012.

NEVES, D. P. *Parasitologia humana*. São Paulo: Atheneu, 2005.

OLIVEIRA, M.M.F. A dengue em Curitiba/PR: uma abordagem climatológica do episódio de março/abril – 2002 . *Revista RA'E GA*, n. 8, p. 45-54, 2004.

OLIVEIRA, R. L. Biologia e Comportamento do vetor. In: VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; CUNHA, R. V. *Dengue: teorias e práticas*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015. p. 75-92, 2015.

PABLO, C. T. L. Cartografia ecológica: conceptos e procedimientos para la representación espacial de ecosistemas. Boletín da Real Sociedad Española de la Historia Natural Sección Geológica, v. 96, n. 1/2, p. 57-68, 2000.

POMPO, A. P. M. M. *Aedes aegypti*: morfologia, morfometria do ovo, desenvolvimento embrionário e aspectos relacionados à vigilância entomológica no município de São Paulo. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016, 133p.

POWELL, J. R.; TABACHNICK, W. J. History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 108, n. 1, p. 11-17, 2013.

RAJU, A. Community mobilization in *Aedes aegypti* control programme by source reduction in Peri-urban district of Lautoka, Viti Levu, Fiji Islands. Dengue Bulletin, v. 27, p. 149-155, 2003.

RIZZI, C. B; RIZZI, R. L; PRAMIU, P. V; HOFFMANN, E.; CODEÇO, C. T. Considerações sobre a dengue e variáveis de importância à infestação por *Aedes aegypti*. Hygeia, v. 13, n. 24, p. 24-40, 2017.

SANTOS, A.; MARÇAL JÚNIOR, O. Geografia do dengue em Uberlândia (MG) na epidemia de 1999. Caminhos de Geografia, v. 3, n. 11, p. 35-52, 2004.

SAWYER, D. O.; LEITE, I. C.; ALEXANDRINO, R. Perfis de utilização de serviços de saúde no Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, v. 7, n. 4, p. 757-776, 2002.

SILVA, A. M; SILVA, R. M; ALMEIDA, C. A. P.; CHAVES, J. J. S. Modelagem Geoestatística dos casos de dengue e da variação termopluviométrica em João Pessoa, Brasil. Sociedade & Natureza, v. 27, n. 1, p. 157-169, 2015.

SILVA, J. S; MARIANO, Z. F.; SCOPEL, I. A dengue no Brasil e as políticas de combate ao *Aedes aegypti*: da tentativa de erradicação às políticas de controle. Hygeia, v.3, n. 6, p. 163-175, 2008.

SILVA, L.L.S. A excepcionalidade da paisagem e do lugar: a transcendência da (i)materialidade por meio da mediação de subjetividades. Belo Horizonte, MG: Letramento, 2023.

SINAN, Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Disponível em: <http://portalsinan.saude.gov.br/sinan-dengue-chikungunya>. Acessado em 26 de agosto de 2019.

UTSUMI, A.G; GALO, M.L.B.T; TACHIBANA, V.M. Mapeamento de cianobactérias por meio da fluorescência da ficocianina e de análise geoestatística. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.19, n.3, p. 273-279, 2015.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Dengue and severe dengue. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>. Acessado em 21 de março de 2019.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Zika: Public Health Emergency of International Concern. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/zika-virus/en/>. Acessado em 19 de março de 2019.

ZARA, A. L. S. A; SANTOS, S. M; FERNANDES-OLIVEIRA, E. S; CARVALHO, R. G.; COELHO, G. E. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 25, n. 2, p. 391-404, 2016.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca - Concepção. Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

HISTÓRICO

Recebido em: 14-08-2024

Aprovado em: 03-05-2025