

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

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca¹

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)
Almenara, MG, Brasil



Cynara Kaliny Ribeiro Braz²

Superintendência Estadual de Educação
Belo Horizonte, MG, Brasil



Ricardo Alexandrino Garcia³

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, MG, Brasil



Enviado em 14 jul. 2023 | Aceito em 5 out. 2023

Resumo: O objetivo deste trabalho foi realizar a regionalização das áreas com maior incidência de hospitalização por dengue no 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 I; pela localização das notificações de internações por dengue no Brasil entre os anos 2009 e 2019; II: variáveis socioeconômicas, total da população por município, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), e Produto Interno Bruto (PIB); III: variáveis ambientais, bioma de abrangência municipal, clima, distribuição da umidade, temperatura e precipitação. Para tanto, utilizou-se estatística descritiva, regressão pelo método StepWise progressivo e a interpolação dos pontos através da 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 73% no modelo adotado, podendo-se afirmar que a temperatura é responsável pela explicação de 56% das taxas de internação, o que está diretamente correlacionado ao bioma onde o paciente reside. A partir desse e outros fatores que subsidiaram a cokrigagem, a região brasileira mais propícia ao agravamento por dengue encontra-se entre o Nordeste e o Centro-Oeste do país..

Palavras-chave: taxa de internação; biomas brasileiros; cokrigagem; regionalização; viés geográfico.

1. Professor EBTT de Geografia. Doutor em Geografia pela UFMG. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5655-2646>. E-mail: diegosousarf@gmail.com.

2. Professora de Biologia, Enfermeira. Mestra em Enfermagem pela UFMG. ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-0134-8161> E-mail: cynarakaliny@gmail.com.

3. Professor do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências e coordenador do Laboratório de Estudos Territoriais (LESTE/IGC/UFMG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7144-9866>. E-mail: alexandrinogarcia@gmail.com.

THE GEOGRAPHIC BIAS FOR DISEASE AND HOSPITALIZATION DUE TO DENGUE FEVER: A REGIONALIZATION OF BRAZIL, BETWEEN THE YEARS 2009 AND 2019, THROUGH MULTIPLE SPATIAL FACTORS

Abstract: The aim of this study was to regionalize the areas with the highest incidence of hospitalization due to dengue fever in Brazil, identifying those with the highest potential for illness in correlation with environmental and socioeconomic geographic factors. The methodology of the study involved the creation of a geographic database consisting of I: the location of notifications of hospitalizations due to dengue fever in Brazil between the years 2009 and 2019; II: socioeconomic variables, total population per municipality, Municipal Human Development Index (MHDI), and Gross Domestic Product (GDP); III: environmental variables, municipal biome coverage, climate, distribution of humidity, temperature, and precipitation. Descriptive statistics, regression by the progressive StepWise method, and point interpolation through cokriging were used. The results showed statistical significance between the tested variables ($p < 0.01$), with the explanatory power (global R^2) equal to or greater than 73% in the adopted model, and it can be concluded that temperature is responsible for explaining 56% of the hospitalization rates, which is directly correlated to the biome where the patient resides. Based on this and other factors that supported cokriging, the Brazilian region most prone to dengue fever aggravation is located between the Northeast and Midwest of the country. **Keywords:** hospitalization rate; Brazilian biomes; cokriging; regionalization; geographic bias.

EL SESGO GEOGRÁFICO EN LA ENFERMEDAD Y HOSPITALIZACIONES POR DENGUE: UNA REGIONALIZACIÓN DE BRASIL A TRAVÉS DE LA INTELIGENCIA ESPACIAL

Resumen: El objetivo de este estudio fue regionalizar las áreas con mayor incidencia de hospitalización por dengue en Brasil, identificando aquellas con mayor potencial para enfermarse en correlación con factores geográficos de naturaleza ambiental y socioeconómica. La metodología del estudio implicó la creación de una base de datos geográfica compuesta por: I) la ubicación de las notificaciones de hospitalización por dengue en Brasil entre los años 2009 y 2019; II) variables socioeconómicas, población total por municipio, Índice de Desarrollo Humano Municipal (IDHM) y Producto Interno Bruto (PIB); III) variables ambientales, cobertura del bioma municipal, clima, distribución de humedad, temperatura y precipitación. Se utilizaron estadísticas descriptivas, regresión por el método StepWise progresivo e interpolación de puntos mediante cokriging. Los resultados mostraron significancia estadística entre las variables probadas ($p < 0,01$), con el poder explicativo (R^2 global) igual o superior al 73% en el modelo adoptado, y se puede concluir que la temperatura es responsable de explicar el 56% de las tasas de hospitalización, lo que está directamente correlacionado con el bioma donde reside el paciente. Basándose en esto y en otros factores que apoyaron el cokriging, la región brasileña más propensa al agravamiento del dengue se encuentra entre el Noreste y el Centro-Oeste del país.

Palabras clave: tasa de hospitalización; biomas brasileños; cokriging; regionalización; sesgo geográfico.



Introdução

No início do século XX o controle do mosquito *Aedes aegypti* foi sistematizado e intensificado no Brasil, com o objetivo de reduzir o número de casos de febre amarela urbana, a qual levou milhares de pessoas ao óbito. A eliminação vetorial era feita por meio da destruição manual dos depósitos infestados. Quando não era possível destruir esses recipientes, os criadouros eram tratados com inseticidas (COSTA *et al.*, 2010). Entre 1958 e 1973, o *A. aegypti* chegou a ser erradicado do país. Entretanto, em 1976, surgiram os primeiros registros da reintrodução do vetor no Brasil, ocasionada por falhas na vigilância epidemiológica e pelo crescimento populacional desordenado, desde então, o mosquito está presente em todos os Estados do país (MILLER; BALLINGER, 1988; GUBLER; KUNO, 1997; BARRETO *et al.*, 2008).

A facilidade de adaptação desse mosquito permitiu que ele se tornasse uma praga nos centros urbanos, em grande medida por meio do transporte passivo, 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, e assim, essas pessoas o replicam e o transmitem. Nesse cenário, a fêmea alimentando-se, em geral, de sangue humano durante um único ciclo gonadotrófico, amplia a sua suscetibilidade em 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).

No Sul da América 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).

A atividade de hematofágica desse inseto acontece no período diurno. 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. 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 maior incidência desse mosquito, portanto, obedece a um padrão sazonal muito atrelado aos índices pluviométricos do período de análise (SANTOS; MARÇAL JÚNIOR, 2004). 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).

A dengue é uma doença grave, semelhante à gripe, afeta bebês, crianças pequenas e adultos, mas raramente causa a morte. 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 proposta deste estudo é realizar a regionalização das áreas com maior incidência de hospitalização por dengue no Brasil, apontando aquelas com maior potencial para adoecimento em correlação com fatores geográficos de cunho ambiental e socioeconômico através da geoestatística. Tais parâmetros poderão subsidiar o acompanhamento epidemiológico de propagação da dengue, direcionando os esforços da administração pública para as regiões mais prioritárias e suscetíveis ao agravamento e debilidade dos infectados, diminuindo o congestionamento dos serviços de saúde pública.

Material e métodos

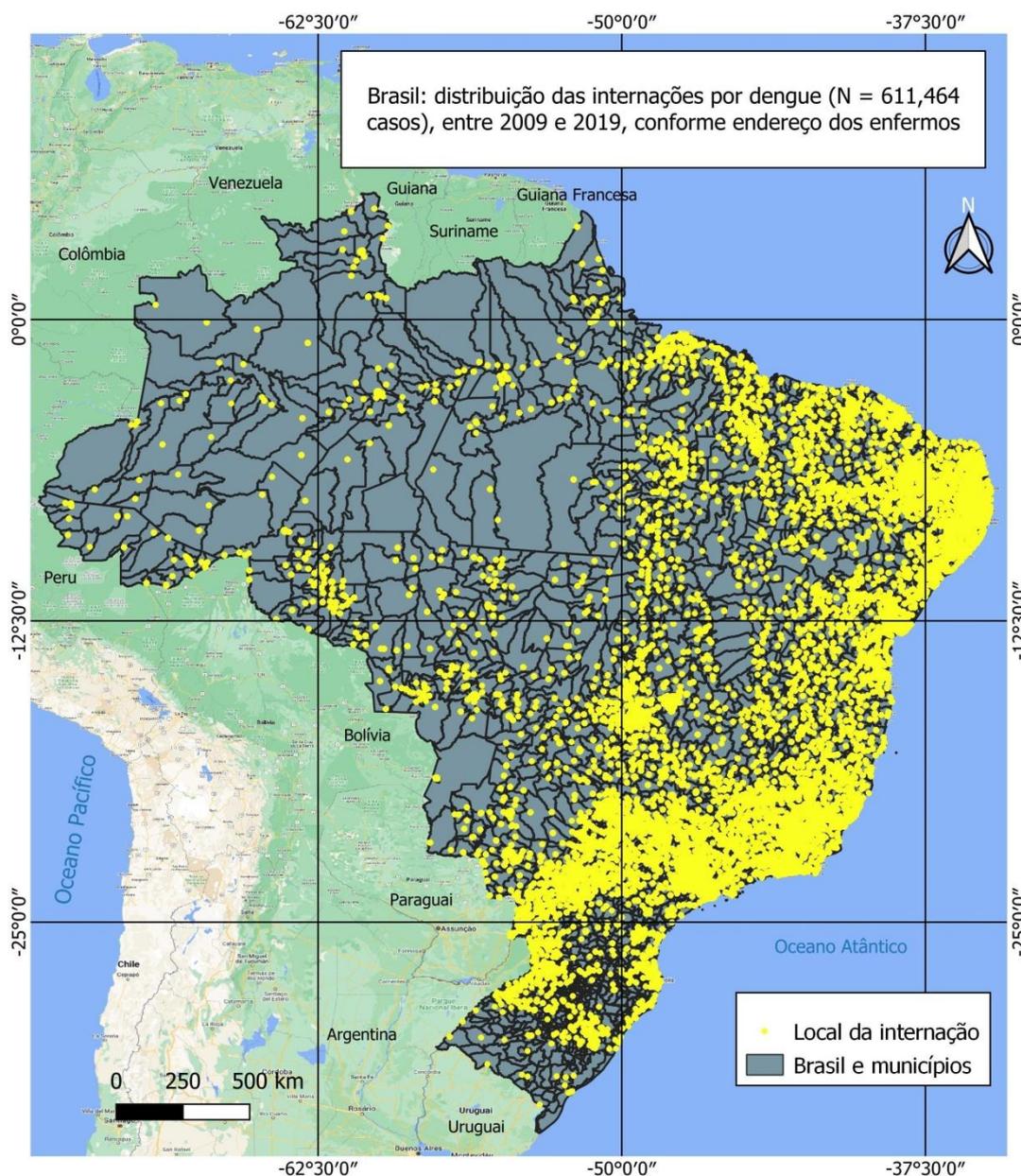
Área de estudo

O território brasileiro encontra-se localizado quase completamente, 93% da sua área, na América do Sul, especificamente, na sua porção Norte, na região intertropical próxima à faixa equatorial do globo terrestre, e, ao Sul até mais adiante do Trópico de Capricórnio. A área total do país compreende 8.510.417,771 km², e sua população atual, em 2023, está em torno de 207.750,291 habitantes. As regiões com a maior população absoluta são: o Sudeste, com 87.348,223; o Nordeste, com 55.389,382; e o Sul, com 30.685,598 pessoas (IBGE, 2022).

O país apresenta cinco grandes zonas climáticas no sentido Norte-Sul: Equatorial, Tropical Equatorial, Tropical Brasil Central, Tropical Nordeste Oriental e Temperado, detendo, por isso, características físicas que fazem distinguir aptidões socioeconômicas de uma região para outra. O território é essencialmente um lugar de temperaturas quentes, em geral com médias acima dos 18°C o ano inteiro. As variações estão no sentido Sudeste-Sul, onde, mais ao sul, são verificadas temperaturas do tipo Mesotérmico Mediano, com médias que ficam em torno dos 10°C ao ano. A distribuição da estiagem no Brasil 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).

O Brasil ocupa a 12^o posição na economia mundial, o que mostra seu grau de desenvolvimento e nível de competitividade comparável aos países mais desenvolvidos do planeta (FGV, 2021; FMI, 2023). Em meio a essa realidade, o Brasil apresentou entre os anos 2009 e 2019, um total de 611,464 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 heterogênea, porém, com a relativização dos dados sobre dengue em relação ao número de habitantes por região, as observações poderão confluir para um julgamento mais pontual e 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 brasileiro



Fonte: IBGE (2010); SIH-SUS/Datasus (Microdados,2020). Org.: própria, 2023.

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 no país.

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 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), que disponibiliza os arquivos agrupados por estados, em formato *Shape File* (SHP), estes 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 QuantumGIS, versão 3.26.3, foi realizada a filtragem dos mais de 611 mil 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, foram adicionadas 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, objetivamente, a taxa de internações por 100.000 habitantes.

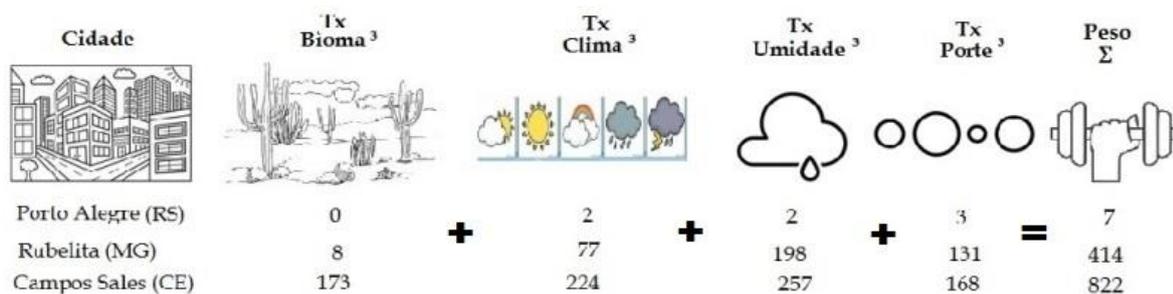
As fórmulas de cálculo dessas taxas encontram-se expressas nas seguintes equações, na qual o $n_{i,l}$ representa o total de internações registradas na localidade l no ano i e $P_{i,l}$, a população estima da localidade l no ano i :

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

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

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 (χ^3) a fim de diferenciá-las de forma mais notável por regiões. 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, tal como é exemplificado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxo de procedimentos para geração dos pesos conforme a densidade espacial das internações hospitalares por dengue entre os anos 2009 e 2019



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 nacionais. 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-temporal da proliferação da dengue e seus agravantes no Brasil.

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 modelo 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, 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: 2010 (15,52%); 2011 (13,15%); 2015 (11,54%) e 2016 (10,52%). A partir dessas hospitalizações, os enfermos apresentaram agravamento da doença, febre hemorrágica da dengue (FHD), em 4,5% dos casos; e as mortes ocorreram em apenas 0,6% do total registrado, representando, portanto, menos de 1% dos registros verificados para cada ano analisado. Nesse período, os anos com a menor quantidade de pessoas internadas foram: 2017 (3,23%) e 2018 (2,86%). As variações notadas conforme o ano 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 Brasil, e seus agravos com a febre hemorrágica da dengue e morte, no período entre os anos 2009 e 2019

Ano	Dengue	% Ano	FHD	% Ano	Mortes	% Ano	Total (N)	% total período
2009	52386	94,75	2905	5,25	232	0,42	55291	9,04
2010	88554	93,33	6333	6,67	443	0,47	94887	15,52
2011	76229	94,77	4206	5,23	403	0,50	80435	13,15
2012	50392	96,99	1565	3,01	250	0,48	51957	8,50
2013	63188	97,44	1662	2,56	360	0,56	64850	10,61
2014	35588	97,01	1098	2,99	158	0,43	36686	6,00
2015	68568	97,21	1967	2,79	410	0,58	70535	11,54
2016	62594	97,31	1730	2,69	443	0,69	64324	10,52
2017	19059	96,35	721	3,65	157	0,79	19780	3,23
2018	16197	92,64	1287	7,36	136	0,78	17484	2,86
2019	51321	92,91	3914	7,09	457	0,83	55235	9,03
Total	584076	95,52	27388	4,5	3449	0,6	611464	100

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados,2020). Org.: própria, 2023.

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 35 anos, o que totalizou 59,25% dos casos ocorridos (611,464) entre os anos 2009 e 2019. A partir dos 36 anos, o percentual de infectados tendeu à diminuição, conforme as faixas etárias posteriores. É verificado menor número de registros de internações e agravamento da dengue, sobretudo nas faixas etárias posteriores aos 60 anos. Tais situações podem estar relacionadas aos hábitos diários das pessoas de acordo com a idade, tais como: 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 é relativamente pequena em todas as faixas etárias.

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

Intervalo etário	Dengue	FHD	Morte	Total (N)	% total período
0-5	40,082	1982	135	42064	6,88
6-10	56,332	4253	123	60585	9,91
11-15	58,668	2962	107	61630	10,08
16-20	54,100	2174	138	56274	9,20
21-25	48,083	2079	135	50162	8,20
26-30	45,910	2005	160	47915	7,84
31-35	41,739	1893	170	43632	7,14
36-40	37,581	1,743	188	39,324	6,43
41-45	34,624	1590	194	36214	5,92
46-50	32,520	1462	235	33982	5,56
51-55	29,684	1388	239	31072	5,08
56-60	25,716	1082	239	26798	4,38
61-65	21,745	864	234	22609	3,70
66-70	17,981	701	226	18682	3,06
71-75	15,183	477	233	15660	2,56
>75	24,128	733	693	24861	4,07
Total	584076	27388	3449	611464	100

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). Org.: própria, 2023.

Por meio da análise dos dados mostrados na Tabela 3, baseados na classificação climática de Köppen (KÖPPEN, 1928; 1931), é depreendido que as regiões brasileiras onde têm ocorrido mais casos de internações por dengue, conforme o tipo climático, são, especialmente, a tropical savânica (Aw), com chuvas mais concentradas no verão, e o seco (BSh), do tipo semiárido quente. As taxas, por mil habitantes, em tais ambientes são 6,22‰ e 6,08‰. Do total dessas internações ocorridas nas duas regiões citadas, respectivamente, 4 e 3% dos casos evoluíram para a febre hemorrágica da dengue. As mortes aconteceram apenas em 0,6% dos casos entre 2009 e 2019. As regiões com as menores taxas (0,41‰ e 1,18‰) são verificadas nos climas do tipo temperado (Cfb), sem seca e verão fresco; e no temperado (Cfa), sem seca e com verão quente. A taxa média do Brasil no período analisado foi de 3,2‰. As situações descritas corroboram quanto à quantidade de pessoas distribuídas conforme os fatores climáticos intrínsecos e aos biomas dessas regiões.

Tabela 3 - Frequência das internações por dengue no Brasil, 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	47,356	95,0	2,514	5,0	49,870	15.010,352	3,32
Am	Tropical úmido	95,657	95,0	5,261	5,0	100,918	27.404,149	3,68
As	Tropical savânico (chuva inverno)	101,718	96,0	4,663	4,0	106,381	25.059,634	4,25
Aw	Tropical savânico (chuva verão)	195,730	96,0	8,951	4,0	204,681	32.911,936	6,22
BSh	Seco (semiárido quente)	48,679	97,0	1,323	3,0	50,002	8.230,175	6,08
Cfa	Temperado (sem seca e verão quente)	34,126	97,0	1,073	3,0	35,199	29.775,282	1,18
Cfb	Temperado (sem seca e verão fresco)	11,666	95,0	609	5,0	12,275	30.259,645	0,41
Cwa	Temperado (inverno seco e verão quente)	30,448	95,5	1,419	4,5	31,867	11.678,655	2,73
Cwb	Temperado (inverno seco e verão fresco)	18,696	92,0	1,575	8,0	20,271	10.425,971	1,94
Total		584,076	95,5	27,388	4,5	611,464	190.755,799	3,2

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2023.

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 mostram 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 do Brasil no período (3,2‰), é verificado que a taxa mais elevada ficou na região em que há regime pluviométrico seco entre sete (7) e oito (8) meses por ano, taxa igual a 6,40‰; seguido por aqueles locais onde ocorre pelo menos seis (6) meses secos durante o ano, taxa igual a 5,8‰. Porém, áreas abrangidas por distribuição da umidade sem qualquer seca (taxa de 1,17‰), ou quase sem seca, subseca (1,10‰); apresentaram taxas semelhantes às regiões geográficas do Brasil com pelo menos onze (11) meses secos (1,2‰). Tais fatos denotam que o processo de 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 não são ideais para a circulação do vírus e da doença. Portanto, os locais mais propícios para contaminação para dengue não são nem aqueles com elevada umidade nem aqueles com déficit desta em quase todo ano. O vetor 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 pelos infectados precisa de um ambiente com determinada oferta pluviométrica balanceado com estações secas para que o inseto se torne adulto, contamine-se e propague a dengue para pessoas (FONSECA, 2021).

Tabela 4 - Frequência das internações por dengue no Brasil, 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)

Distribuição da umidade	Dengue	%	FHD	%	Morte	%	Total	População	Taxa
1 a 2 meses secos	71,388	95,04	3,728	4,96	528	0,70	75,116	24.159,311	3,10
11 meses secos	43	97,73	1	2,27	0	0,00	44	35,662	1,20
3 meses secos	127,716	96,27	4,942	3,73	684	0,52	132,658	26.576,547	5,00
4 a 5 meses secos	195,334	94,47	11,444	5,53	1,207	0,58	206,778	45.898,953	4,50
6 meses secos	67,242	97,51	1,718	2,49	241	0,35	68,960	11.839,052	5,80
7 a 8 meses secos	52,101	97,48	1,349	2,52	179	0,33	53,450	8.409,258	6,40
9 a 10 meses secos	1,549	97,36	42	2,64	6	0,38	1,591	637,705	2,50
Sem seca	32,299	93,38	2,288	6,62	324	0,94	34,587	29.541,190	1,17
Subseca	36,404	95,10	1,876	4,90	280	0,73	38,280	34.989,979	1,10
Total	584,076	95,5	27,388	4,5	3449	0,6	611,464	190.755,799	3,2

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2023.

Por meio da análise dos dados mostrados na Tabela 5, editados conforme a classificação realizada pelo IBGE (2017) para a abrangência dos biomas brasileiros, é verificado que a dengue, e seus agravos, têm maior prevalência nas pessoas que residem nas regiões com abrangência dos biomas: Caatinga (taxa de 5,568‰ por mil habitantes); Amazônico (5,100‰); e Cerrado (5,097‰) dos casos de internações relativas ao período de análise. Nessas respectivas regiões, o agravamento da doença aconteceu em 2,9% dos casos na região amazônica, 2,5% na região da Caatinga, e em 5% dos pacientes que ficaram internados na região sob a abrangência do bioma Cerrado. Mortes aconteceram em proporções pequenas, tendo em vista a média brasileira para o período de 0,6% de falecimento nos casos de complicações relativas às internações por dengue.

Tabela 5 - Frequência das internações por dengue no Brasil, 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	%	Morte	%	Total	População	Taxa
Amazônico	94,512	97,1	2,802	2,9	344	0,4	97314	19.079,444	5,100
Caatinga	130,935	97,5	3,415	2,5	506	0,4	134350	24.128,725	5,568
Cerrado	152,287	95,0	8,256	5,0	857	0,5	160543	31.497,976	5,097
M. Atlânt.	204,531	94,0	12,702	6,0	1,723	0,8	217233	109.538,871	1,983
Pantanal	1,567	90,0	180	10,0	15	0,9	1747	371,573	4,702
Pampa	244	88,1	33	11,9	4	1,4	277	6.139,210	0,045
Total	584076	95,5	27388	4,5	3449	0,6	611464	190.755,799	3,2

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2023.

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 5,5 por mil dos casos de internações registradas), pequeno I (taxa de 5,08‰) e médio (3,4‰) quando se refere às internações ocorridas entre 2009 e 2019. No entanto, as complicações desses casos (FHD)

ocorreram mais em cidades do tipo metrópole (em 10,8% das internações) e nas de porte grande (em 8,1% das internações). Em proporções ainda menores, as mortes, quando ocorreram, responderam por apenas 0,6% dos casos agravados nas internações por dengue do período. As menores taxas, 1,5‰ e 2,1‰, são verificadas nas metrópoles e nas cidades de porte grande. A explicação mais precisa dessas ocorrências e suas correspondências com o porte das cidades precisam ser mais bem estudadas em trabalhos posteriores.

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 em torno dos intervalos mostrados neste texto.

Tabela 6 - Frequência das internações por dengue no Brasil, 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	%	Morte	%	Total	População	Taxa
Grande	122148	92,0	10778	8,0	1324	1,00	132926	62.326,291	2,130
Metrópole	56323	89,2	6815	10,8	515	0,80	63138	42.092,882	1,500
Médio	73141	96,0	3166	4,0	527	0,70	76307	22.294,046	3,400
Pequeno I	163138	98,2	3045	1,8	468	0,3	166183	32.697,909	5,080
Pequeno II	169326	98,0	3584	2,0	615	0,4	172910	31.344,671	5,500
Total	584076	95,5	27388	4,5	3449	0,6	611464	190.755,799	3,2

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados, 2020). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e malha digital dos municípios brasileiros (2013). IPEA (2020). Org.: própria, 2023.

Conforme foi verificado por meio da relativização dos dados a partir da relação da incidência das internações por dengue com as 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 dez (10), enquanto os valores máximos apresentaram-se entre 168 e 822. 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 8.

Tabela 8 - Resumo descritivo dos intervalos das principais variáveis utilizadas para formulação dos pesos para os resultados da análise

Parâmetro	Soma taxas (pesos)	Taxa bioma ³	Taxa clima ³	Taxa distrib. Umidade ³	Taxa porte ³
Valor mín	7	0	1	1	3
1º quartil	249	8	50	91	10
Mediana	451	132	77	91	131
3º quartil	595	133	241	124	168
Valor máx	822	173	241	257	168
Média	419	97	125	106	90,6
Des-pad	205	68	97	72	68

Fonte: dados do IBGE (2010); IPEA (2020); SIH-SUS/Datasus (Microdados (2020); CEM (2020); INPE (2022. Org.: do Autor, 2023.

Os pesos gerados, quando submetidos à regressão progressiva como variável dependente (y), Tabela 9, pelo método StepWise, mostram que o bioma onde o paciente internado é residente é capaz de explicar (R²) 62% da probabilidade das taxas de ocorrência das internações; o clima local acrescenta 17,8%; e a umidade e o porte juntos acrescentam 20,5% à explicação citada.

Tabela 9 - 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: bioma, umidade, clima e porte das cidades)

V. Dependente (Y): taxas de internação (somatório = pesos)		Número de observações: 611,464		p-valor	R ²	Varição R ² (%)
		Tx. bioma		0,000	0,617	62
		Tx. clima	Tx. bioma	0,000	0,722	17,8
	Tx. umidade	Tx. clima	Tx. bioma	0,000	0,900	10,5
Tx. porte	Tx. umidade	Tx. clima	Tx. bioma	0,000	1,000	10

Fonte: dados do IBGE (2010); IPEA (2020); SIH-SUS/Datasus (Microdados (2020); CEM (2020); INPE (2022. Org.: do Autor, 2023.

Novas variáveis, como temperatura, densidade demográfica, precipitação e índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM 2010) foram analisados conforme a relação de dependência estatística com os pesos (y). A temperatura e a precipitação mínima média brasileira são de 12°C e 500mm; enquanto os valores mínimos médios de densidade demográfica e IDHM são de 0,1 e 0,6. Os valores máximos médios de temperatura e precipitação são iguais a 26,5°C e 2300mm; enquanto as máximas médias referentes à densidade demográfica e IDHM são de 12963,5 e 0,739 – tal como pode ser verificado por meio da Tabela 10.

Tabela 10 - Resumo descritivo dos intervalos das variáveis utilizadas para análise do poder explicativo das variáveis da geografia regional do Brasil em relação aos pesos (y) gerados com base nas taxas de internação por dengue

Parâmetro	Pesos	Temperat. °C	Dens. Demog.	Precipitação	IDHM 2010
Valor mín	7	12	0,1	500	0,612
1º quartil	249	22	14,9	1200	0,685
Mediana	451	23	41,5	1800	0,685
3º quartil	595	24	181,5	1900	739
Valor máx	822	26,5	12963,5	2300	0,739
Média	419	23	736,7	1518	0,679
Desv-pad	205	1	1881	550	0,774

Fonte: dados do IBGE (2010); IPEA (2020); SIH-SUS/Datasus (Microdados (2020)); CEM (2020); INPE (2022. Org.: do Autor, 2023.

Tendo em vista os dados disponíveis e trabalhados na íntegra, sem transformações, com o poder explicativo (R^2 global) igual a 73% no modelo adotado, Tabela 11, a partir deles pode-se afirmar que a temperatura é responsável pela explicação de 56% das taxas de incidência das internações pela anomalia pública estudada, a densidade demográfica, portanto, a relação do número de habitantes por quilômetro quadrado na região de análise, acrescenta 7,6% ao modelo explicativo; em seguida, a precipitação acrescenta 5,4% ao teste realizado; e o índice de desenvolvimento humano municipal (2010) acrescenta 4,1% ao poder explicativo global do modelo.

Tabela 11 - Modelo de regressão multifatorial (StepWise progressivo) para hierarquia das variáveis preditivas com maior poder explicativo para estimar a variável dependente (taxas de internação, por localidade, conforme: PIB, IDHM, densidade demográfica, precipitação, temperatura e altitude da sede das cidades)

Número de observações: 611,464				p-valor	R ²	Varição R ² (%)
V. Dependente (y): pesos						
			Temperatura	0,000	0,559	56
		Dens. demográfica	Temperatura	0,000	0,613	7,59
	Precipitação	Dens. demográfica	Temperatura	0,000	0,688	5,38
IDHM 2010	Precipitação	Dens. demográfica	Temperatura	0,000	0,732	4,14

Fonte: dados do IBGE (2010); IPEA (2020); SIH-SUS/Datasus (Microdados (2020)); CEM (2020); INPE (2022. Org.: do Autor, 2023.

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 temperaturas médias ou o total pluviométrico acumulado de cada período. Nessa perspectiva, o clima é um fator primordial na análise dessas internações quando comparado aos fatores socioeconômicos.

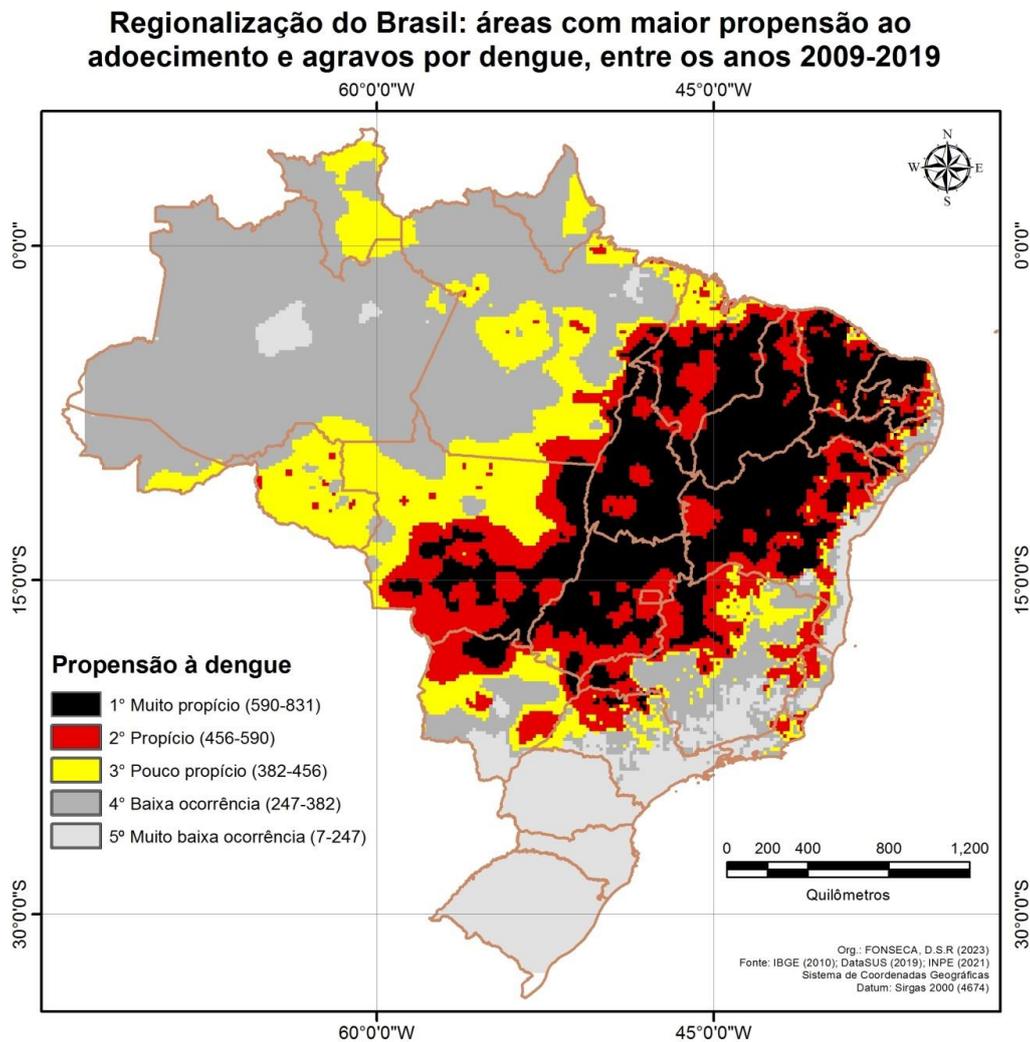
As regiões com maior propensão à dengue são aquelas com maior sazonalidade do regime das chuvas. Quanto maior é a amplitude térmica esperada em dias e meses, maiores são as taxas de internação por dengue. Onde há a maior concentração da pluviosidade em intervalos de meses específicos e restritos, as taxas de internação são aumentadas. Espaços com cidades de até 50,000 habitantes, com maior produto interno bruto e maior índice de desenvolvimento humano são aquelas mais propícias às maiores taxas de internação e agravamento da doença em estudo. Tal fator acontece em detrimento de espaços urbanos maiores e menos desenvolvidos, tal como as taxas mostradas na Tabela 6 e a regressão vista na Tabela 11 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 e a falta de profilaxia dos ambientes favorecem à maior e mais rápida disseminação de epidemias.

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 dengue, tal como é mostrado na Figura 3 através da hierarquia de cores e regionalização. A região em cor preta, a qual percorre o Brasil do Nordeste ao Centro-Oeste é a área mais propícia ao agravamento do infectado 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 mais simples da dengue não chegam a ser notificados.

Logo em seguida, nesse mesmo mapa, Figura 3, a região em cor vermelha, em segundo nível, é propícia a proliferação da enfermidade, levando à hospitalização. Essa segunda região segue o padrão da primeira região em cor preta, funcionando empiricamente como um fator “*buffer*” à primeira observação. Em seguida, a região pouco propícia à proliferação do agravamento da dengue encontra-se em cor amarela, obedecendo a um comportamento espacial mais desvinculado às duas primeiras regiões abordadas. Regiões de muito baixa ocorrência, ou de baixa ocorrência, encontram-se representadas nos dois tons de cinza do mapa a seguir, correspondendo às duas áreas antípodas do Brasil, a região Norte, sob o bioma equatorial e clima superúmido, e a Sul, abrangida pelo bioma pampa e clima subtropical.

Figura 3 - Cokrigagem para interpolação e estimativa das regiões por hierarquia dos pesos.
Parâmetros multivariados para o resultado: pesos (γ), temperaturas, densidade demográfica e precipitação



Fonte: dados do IBGE (2010); IPEA (2020); SIH-SUS/Datasus (Microdados (2020); CEM (2020); INPE (2022). Org.: do Autor, 2023.

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). Em âmbito nacional, o mapeamento estatístico dos registros de internações no período analisado, 2009 a 2019, mostraram 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 seis (6) e oito (8) 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* que, quando contaminado, propaga a dengue quando pica os seres humanos, especialmente nos espaços mais propícios à proliferação, que remete às taxas de incidência. Os casos mais graves relativos às infecções são mais verificados na região Centro-Oeste em direção à

Nordeste do Brasil, o que pode indicar a atuação da massa tropical atlântica. 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, de janeiro a julho (FONSECA, 2021).

A ocorrência de doentes e a infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* está condicionada 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 (OLIVEIRA, 2004; AJUZ; VESTENA, 2014; ALMEIDA; CASTRO, 2018). Além disso, a coleta adequada do lixo influi demasiadamente na propagação da doença (RIZZI *et al.*, 2017). Portanto, o problema epidemiológico da dengue não está ligado apenas à higienização dos espaços internos das residências, mas também, ao planejamento organizacional das cidades e ao comprometimento dos gestores públicos com a limpeza e organização urbana levando em consideração as características físicas do sítio geográfico.

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 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 é conhecendo o espaço-tempo no qual o mosquito *Aedes* melhor se adapta.

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.

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 forma estratégica quanto à escala de trabalho. As áreas mais propensas a maior ocorrência estão sitiadas nas regiões tropicais com temperaturas médias anuais acima dos 18°C e com as estações chuvosas e de secas bem definidas, o que influencia o desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti*, o disseminador da dengue.

O uso do modelo 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 brasileiras sob maior probabilidade da ocorrência de infectados pela dengue no Brasil. A partir desses parâmetros, o bioma onde o paciente internado é residente é capaz de explicar (R^2) 62% da probabilidade das taxas de ocorrência das internações por dengue. Com o mesmo método, mas com variáveis preditivas diferentes, quando o poder explicativo (R^2 global) chegou a 73% no modelo adotado, pode-se afirmar que a temperatura foi responsável pela explicação de 56% das taxas de incidência das internações pela anomalia pública estudada, seguida pela densidade demográfica, portanto, a relação do número de habitantes por quilômetro quadrado na região de análise, a qual acrescentou 7,6% ao modelo explicativo; a precipitação acrescentou 5,4%; e o índice de desenvolvimento humano municipal (2010) acrescentou 4,1% ao poder global do modelo. Por meio da interpolação por cokrigagem, a região que vai do Nordeste ao Centro-Oeste é a área mais propícia ao agravamento do infectado por dengue no Brasil.

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, especialmente nos ambientes mais adensados e, portanto, mais afetados pelas enfermidades em pauta.

O maior detalhe a respeito das causas e desdobramentos da geografia da saúde relacionada à dengue poderia ser mais detalhado em estudos localizados, diretamente nas áreas de cidades específicas. Isso seria proveitoso especialmente naquelas áreas mais propícias para a contaminação e internação por complicações com a dengue, conforme a regionalização elaborada neste trabalho, providenciada através das taxas de internação, fatores climáticos e socioeconômicos.

Referências

- AJUZ, L.C.; VESTENA, L. (2014). 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.
- ALMEIDA, A.S.; MEDRONHO, R.A.; VALÊNCIA, L.I.O. (2009). 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.
- ALMEIDA, R. B.; CASTRO, M.B. (2018). Espacialização da dengue: indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença. *Revista Ra'e Ga*, v.45, p. 200-213.
- AYRES, M. (2007). *BioEstat. Versão 5.0*. Belém: Soc. Civ. Mamirauá, MCT – CNPq.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. (2008). Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. *Estudos avançados*, v. 22, n. 64, p. 53-72.
- BRAGA, I. A.; VALLE, D. (2007). *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 16, n. 2, p. 113–118.
- CAMPBELL, L. P. *et al.* (2015). 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.
- CAMPOS, G. S; BANDEIRA, A. C.; SARDI, S. I. (2015). Zika virus outbreak, Bahia, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, v. 21 n. 10, p. 1885–1886.
- CAMPOS, M. B.; MACEDO, D.R. (2014). 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.
- 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-missao-e-objetivos>>. 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. (2012). Travelers as sentinels for Chikungunya Fever, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, v. 18, n. 3, p. 529-530.
- 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. (2010). 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.
- CUNHA-CRUZ, J; NADANOVSKY, P. (2003). Doenças periodontais causam doenças cardiovasculares? Análise das evidências epidemiológicas. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 357-368.
- 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. (2010). 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.
- FONSECA, D.S.R; GARCIA, R.A. (2021). 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.
- GUBLER, D. J.; KUNO, G. *Dengue and dengue hemorrhagic fever*. New York: CAB International, 1997, p. 45-60.
- HAESBAERT, R. (2014). *Regional-global: dilemas da região e regionalização na Geografia contemporânea*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

- HATISUKA M. F. B.; ARRUDA, G. O.; FERNANDES, C. A. M.; MARCON, S. S. (2015). 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.
- HISSA, C. E. V. (2002). *A mobilidade das fronteiras: inserções da geografia na crise da modernidade*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 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. 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.; POUWEROL, G.; GERSHMAN, M. D.; HILL, D. R.; LEMARCHAND, J.; LEWIS, R. F.; STAPLES, J. E.; TOMORI, O.; SMITH, A. W.; MONATH, T. P. (2011). 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.
- KÖPPEN, W. (1931). *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter, p.388.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes, p.270.
- LACON, G; MORRISON, A. C; ASTETE, H; STODDARD, S. T; PAZ-SOLDAN, V. A.; ELDER, J. P. (2014). Shifting patterns of *Aedes aegypti* fine scale spatial clustering in Iquitos, Peru. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 8, n. 8, p. 1-13.
- LANDIM, P.M.B. (2006). Sobre Geoestatística e mapas. *Terra e Didática*, Campinas, v.2, n.1, p.19-33.
- LUSSAULT, M. (2003). Constructivisme. In: LÉVY, J.; LUSSAULT, M. (orgs). *Dictionnaire de Géographie et de l' espace des sociétés*. Paris: Belin, 1128p.
- MARTINS, G. A. (2010). *Estatística geral e aplicada*. São Paulo: Atlas, 421p.
- MEDEIROS, R.M; CAVALCANTI, E.P.; DUARTE, J.F.M. (2020). Classificação climática de Köppen para o estado do Piauí – Brasil. *Revista Equador*, v. 9, n. 3, p. 82-99.
- MILLER, B. R.; BALLINGER, M. E. (1988). *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.
- MORENO, E. S.; BARATA, R. C. B. (2012). 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.
- NEVES, D. P. (2005). *Parasitologia humana*. São Paulo: Atheneu.
- OLIVEIRA, M.M.F. (2004). A dengue em Curitiba/PR: uma abordagem climatológica do episódio de março/abril – 2002 . *Revista RA´E GA*, n. 8, p. 45-54.
- OLIVEIRA, R. L. (2015). 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.
- POMPO, A. P. M. M. (2016). *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, 133p.
- POWELL, J. R.; TABACHNICK, W. J. (2013). History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 108, n. 1, p. 11-17.
- RAJU, A. (2003). 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.
- RIZZI, C. B; RIZZI, R. L; PRAMIU, P. V; HOFFMANN, E.; CODEÇO, C. T. (2017). Considerações sobre a dengue e variáveis de importância à infestação por *Aedes aegypti*. *Hygeia*, v. 13, n. 24, p. 24-40.
- SANTOS, A.; MARÇAL JÚNIOR, O. (2004). Geografia do dengue em Uberlândia (MG) na epidemia de 1999. *Caminhos de Geografia*, v. 3, n. 11, p. 35-52.
- SANTOS, M. (1998). *Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia*. 1ª Ed. São Paulo: Hucitec, 136p.
- SAWYER, D. O.; LEITE, I. C.; ALEXANDRINO, R. (2002). Perfis de utilização de serviços de saúde no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 7, n. 4, p. 757-776.
- SILVA, A. M; SILVA, R. M; ALMEIDA, C. A. P.; CHAVES, J. J. S. (2015). Modelagem Geoestatística dos casos de dengue e da variação termopluviométrica em João Pessoa, Brasil. *Sociedade & Natureza*, v. 27, n. 1, p. 157-169.
- SILVA, J. S; MARIANO, Z. F.; SCOPEL, I. (2008). 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.
- SILVA, L.L.S. (2023). *A excepcionalidade da paisagem e do lugar: a transcendência da (i)materialidade por meio da mediação de subjetividades*. Belo Horizonte, MG: Letramento.
- 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. (2015). 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.
- 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. (2016). Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 25, n. 2, p. 391-404.