

A RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA E A INFESTAÇÃO PELO MOSQUITO *Aedes aegypti*, O CASO DE MONTES CLAROS-MG

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca¹
Ricardo Alexandrino Garcia²

Resumo: a proposta deste estudo é examinar a correspondência da infestação pelo mosquito *Aedes aegypti*, através do Índice Breteau, por bairros, no período entre 2015 a 2017, com a temperatura de superfície estimada (TSE) da cidade Montes Claros-MG. Certas investigações apontam as questões hidroclimáticas como as que mais corroboram para intensificação larvária do inseto proposto. A metodologia consistiu na aquisição e organização dos dados relativos ao Índice Breteau do referido mosquito; a geração da imagem com a temperatura de superfície estimada da cidade; e o exame, com a aplicação da regressão linear múltipla, da associação de tais variáveis. Por meio dos resultados foi verificado que o modelo empregado ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,83$) foi significativo, e as variáveis mais explicativas para o Índice Breteau de 2017, sejam - o Índice Breteau de 2016 ($p < 0,01$) e o desvio-padrão ($p < 0,03$) das temperaturas. Conclui-se que há ligação entre a maior infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* com as áreas onde existem maiores picos de calor.

Palavras-chave: Saúde Pública. Mosquito *Aedes aegypti*. Temperatura de Superfície estimada (TSE).

THE RELATIONSHIP BETWEEN TEMPERATURE AND INFESTATION BY THE *Aedes aegypti* MOSQUITO, THE CASE OF THE MONTES CLAROS-MG CITY

Abstract: The purpose of this study is to examine the correspondence of *Aedes aegypti* infestation, through of Breteau Index, by neighborhoods, in the period among the years 2015 and 2017 with land surface temperature (LST) of the city Montes Claros-MG. Some investigations shows the hydroclimatic issues as the one most corroborate to larval infestation of the proposed insect. The methodology consisted in the acquisition and organization of the data related to the Breteau Index of mentioned mosquito; the generation of the image with the estimated surface temperature of the city; and examining with the application of multiple linear regression, the association of such variables. With the results is verified that the model employed ($p < 0.01$ and $R^2 = 0.83$) is significant, and the most explanatory variables for the Breteau Index of 2017 are - the Breteau Index of 2016 ($p < 0, 01$) and the standard-deviation ($p < 0.03$) of the temperatures. Arrival the conclusion that the larval infestation of *Aedes aegypti* has relationship with areas where exist the highest heat peaks.

Keywords: Public Health. Mosquito *Aedes aegypti*. Land Surface Temperature (LST).

¹ Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Almenara (MG), Brasil, diegosousarf@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5655-2646>

² Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil, Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, alexandrinogarcia@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7144-9866>

LA RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA E INFESTACIÓN POR EL MOSQUITO *Aedes aegypti*, EL CASO DE MONTES CLAROS-MG

Resumen: El propósito de este estudio es examinar la correspondencia de la infestación de mosquitos *Aedes aegypti*, a través del Índice Breteau, por vecindarios, de 2015 a 2017, con la temperatura superficial estimada (EET) de la ciudad Montes Claros-MG. Ciertas investigaciones apuntan a problemas hidroclimáticos como los que más corroboran la intensificación larval del insecto propuesto. La metodología consistió en la adquisición y organización de datos relacionados con el Índice Breteau de dicho mosquito; generación de imágenes con la temperatura superficial estimada de la ciudad; y el examen, con la aplicación de regresión lineal múltiple, de la asociación de tales variables. A través de los resultados se verificó que el modelo empleado ($p < 0.01$ y $R^2 = 0.83$) fue significativo, y las variables más explicativas para el Índice Breteau 2017 son: el Índice Breteau 2016 ($p < 0, 01$) y la desviación estándar ($p < 0.03$) de temperaturas. Se concluye que existe un vínculo entre la mayor infestación de larvas por el mosquito *Aedes aegypti* con las áreas donde hay los picos de calor más altos.

Palabras clave: Salud pública. Mosquito *Aedes aegypti*. Temperatura superficial estimada (TSE).

Introdução

Este trabalho faz parte de um processo de doutoramento no qual se buscou entender a dinâmica espacial entre hospitalizados por dengue no Brasil entre os anos 2000 e 2019, infectados notificados por essa doença, e a incidência do mosquito *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros (MG). Tais dados foram correlacionados com variáveis socioeconômicas e ambientais, tendo a intenção de discutir esse viés dentro da perspectiva da Geografia da Saúde.

Dentro dessa mesma perspectiva, são notados em várias cidades do Brasil, de tempos em tempos, o surgimento e o ressurgimento dos vírus de doenças transmitidas por vetores, tal como o mosquito *Aedes aegypti*, o qual, à medida que ocorre o crescimento urbano, a infestação larvária desse inseto parece aumentar (ALMEIDA; MEDRONHO; VALÊNCIA, 2009). Outras pragas comuns são: roedores, baratas, escorpiões, urubus e gafanhotos, todos estes, quando em desequilíbrio, perturbam a qualidade do convívio cidadão. Essa realidade desordenada foi prevista (MONTEIRO, 1992; SANTOS, 1998) e permanece em discussão atualmente (CARLOS, 2018) devido a sua complexa solução em locais como a cidade de Montes Claros-MG, onde padrões arquitetônicos homogêneos e importados, os quais não se adéquam à realidade bioclimática local (FONSECA, 2010), são mantidos e expandidos em desarmonia com o ambiente natural.

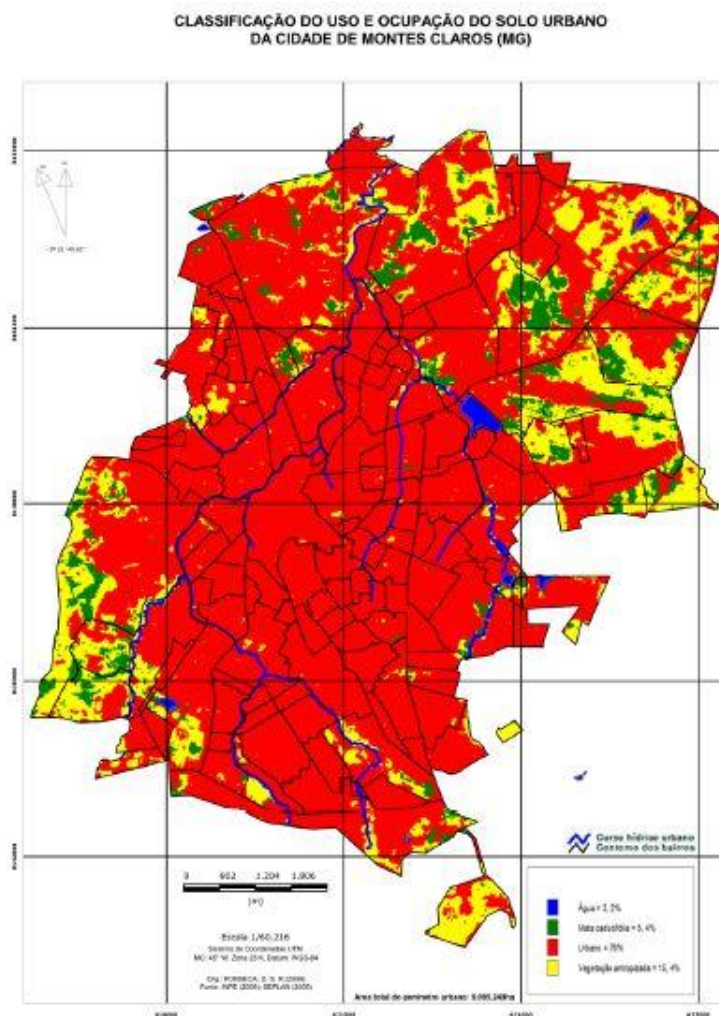
Ao buscar a maior salubridade nos ambientes citadinos, o estudo do comportamento espacial do mosquito *Aedes aegypti* (LINNAEUS, 1762) é atual e necessário, porque é este o principal transmissor de epidemias tais como a dengue, a febre amarela (JENTES *et al.*, 2011), a febre *chikungunya* (CHAVES *et al.*, 2012) e o zika vírus (CAMPOS *et al.*, 2015).

A partir dessa prévia, o objetivo deste estudo é examinar a correspondência da infestação pelo mosquito *A. aegypti*, por meio do Índice Breteau, por bairros, período entre 2015 a 2017, com a temperatura de superfície da cidade Montes Claros-MG. A partir dos resultados, o assunto poderá contribuir nessa temática a respeito da qualidade urbana e a geografia da saúde social, haja vista que, atualmente, por meio da maior mobilidade urbana e das interligações disponíveis, é imprescindível o estudo da ecologia da doença, ou seja, as variações na distribuição espacial da enfermidade e os fatores ambientais associados (BATALHA, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

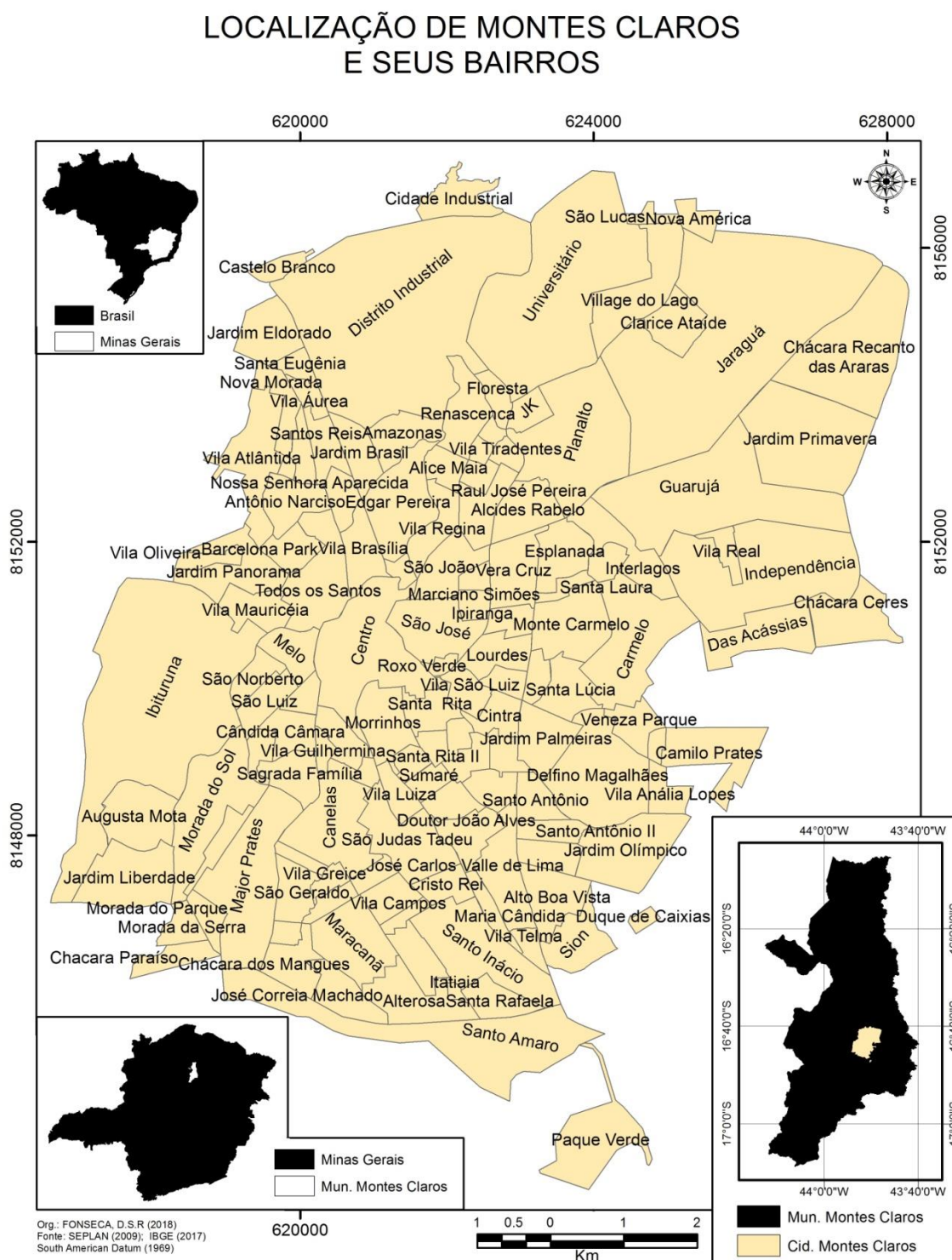
Localizada ao Norte do Estado de Minas Gerais, porção centro-leste do município, a cidade de Montes Claros é composta atualmente por área equivalente a 92.000 km². A altitude média é de 660 metros, sobretudo na região central da cidade; as áreas de maior elevação (900m) estão situadas na direção Sul (sudeste) e as de menor elevação (600m), localizam-se ao Norte (noroeste). O terreno, em geral, é pouco abrupto (declividade média em torno de 2,35°), áreas com maior desnível estão posicionadas a Oeste e Sul da área urbana (INPE, 2018). As áreas com vegetação ou não urbanizadas compõem em torno de 19% do terreno (Figura 1) e estão situadas nas porções Nordeste e Sudoeste da cidade (FONSECA; BRAZ, 2010; MOREIRA; FERNANDES; NERY, 2014).

Figura 1- Uso e ocupação do solo Urbano em Montes Claros.

Fonte: FONSECA; BRAZ (2010).

A cidade apresenta cento e trinta e seis bairros (136), de acordo com a base cartográfica (Figura 2) fornecida pela Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEPLAN, 2009). A população estimada para o ano de 2017 é de 402.027 pessoas; a densidade demográfica é superior a 101,41 hab/km². A renda média do trabalhador é de 2,2 salários mínimos, correspondente a 26% da população que se encontra ocupada; o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,77 – o décimo-oitavo (18^o) de Minas Gerais (IBGE, 2017).

Figura 2- Bairros da cidade de Montes Claros e sua localização.



Fonte: Seplan (2009); IBGE (2017).

Base de dados

Os dados entomológicos para realização do trabalho foram disponibilizados pelo Centro de Controle de Zoonoses (CCZ, 2017), os quais se referem ao Índice *Breteau* dos bairros da cidade de Montes Claros, período de 2015 a 2017, sendo os

dados usados neste trabalho, conforme aquilo que foi fornecido pelo CCZ, coletados nos meses de janeiro, março e outubro. Tal índice tem sido usado como referência para os diagnósticos de infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti*. Sua mensuração é feita por meio de uma amostra probabilística dos imóveis (10% de cada bairro) da área urbana. O delineamento amostral é feito por conglomerados, levando em consideração o quarteirão como unidade primária e o imóvel como unidade secundária. O Índice *Breteau* leva em conta a relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados, como mostra a Equação 1 (GOMES, 1998; MS, 2013):

$$IB = \frac{\text{recipientes positivos}}{\text{imóveis pesquisados}} * 100 \quad (1)$$

A base cartográfica, com o perímetro dos bairros de Montes Claros, foi adquirida junto à Secretaria de Planejamento (SEPLAN, 2009) em formato vetorial *Drawing database* (DWG), mais compatível com *softwares* como o AutoCAD. Essa base ainda é a atual e representativa do território urbano de Montes Claros.

Além da base vetorial com os limites da cidade e divisões dos bairros, imagens do satélite Landsat-8, com resolução espectral de 16 *bits*; frequência de revisita igual a 10 dias; espacial de 30 metros (sensor *Operational Land Image* - OLI) nas bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo); e com resolução de 100 metros (sensor *Thermal Infrared Sensor* – TIRS) nas bandas 10 e 11 (infravermelho termal), foram baixadas do *United States Geological Survey* (USGS, 2019), órbita-ponto 218-072, as quais tiveram data de sensoriamento nas seguintes datas: 07/10/2017, 19/07/2017, 16/05/2017; 20/10/2016, 16/07/2016, 11/04/2016; e 02/10/2015, 28/06/2015, 25/04/2015. Tais imagens apresentam cenas que cobrem área equivalente a 180 km². A escolha das datas teve como critério os meses de coleta de dados, realizada pelo CCZ, e a menor ocorrência de nuvens nas cenas dos meses escolhidos.

Procedimentos operacionais

A primeira etapa do trabalho consistiu na conversão dos dados, originalmente em formato impresso, para uma planilha de edição de arquivos alfanuméricos. Tais arquivos foram cedidos conforme os anos 2015, 2016 e 2017, referentes aos meses de janeiro, março e outubro, os quais consistem nos períodos de coleta de dados

para pesquisa pelo CCZ (2017). Esses arquivos já foram adquiridos de acordo com a nomenclatura dos bairros de Montes Claros. Em seguida, devido à incompatibilidade entre a base cartográfica disponibilizada junto à SEPLAN (2009), com 136 bairros, e os dados do Centro de Controle de Zoonoses, com 186 divisões da cidade em bairros, esta última foi padronizada conforme a primeira base da SEPLAN.

A base cartográfica em formato DWG foi convertida para o formato *shapefile*, por meio do aplicativo computacional ArcGIS, versão 10.2, e cada perímetro dos bairros foi alterado para polígono, a fim de transformar o arquivo em um banco de dados que pudesse ser passível de inserção dos atributos (Índice Breteau) em sua respectiva tabela.

Para se obter a temperatura de superfície estimada (TSE), foram manipuladas as cenas do satélite Landsat-8 nas bandas 11 e 10 (termal) e 5 e 4 (infravermelho próximo e vermelho) por meio do *raster calculator* (ArcGIS), conforme orientação do serviço geológico dos Estados Unidos, quando, inicialmente, converteu-se o valor do número digital para valores de radiância, com uso dos metadados baixados com as imagens, tal como mostra a Equação 2 (USGS, 2018):

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \quad (2)$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância espectral do topo da atmosfera (Watts/(m² * srad * μ m));

ML = banda específica, multiplicada pelo fator de reescalonamento, contido nos metadados (RADIANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número correspondente à banda);

AL = banda específica, adicionada com o fator de reescalonamento contido nos metadados RADIANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número correspondente à banda);

Q_{cal} = valores calibrados relativos ao pixel (DN) do produto padrão.

Em seguida, fez-se a conversão para temperatura de topo da atmosfera (Kelvin), a qual é obtida por meio da Equação 3 (USGS, 2018):

$$T = \frac{K_2}{\ln \frac{K_1}{L\lambda + 1}} \quad (3)$$

Onde:

T = Temperatura do topo da atmosfera (K);

$L\lambda$ = radiância espectral (Watts/(m² * srad * μ m));

$K1$ = banda termal específica pela constante, a partir dos metadados ($K1_CONSTANT_BAND_x$, onde x é o valor da respectiva banda);
 $K2$ = banda termal específica pela constante, a partir dos metadados ($K2_CONSTANT_BAND_x$, onde x é o valor da respectiva banda).

E, posteriormente, foi gerada a temperatura da superfície terrestre (TSE), em graus Celsius, por meio da aplicação da Equação 4 (USGS, 2018):

$$\frac{TS}{1 + w * \left(\frac{TS}{p}\right) * \ln(e)} \quad (4)$$

Onde:

TS = Temperatura a partir do satélite;

w = comprimento de onda da radiação emitida ($11.5 \mu m$);

$p = h * c/s$ ($1.438 * 10^{-2} \text{ m K}$);

h = constante de Planck ($6.626 * 10^{-34} \text{ Js}$);

c = velocidade da luz ($2.998 * 10^8 \text{ m/s}$);

$p = 14380$;

$e = (0.004 P_v + 0.986)$;

Em que:

P_v = proporção de vegetação ($(NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min})^2$).

As operações retro-explicadas para obtenção da TSE foram feitas com as bandas 10 e 11 do satélite Landsat-8, em seguida, após a obtenção da temperatura a partir de cada uma delas, foi realizado o cálculo da média (por *pixel*) entre essas bandas e, posteriormente, entre as imagens, por meio do *Cell Statistics*, ferramenta do ArcGIS. A imagem gerada (média das três datas dos anos 2015, 2016 e 2017) foi recortada, a fim de se obter as temperaturas mínimas, máximas, médias e os desvios-padrões, respectivos aos determinados bairros da cidade de Montes Claros.

É necessário salientar que as temperaturas de superfície estimadas condizem com o horário do sensoriamento das cenas, os quais ocorreram aproximadamente às 10h e 30min. Essas temperaturas estimadas, na latitude $-16^{\circ}.68' \text{ S}$; longitude: $-43^{\circ}.83' \text{ W}$ – foram certificadas com os dados de temperatura da série histórica da estação: 83437 de Montes Claros-MG (INMET, 2018), condizendo com o respectivo dia, e em horário próximo à geração das imagens do Landsat-8.

Tendo disponível a base cartográfica da SEPLAN (2009) convertida para *shapefile* e com os atributos inseridos, houve sucessivamente, a exportação e posterior importação da tabela para o *software* Bioestat, versão 5.0 (AYRES, 2007), pelo qual se realizou análises estatísticas, com todos os bairros, tais como a análise

descritiva, teste de hipóteses - Anova seguida pelo teste de Tukey. No ArcGIS, promoveu-se a seleção dos dados com os valores mais elevados, do Índice Breteau, referentes ao terceiro quartil de cada ano (2017, 2016 e 2015), etapa realizada por meio da ferramenta *Select by attributes*.

A partir da seleção do quartil superior, foram tomados como áreas amostrais os bairros em que houve repetições dos seus valores entre os 25% mais elevados nos três anos analisados. Através destes, executou-se a regressão linear múltipla em associação com os dados de temperatura. A regressão linear múltipla é indicada quando a análise exige modelos com maior complexidade em relação ao desempenho associativo com apenas duas variáveis (AYRES, 2007; ALMEIDA; MEDRONHO; VALÊNCIA, 2009; MARTINS, 2010). Dessa forma, os testes foram realizados entre os Índices Breteau dos anos, temperatura de superfície e seus desvios-padrão.

Resultados e Discussão

Os dados referentes ao Índice Breteau sobre a infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* nos bairros da cidade Montes Claros, anos 2017, 2016 e 2015, apresentaram as correspondentes médias: 5,4, 4,5 e 4,3% - sendo o ano 2017 e o 2015, significativamente diferentes ($p < 0.05$), e a relação entre os demais consideradas iguais, conforme o teste de hipóteses empregado. Os valores apresentaram elevada variabilidade, aqueles com maior dispersão foram os do ano 2015, coeficiente de variação igual a 98,4%; e os de menor dispersão foram os do ano 2016, coeficiente de variação igual a 65,1% (Tabela 1).

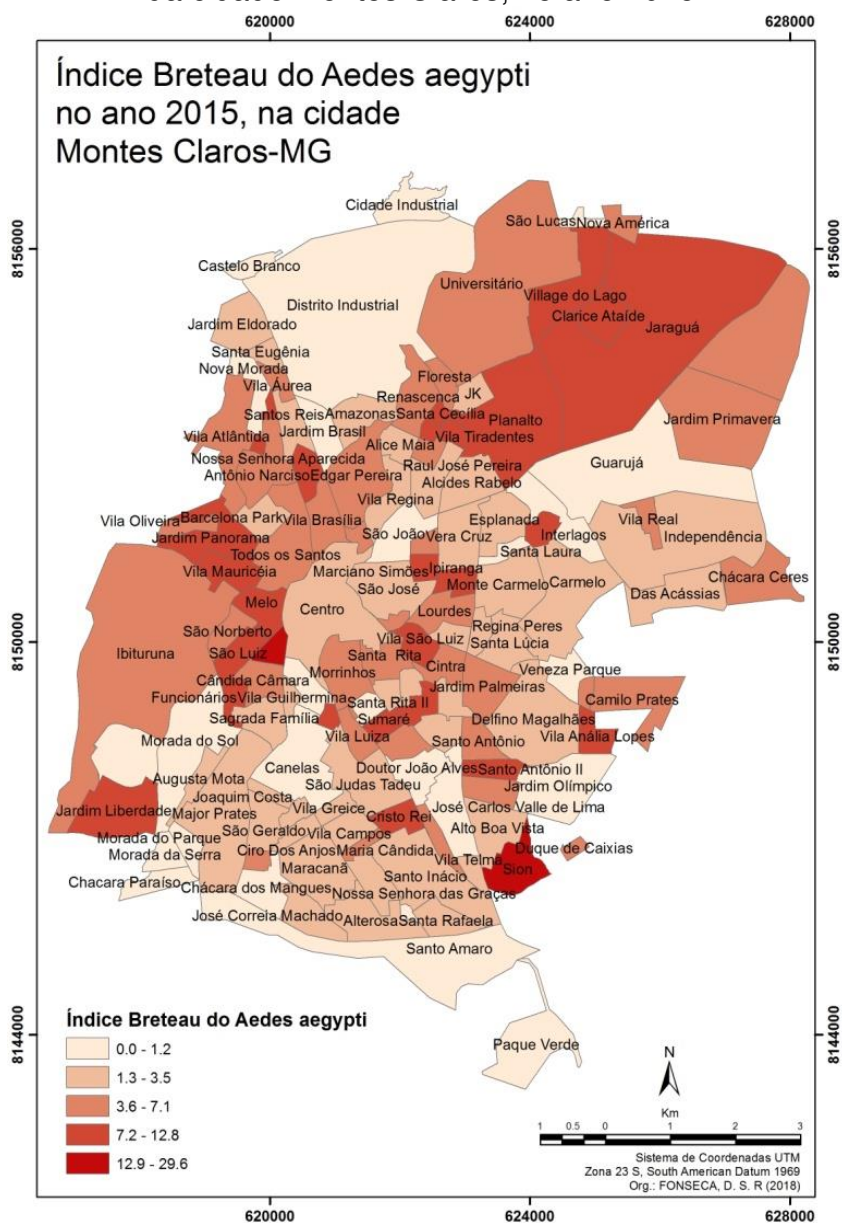
Tabela 1- Estatística descritiva dos dados referentes aos Índices Breteau dos anos 2017, 2016 e 2015, sobre infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* na cidade Montes Claros-MG.

	2017	2016	2015
Amostra	136	136	136
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	18.5	15.5	29.5
Mediana	4.9	4.2	3.3
1º quartil	3.0	2.7	1.7
3º quartil	7.1	6.0	6.4
Média	5.4	4.5	4.3
Desvio-padrão	3.7	2.9	4.2
Coef. Var. (%)	68.6	65.1	98.4

Fonte: CCZ (2017).

A elevada dispersão nos dados referentes ao ano 2015 (Figura 3), no qual a representação espacial do Índice Breteau encontra-se acima de 12,8% em pontos distintos da cidade, bairros: Sion, região leste, e São Luiz, região central. Outros locais com valores superiores a 7,1% estão dispostos heterogeneamente entre as regiões da cidade, tais como: Village do Lago, região norte; Vila Anália Lopes, região leste; e o Melo, posicionado na região central.

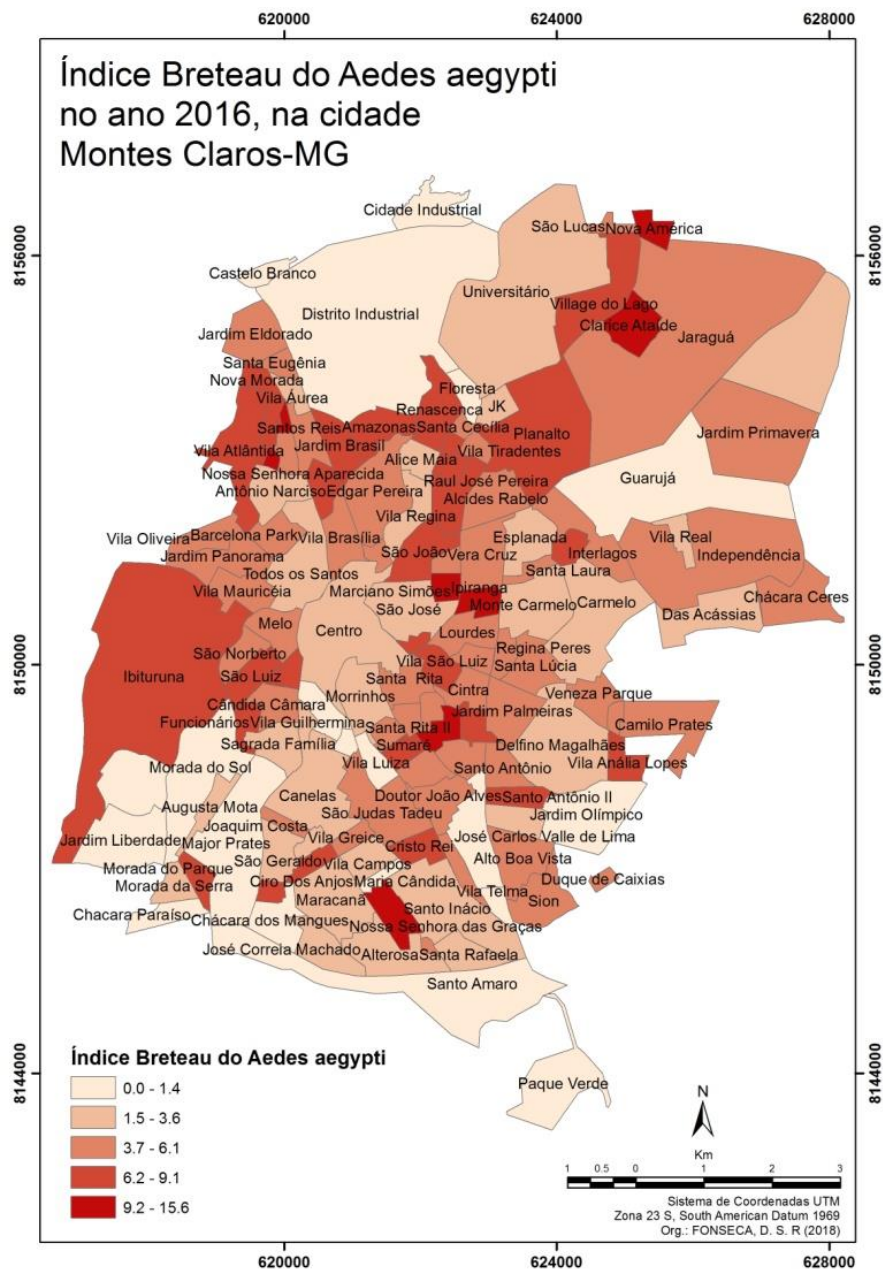
Figura 3- Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2015.



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017).

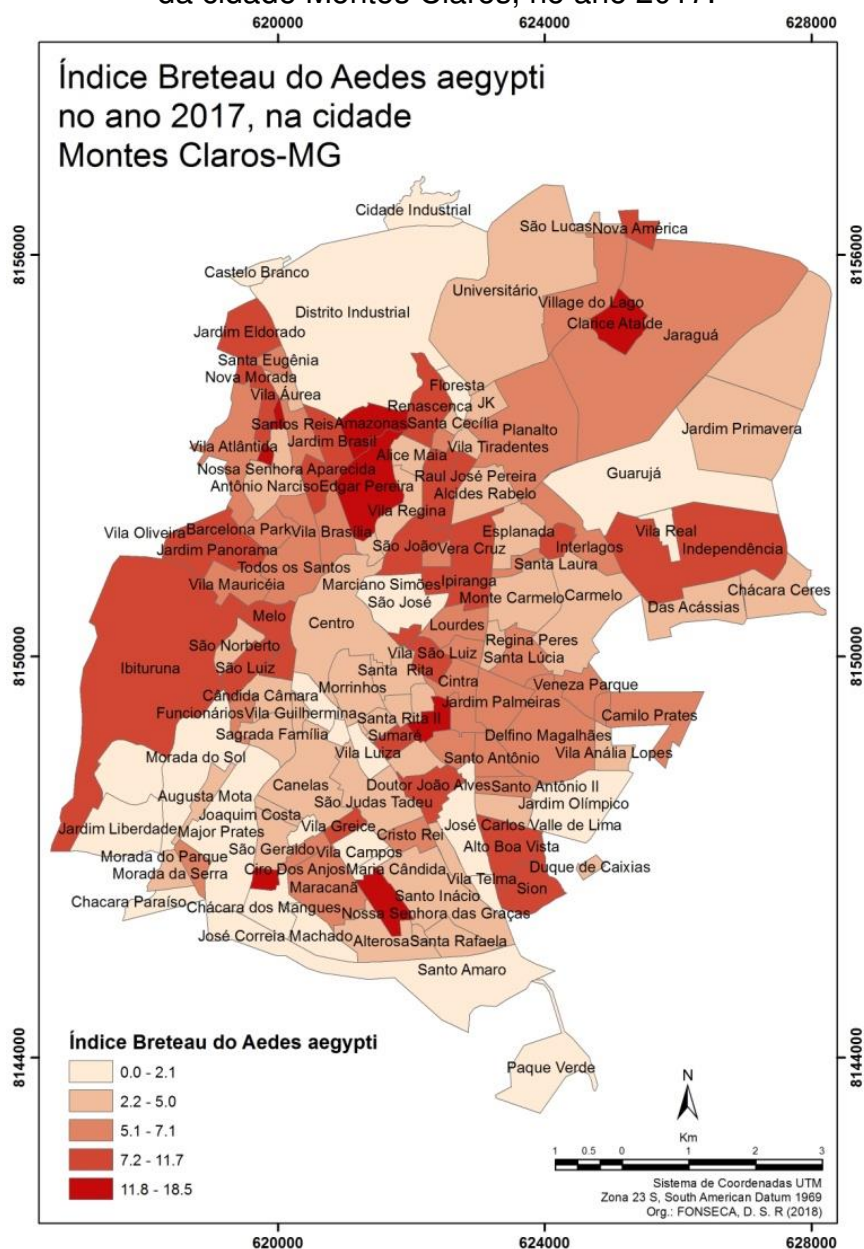
O ano 2016 apresentou valores acima de 9,1% em locais como: Nova América, região norte; Monte Carmelo, região leste; e o bairro Nossa Senhora das Graças, região sul. Valores acima de 6,1% são vistos, por exemplo, no bairro Village do Lago; Vila Anália Lopes; e no Ibituruna, região oeste. Diferentemente do ano 2015, o ano 2016 apresentou maior quantidade de bairros agrupados na classe em tons de vermelho intenso, os quais foram aqueles de maior infestação larvária (Figura 4).

Figura 4- Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2016.



Em 2017 foram notadas áreas com valores superiores a 11,7% do índice de infestação larvária em bairros como: Clarice Ataíde, região norte; Santa Rita II e Sumaré, na região leste da cidade. Áreas com o índice superior a 7,1% estiveram nos seguintes locais: Floresta, região norte; Independência, região leste; Sion e no Ibituruna. Ao interpretar de forma criteriosa as informações cartográficas presentes nos mapas representativos dos três anos em análise, é verificada a tendência a maior aglomeração dos valores mais elevados do Índice Breteau na porção centro-oeste da cidade (Figura 5).

Figura 5- Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2017.

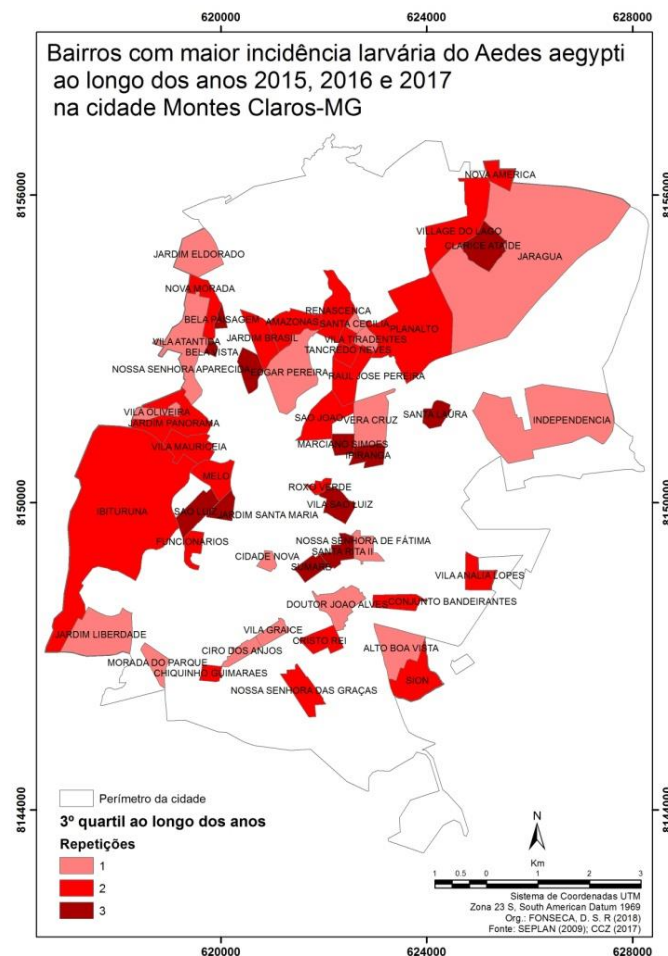


Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017).

Em busca da determinação das áreas críticas para maior ocorrência larvária do mosquito *A. aegypti* ao longo dos três anos em estudo, selecionaram-se os 25% dos locais com valores de infestação mais elevados, correspondentes ao terceiro quartil dos respectivos anos (Tabela 1). O resultado desse método apresentou 28 bairros em 2015; 34 para 2016; e 34 para o ano 2017.

Os locais selecionados a seguir são aqueles onde houve repetições em mais de um (1) ano para maior ocorrência dos focos positivos do mosquito *Aedes* (Figura 6). Por meio dessa Figura, é vista a área a qual totaliza 51 bairros. Os locais que se repetiram com valores elevados do terceiro quartil dos dados nos três anos foram: Bela Paisagem e Bela Vista, na região oeste; Clarice Ataíde, Ipiranga, região leste; Jardim Santa Maria, região central; Marciano Simões, região leste; Nossa S^a Aparecida, região norte; Santa Laura, região leste; Santa Rita II, São Luiz, região central; Sumaré e a Vila São Luiz, região leste.

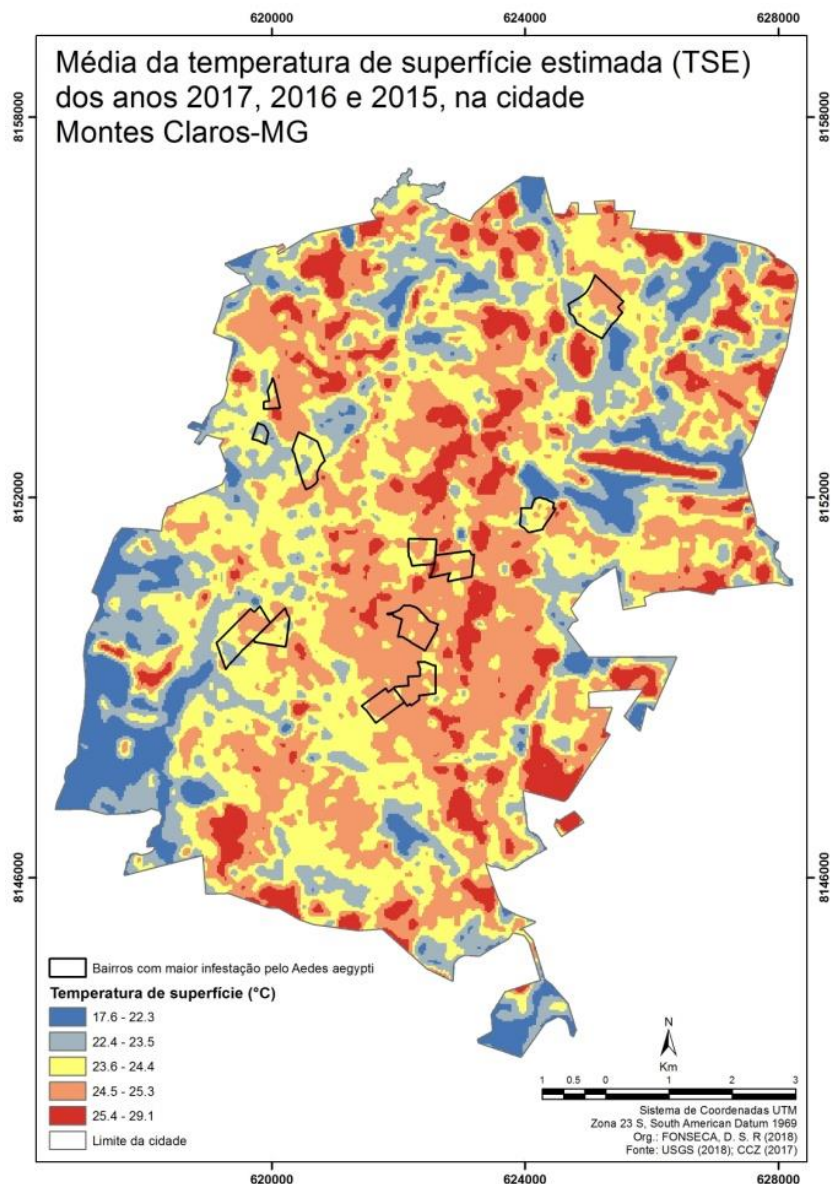
Figura 6- Zonas críticas para maior ocorrência larvária do mosquito *Aedes aegypti*, selecionando-se os valores do terceiro quartil do Índice Breteau dos anos 2017, 2016 e 2015.



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017).

Ao aspirar relacionar o Índice Breteau do *A. aegypti* com a variável temperatura, manipularam-se as imagens do satélite Landsat-8, as quais permitiram estimar as médias de superfície da cidade Montes Claros-MG em três datas de cada ano trabalhado. Dessa forma obtiveram-se as áreas da cidade com médias amenas e aqueles locais com picos de temperatura elevadas (Figura 7). A temperatura mínima da cidade ficou em 17,6°C, a máxima em 29,1°C, a média obtida foi de 24°C, com o desvio-padrão de 1,15°C. Pode ser interpretado que as regiões com temperaturas amenas, em tons de azul, estão posicionadas, sobretudo no sudoeste, norte e noroeste da cidade Montes Claros.

Figura 7- Média das temperaturas de superfície (TSE) e as zonas críticas com maior ocorrência larvária do mosquito *Aedes aegypti* ao longo dos anos 2017, 2016 e 2015.



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017); USGS (2019).

A média de temperatura nas zonas críticas selecionadas é 32,2°C - e, o desvio-padrão é de 0,40°C - conforme o método adotado. A média do Índice Breteau para esses bairros no ano de 2017 foi de 11,4% - com desvio-padrão de 2,56; em 2016, a média de infestação foi de 9,3% - com desvio-padrão de 3,0; e em 2015, a média foi de 11,4% - com o desvio-padrão igual a 6,66. A temperatura mais elevada foi verificada no bairro Nossa Senhora Aparecida, máxima de 34,3°C; e a mais baixa foi visualizada no Santa Laura, temperatura mínima de 29,9°C (Tabela 2).

Tabela 2- Zonas críticas para infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* e os respectivos dados de temperatura de superfície estimada gerados.

Bairros	°C (mín)	°C (máx)	°C (méd)	°C (des-pad)	Í. Bret. 2017	Í. Bret. 2016	Í. Bret. 2015
Bela Paisagem	32.0	33.0	32.6	0.3	15.6	15.6	7.3
Bela Vista	31.5	32.2	31.9	0.2	15.8	9.8	9.1
Clarice Ataíde	30.6	33.6	32.3	0.6	12.5	12.5	8.0
Ipiranga	31.0	33.5	32.2	0.5	9.8	9.8	10.1
J. Sta. Maria	30.6	32.5	31.7	0.4	11.7	7.1	25.5
Marciano Simões	31.2	33.7	32.3	0.5	11.7	7.1	25.5
Nossa S ^a Apar.	31.5	34.3	32.9	0.7	8.3	8.3	7.2
Santa Laura	29.9	32.3	31.7	0.5	7.9	7.9	7.3
Santa Rita II	31.4	32.9	32.3	0.3	13.7	13.7	10.6
São Luiz	31.0	33.3	32.4	0.4	10.0	6.2	8.7
Sumaré	31.6	32.8	32.3	0.2	10.3	7.4	9.1
Vila São Luiz	31.5	32.5	32.0	0.2	10.0	6.2	8.7

Fonte: USGS (2019) e CCZ (2017).

A etapa final deste estudo consistiu na realização da regressão linear múltipla (AYRES, 2007; MARTINS, 2010), realizada por meio dos dados originados do Índice Breteau das zonas críticas selecionadas conforme o terceiro quartil com a maior infestação larvária, os quais se repetiram nos três anos analisados. Estes foram associados às temperaturas máximas e aos desvios-padrão dos bairros.

Com o resultado da Tabela 3, é verificado por meio do modelo ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,83$) que o coeficiente de determinação é capaz de explicar 83% da dispersão dos valores em torno da variável preditiva, o Índice Breteau de 2017. Foi detectado ainda que as variáveis mais explicativas sejam o Índice Breteau de 2016 ($p < 0,01$) e o desvio-padrão ($p < 0,03$) das temperaturas. Esse modelo proposto demonstra a ligação da maior infestação larvária pelo mosquito *Aedes* com as áreas onde existem maiores picos de calor. Então, em bairros onde há grandes diferenças entre as temperaturas máximas e a mínimas, existe maior probabilidade dos depósitos

positivos da larva em estudo acontecer nos períodos posteriores às datas programadas para as pesquisas domiciliares do Centro de Controle de Zoonoses.

Tabela 3- Regressão linear múltipla entre os Índices Breteau das zonas críticas, nos anos 2017, 2016 e 2015 - com a temperatura máxima de superfície e seu desvio-padrão.

	R	R²	R² ajustado	P valor	
	0.915	0.837	0.744	0.007	
Variável dependente	Coefficiente		t	p	
	Interseção		-13.436	-0.4542	0.663
Variáveis independentes					
Índice Breteau 2017	Breteau 2016		0.646	4.787	0.002
	Breteau 2015		0.144	2.315	0.053
	°C máx.		0.652	0.701	0.505
	°C desv-pad.		-10.747	-2.836	0.025

Fonte: USGS (2019) e CCZ (2017).

É necessário salientar que o poder explicativo da regressão linear múltipla, se feita isoladamente, apenas com os dados do Índice Breteau daqueles que se repetiram nos três anos de análise, seria significativo ($p < 0,04$ e $R^2 = 0,538$), mas teria menor potencial. Ao mesmo tempo, é importante considerar a influência do tempo cronológico nas análises, pois, ao tomar o resultado do teste de Tukey, falado anteriormente, verificou-se que à medida que o tempo passa, as médias de infestação tendem a ser diferentes por conta das mudanças que vão acontecendo no espaço dinâmico da cidade, a qual vem se expandindo.

Nesse mesmo viés, a partir de trabalho realizado em Curitiba-PR, Lunardon (2017) mostra haver relação entre a maior infestação larvária do *A. aegypti* e os campos de calor da cidade. Outro aspecto para agravar a intensificação da ocorrência dos depósitos positivos do inseto é a precariedade do saneamento básico cidadão, quando há acúmulo de resíduos sólidos em áreas não controladas (ALMEIDA; SIVLA, 2018). Atualmente inexistem vacinas eficazes a todos os sorotipos circulantes transmitidos pelo *Aedes aegypti*, tornando a melhor opção o controle dessa praga, a qual está respaldada numa ação combinada de fatores como, o ser humano, o vírus, o vetor e o ambiente (JENTES et al., 2011; RIZZI et al., 2017).

Outros trabalhos apontam as variáveis termopluiométricas como as que mais corroboram para intensificação larvária do inseto transmissor da febre amarela e do

zika vírus (LANA et al., 2018). O mosquito é pouco resistente a temperaturas inferiores a 5°C, mas muito propício às regiões com médias anuais em torno dos 28°C, tal como o sítio urbano examinado neste estudo, sobretudo na primavera-verão, época com pluviosidade e temperaturas altas (AJUZ; VESTENA, 2014; CAMPOS et al., 2015; SILVA et al., 2015).

Ao tomar como parâmetro as premissas discutidas, torna-se imprescindível buscar melhorar a qualidade urbana, com a diminuição dos ambientes insalubres, tais como os depósitos de entulho e lugares altamente impermeabilizados, onde podem estar as “ilhas de calor” (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003). Dessa forma, o planejamento territorial da cidade, por meio do plano diretor, deve levar em consideração a manutenção dos espaços com vegetação natural, e, quando possível, construir e preservar os espelhos d’água citadinos, para promoção do maior equilíbrio térmico dos lugares.

A experiência na operacionalização deste trabalho, tendo como base a associação dos dados do Índice Breteau dos bairros da cidade de Montes Claros-MG e suas respectivas temperaturas de superfície, indicaram que as análises sobre os focos da infestação larvária pelo *A. aegypti* devem ser realizadas por meio de multifatores. Entre estes, o estudo dos picos de calor pode e deve ser incorporado aos bancos de dados dos sistemas de saúde das cidades brasileiras acometidas, como forma de ampliar a compreensão e combate a essa praga em estudo, conforme as especificidades locais em maiores escalas.

A incorporação de um amplo sistema geográfico de banco de dados (SGBD) e a capacitação de profissionais para trabalhar unindo dados entomológicos e a espacialização destes conforme sua significância estatística poderiam trazer evoluções acachapantes no controle e mitigação das ameaças à saúde social, desde que melhor estudados por diversos profissionais em caráter interdisciplinar.

Considerações Finais

Doenças transmitidas por vetores têm prosperado nos centros urbanos devido à carência de estudos arrojados e à ineficiência da gestão pública com tal assunto, tendo em vista a permanência de ideias e conceitos ultrapassados e com baixa resolubilidade, tal como é claro quando se analisa diversos estudos entomológicos.

Ao buscar a maior salubridade nos ambientes citadinos, o estudo do comportamento espacial do mosquito *Aedes aegypti* é atual e necessário, porque é

este o principal transmissor de epidemias tais como a dengue, a febre amarela, a febre *chikungunya* e o zika vírus.

Foi verificado que o modelo empregado ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,83$) é significativo, e as variáveis mais explicativas para a preditiva, o Índice Breteau de 2017, seja o Índice Breteau de 2016 ($p < 0,01$) e o desvio-padrão ($p < 0,03$) das temperaturas. Tal resultado demonstra a ligação da maior infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* com as áreas onde existem maiores picos de calor.

Dentro desse princípio, nos bairros onde são averiguadas grandes diferenças entre as temperaturas máximas e a mínimas, existe maior probabilidade dos depósitos positivos da larva em estudo ocorrer, por isso é necessário criar estratégias para evitar esse fenômeno, a fim de combater o inseto estudado e promover a maior qualidade dos ambientes. Mesmo que os dados processados indiquem para certa atenção e providências, as quais devem ser dadas a determinados espaços, isso não deve ser aplicado de maneira completamente determinística, pois, tal como mostrado neste trabalho, existem múltiplos fatores envolvidos na relação entre saúde-adoecimento, e isso não está diretamente ligado à maior ou menor ocorrência larvária do vetor da dengue (FOUCALT, 1979).

Quanto aos materiais adquiridos para realização deste estudo, apesar de muito utilizado em pesquisas entomológicas, o Índice Breteau, para avaliação do nível de infestação larvária, deve ser usado com ponderação devido ao seu caráter amostral para geração dos dados, os quais têm direta relação com as épocas das auditorias no campo pesquisado e a pluviosidade ocorrente no período (BOWMAN et al., 2014). Essa relação entre chuva e maior propagação larvária do mosquito *Aedes* não está estritamente condicionada ao maior número de adoecidos por região geográfica (TEIXEIRA; CRUZ, 2011).

Na verdade, ainda existe certa carência de estudos relacionados à quantificação dos mosquitos e o grau de transmissividade das doenças por ele propagadas. O mais recomendado é a não generalização absoluta dos parâmetros, os quais devem estar adequados às peculiaridades locais, nas escalas mais detalhadas dos ambientes. Mesmo assim, nesse sentido, o planejamento territorial da cidade, por meio do plano diretor, deve levar em consideração a manutenção dos espaços, promovendo a drenagem mais eficiente, maior preservação da vegetação natural principalmente nas áreas baixas do terreno, e, quando possível, construir e preservar os espelhos d'água citadinos, para promoção do maior equilíbrio térmico dos lugares. Tal como é evidente, a população carente é aquela que mais sofre com

os agravos em saúde, portanto, o planejamento estratégico dos espaços deve se ater a essa maior vulnerabilidade das pessoas com menor renda.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio e financiamento desta pesquisa, por meio da concessão da bolsa de doutorado. Gratidão prolongada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geociências (IGC), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

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, v. 43, n. 4, p. 666-673, 2009.

ALMEIDA, C, A. P.; SILVA, R. M. **Análise da ocorrência dos casos de dengue e sua relação com as condições socioambientais em espaços urbanos: os casos de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no Estado da Paraíba – Brasil.** Hygeia, v. 14, n. 27, p. 56-79, 2018.

AYRES, M. **BioEstat.** Versão 5.0. Soc. Civ. Mamirauá, MCT – CNPq. Belém: 2007, 290p.

BOWMAN, L.R; RUNGE-RANZINGER, S.; MCCALL, P. J. (2014). **Assessing the relationship between vector indices and dengue transmission: a systematic review of the evidence.** PLOS Neglected Tropical Diseases, San Francisco, v. 8, n. 5, p. 1-11.

BRAZ, C. K. R.; FONSECA, D. S. R.; AMARAL, V.B.; MIRANDA, W. A. **Teste da correlação entre hipsometria e índices de ocorrência do mosquito *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros-MG com dados dos anos 2009 e 2010.** Caminhos de Geografia, v. 14, n. 47, p. 199-207, 2013.

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.

CARLOS, A. F. A (org.). **Crise urbana.** São Paulo: Contexto, 2018, 191p.

CCZ, CENTRO DE CONTROLE DE ZOONOZES. **Guia prático do LIRAA (2015-2017).** Relatório técnico, Prefeitura Municipal de Montes Claros, Divisão de epidemiologia. Montes Claros, 2017. 100p.

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.

FONSECA, D.S.R. **Análise bioclimática do bairro Morada do Parque de Montes Claros (MG)**. Caminhos de Geografia, v. 11, n. 33, p. 138 - 156, 2010.

FONSECA, D.S.R.; BRAZ, C.K.R. **Investigação epidemiológica da distribuição geográfica do *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros (MG) com uso de geotecnologias**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 62, n. 03, p. 489-503, 2010.

FOUCAULT, M. **Micro-física do poder**. SP: Graal, 1ª edição, 1979.

GOMES, A. C. **Medidas dos níveis de infestação urbana para *Aedes (Stegomyia) aegypti* e *Aedes (Stegomyia) albopictus* em programa de vigilância entomológica**. Inf Epidemiol SUS, v. 7, p. 49–57, 1998.

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.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 06 de maio de 2018.

INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Modelo TOPODATA** (2008). Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 07 de março de 2018.

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.

LANA, R.M; MORAIS, M. M; LIMA, T. F. M; CARNEIRO, T. G. S; STOLERMAN, L. M; SANTOS, J. P. C; CORTÊS, J. C; EIRAS, A. E.; CODEÇO, C. T. **Assessment of a trap based *Aedes aegypti* surveillance program using mathematical modeling**. PLoS ONE, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2018.

LUNARDON, K. A. F. **Aplicação da análise multicritério para espacialização de condicionantes de focos de *Aedes aegypti* em Curitiba/PR**. Hygeia, v, 13, n. 26, p. 87 – 97, 2017.

MARTINS, G. A. **Estatística geral e aplicada**. São Paulo: Atlas, 2010. 420p.

MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo – SP. Ed: Contexto: 2003. 190p.

MONTEIRO, C.. A. F. **A interação homem-natureza no futuro da cidade**. Geosul, v. 14, p. 07-48, 1992.

MOREIRA, A.A; FERNANDES, F.H.S; NERY, C.V.M. **Mapeamento e análise do uso e ocupação do solo na bacia do Rio Vieira no município de Montes Claros/MG**. Revista Brasileira de Geomática, v. 2, n. 2, p. 40-48, 2014.

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.

SEPLAN, SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO. **Mapa Perímetro Bairros** (2009). Disponível em: <<http://www.montesclaros.mg.gov.br/infraestrutura/mapas.htm>>. Acesso em: 06 de março de 2018.

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

SMS, Secretaria Municipal de Saúde de Montes Claros. Número de Infectados por dengue nos bairros da cidade, 2015-2017.

TEIXEIRA, T.R.A; CRUZ, O.G. (2011). **Spatial modeling of dengue and socio-environmental indicators in the city of Rio de Janeiro, Brazil**. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 591-602.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product**. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>>. Acesso em: 03 de abril de 2018.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca - Concepção e elaboração do manuscrito. Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, revisão.

Ricardo Alexandrino Garcia – Concepção do manuscrito. Participação ativa na discussão dos resultados e análises; 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: 30-08-2020

Aprovado em: 08-02-2022