

Temperatura da Superfície e Precipitação que Influenciam na Incidência do *Aedes Aegypti* em São Paulo

Surface Temperature and Precipitation that Influence the Incidence of Aedes Aegypti in São Paulo

Suely Franco Siqueira Lima¹, Ligia Vizeu Barrozo², Guilherme Augusto Verola Mataveli³

¹ Universidade de São Paulo, suelyfrancosiqueira@gmail.com²

² Universidade de São Paulo, lija@usp.br

³ Universidade de São Paulo, mataveli@usp.br

Recebido (Received): 27/04/2018

Aceito (Accepted): 29/08/2018

Resumo: Todos os anos as doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti* faz inúmeras vítimas no Brasil tornando-se um problema de saúde pública. Estudos destacam a dificuldade no controle desse vetor e a necessidade de pesquisas focadas no desenvolvimento de novos métodos para conter esse mosquito, principalmente em escalas pontuais. Entre os fatores que podem favorecer a proliferação do *Aedes aegypti* a precipitação e a temperatura se destacam. Assim, o objetivo deste trabalho foi buscar uma metodologia para a obtenção dessas variáveis associada a proliferação desse mosquito em escalas sutis e por meio de dados de satélites (produtos MOD11A1 e 3B42). A área de estudo foram os distritos do município de São Paulo e foi feita uma análise temporal de 2010 a 2016. Foram retroagidos a partir do primeiro dia de cada uma das Semanas Epidemiológicas, de cada ano, 36 dias e considerado para o estudo o intervalo entre o vigésimo segundo e trigésimo sexto dia (período máximo e mínimo para o desenvolvimento do mosquito, do vírus e da doença). Para este período, obteve-se dos dados de satélites a moda da temperatura de superfície e da precipitação de cada Distrito e, a partir dessas modas, foi calculado a mediana da temperatura da superfície e o acumulado de precipitação, que foram correlacionados com o número de casos de dengue. Identificou-se amplitudes de temperatura de superfície e precipitação correlacionadas com a incidência do *Aedes aegypti* em cada distrito. Espera-se com este estudo, oferecer parâmetros que subsidiem modelos e alertas para o controle deste vetor.

Abstract: Every year *Aedes aegypti* makes numerous victims in Brazil becoming a public health problem. Studies highlight the difficulty in controlling this vector and the need for research focused on the development of new methods to contain this mosquito, especially in specific scales. Among the factors that can favor the proliferation of *Aedes aegypti*, precipitation and temperature are highlighted. Thus, the objective of this work was to search for a methodology to obtain these variables associated with the proliferation of this mosquito in subtle scales and through satellite data (products MOD11A1 and 3B42). The study area was the districts of the city of São Paulo and a temporal analysis were from 2010 to 2016. It was regressed 36 days from the first day of each of the Epidemiological Weeks of each year and considered for the study interval between the twenty-second and thirty-sixth day (maximum and minimum period for mosquito, virus and disease development). For this period, mode of surface temperature and precipitation of each district were obtained from the satellite data and, from these modes, the median of the surface temperature and the accumulated precipitation were calculated and which were correlated with the number of dengue cases. It was identified surface temperature and precipitation amplitudes correlated with the incidence of *Aedes aegypti* in each district. Study expectation is to offer parameters that subsidize models and alerts in order to control of this vector.

Palavras-chave: Vigilância Epidemiológica; Dados de Satélite; Dengue.

Keywords: *Epidemiological Surveillance; Satellite Data; Dengue.*

1. Introdução

No Brasil, dentre as arboviroses de maior circulação transmitidas pela picada do mosquito *Aedes aegypti* infectado, estão a dengue, chikungunya, zica (BRASIL, 2015) e, mais recentemente, a febre amarela. Em muitas regiões do mundo, incluindo o Brasil, estas doenças se tornaram um problema de saúde pública (GUIRADO; BICUDO, 2009 e FERREIRA *et al.*, 2017). Ferreira *et al.* (2017) destacam que entre 70 a 500 milhões de pessoas são infectadas pelo vírus da dengue a cada ano em mais de cem países, sendo que as taxas de incidência são maiores na América Latina e Ásia. Já no Brasil, os casos de dengue cresceram de 40.279 em 1990 para 589.100 casos em 2014. No ano de 2013 houve um surto epidêmico da doença, com um total de 1.452.489 casos, sendo as regiões Sudeste e Centro-Oeste líderes nas estatísticas por regiões brasileiras. Nos últimos anos, observa-se que

vem ocorrendo uma diminuição no número de casos destas doenças. A Secretaria de Saúde de São Paulo publicou pela Assessoria de Imprensa em 2016, que o número de casos de dengue entre janeiro e abril deste ano, no Estado de São Paulo, foi 81% menor do que no mesmo período de 2015. Foram 108.660 casos confirmados da doença nos quatro meses iniciais de 2016, contra 568.070 registrados no primeiro quadrimestre de 2015. Esclarece ainda, que essa redução expressiva é resultado da intensificação das ações de combates ao *Aedes aegypti*, mas que ainda existem municípios em situação de alerta.

Em 2002 o Ministério da Saúde implementou o Plano Nacional de Controle da dengue (PNCD) e, em 2009, as Diretrizes Nacionais para Prevenção e controle de Epidemias da dengue (DNPCEd) que se constitui em quatro componentes: Assistência, Vigilância Epidemiológica, Controle Vetorial e Comunicação e Mobilização. Elas orientam os Estados e municípios na organização de suas atividades de prevenção e controle, em períodos de baixa transmissão e situações epidêmicas (BRASIL, 2009). Segundo Zara et al. (2016), o plano sugere adequações condizentes com as especificidades locais e com a possibilidade de elaboração de planos sub-regionais. Ainda, trazem os Agentes Comunitários de Saúde (ACS) e os Agentes de Combate a Endemias (ACE) em parceria com a população, como responsáveis por promover o controle mecânico e químico do vetor. As ações são centradas em detectar, destruir ou destinar adequadamente reservatórios naturais ou artificiais de água que possam servir de depósito para os ovos do *Aedes aegypti*. Hoje, as ações realizadas por estes agentes são frequentemente direcionadas para as áreas que apresentaram maior número de casos notificados, ou seja, após o evento. Os autores ressaltam as diversas técnicas usadas no controle do *Aedes aegypti*, tais como medidas sociais, monitoramento seletivo da infestação, dispersão de inseticidas, novos agentes de controle químico e biológico e procedimentos moleculares para controle populacional dos mosquitos, inclusive combinações entre elas. Também esclarecem que é necessário no uso destes recursos à eficácia e segurança, factibilidade em larga escala e em tempo hábil, compatibilidade com as estratégias já utilizadas, custos razoáveis para implantação e uso contínuo, sustentabilidade do método, e que ofereçam risco mínimo de externalidades negativas para o meio ambiente e para a população. Para isso, são necessárias detecção e avaliação de áreas de risco dentro dos aglomerados urbanos, principalmente nas capitais e nas regiões metropolitanas (ZARA et al., 2016). Neste sentido, o uso de técnicas associadas aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e ao geoprocessamento tem contribuído para o mapeamento, monitoramento e tomada de decisões no âmbito das políticas públicas (FERREIRA et al., 2017).

Estudos mais locais abrangem, mesmo que não diretamente, aspectos relacionados à infraestrutura, tais como baixas coberturas na coleta de lixo, intermitência no abastecimento de água, diferentes densidades demográficas, cobertura vegetal, tipos de moradias; entre outros fatores que comprometem a efetividade no controle do mosquito e também da temperatura local.

Araújo et al. (2015) destacam que a temperatura elevada de superfície nas ilhas de calor urbano é o fator mais influente no aumento da incidência de dengue. Também é constatado na literatura que as diferenças de temperaturas estão correlacionadas com as diferentes fases do desenvolvimento do *Aedes aegypti* (BURIOL et al., 2009; BESERRA et al., 2006; ELY et al., 2012; WEBER e WOLLMANN, 2016). Lima e Barrozo (2017) acreditam que estas diferenças quanto à temperatura ótima para as diferentes fases do desenvolvimento do *Aedes aegypti* nas diferentes regiões, quando em meio natural, estão também associadas ao tipo de uso do solo e à característica socioeconômica de cada região. Neste sentido, a avaliação das variáveis climáticas associadas à identificação de áreas geográficas específicas para a elaboração de programas preventivos e de controle é essencial (GOMES et al., 2012). Assim, o objetivo deste trabalho é identificar a temperatura de superfície e a precipitação que estão correlacionados com o risco de proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, para cada distrito do município de São Paulo e, deste modo, contribuir para oferecer parâmetros que subsidiem os modelos e alertas para o controle e prevenção das doenças transmitidas por este vetor.

Espera-se com este trabalho contribuir para a aquisição de parâmetros que subsidiem modelos matemáticos aplicados para estudo deste município; compor cálculo de vulnerabilidade quanto às doenças, entre outros, que convergem para o desenvolvimento de alertas e controle deste vetor. Encontrar novos mecanismos, por meio das estimativas de temperaturas de superfície e precipitação obtidas através de dados de satélite, para aumentar a precisão no monitoramento das diferentes regiões geográficas do município de São Paulo, traz uma forte contribuição para os contextos científicos, técnicos e administrativo na prevenção, monitoramento e controle do *Aedes aegypti* deste e de outros municípios que se utilizem desta mesma metodologia.

2. Materiais e Métodos

Para o reconhecimento da temperatura de superfície e precipitação correlacionadas com a presença do vetor, essas variáveis foram correlacionadas com o número de casos autóctones de dengue notificados em cada distrito de São Paulo entre os anos de 2010 a 2016. Este período foi escolhido em função da disponibilidade de dados da saúde e do volume de dados de satélite para processar. Para que estas variáveis representassem as condições ambientais da provável infecção dos casos notificados, as datas foram retroagidas a partir do primeiro dia das Semanas Epidemiológicas (SE) de cada ano. Com isso contempla-se o tempo de desenvolvimento do *Aedes aegypti* (as fases de ovo, larva e adultos), que ocorre em um período que varia entre 5 e 7 dias; o período de incubação do vírus da doença (dengue) no mosquito, que varia entre 8 a 12 dias; o período de incubação do vírus no organismo do homem, que pode variar de 2 a 10 dias e; o período para o indivíduo procurar o médico, realizar o exame e ocorrer a notificação, que leva em média 7 dias (PONTES, 1994; DONALÍSIO e GLASSER, 2002; NATAL, 2002; BRASIL, 2002; BESERRA, et al., 2009; FIGUEIREDO, 2006; PICINATO *et al.*, 2015; WEBER e WOLLMANN, 2016; VALLE, 2018). Foram retroagidos 36 dias e considerado para este estudo as datas entre o vigésimo segundo e trigésimo sexto dia.

Para cada período (entre 22 e 36 dias retroagidos) de cada SE, foram adquiridos os produtos MOD11A1 e 3B42. O produto MOD11A1 é derivado do sensor MODIS do satélite Terra e trata de dados de temperatura de superfície coletados às 13h30min.. Esses dados possuem resolução espacial de 1 km e temporal de 1 dia e estão disponíveis gratuitamente no site USGS EarthExplorer - U.S. *Geological Survey* da NASA. O produto 3B42 traz dados de precipitação do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) e possui resolução espacial de 28 km e temporal de 1 dia. Eles também podem ser adquiridos gratuitamente no site Mirador da NASA.

Os dados epidemiológicos referentes ao número de casos autóctones de dengue, organizados em SE e por distrito do município de São Paulo de cada ano estudado, foram obtidos junto a Coordenadora da Coordenadoria de Vigilância em Saúde (COVISA) e para a análise dos dados de satélites também foram adquiridos os dados de temperatura do ar e precipitação das estações meteorológicas junto ao Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE).

Após a aquisição de todos os dados, os derivados do produto MOD11A1 foram convertidos do formato *Hierarchical Data Format* (HDF) para o formato *Tagged Image File Format* (TIFF) e os valores de temperatura convertidos da unidade Kelvin para graus Celsius. Para isso foram usados os *softwares* MODIS *Reprojection Tool* (MRT) e o ArcGis. Os dados derivados do produto 3B42 foram convertidos do formato NetCDF4 para o formato TIF e para a projeção WGS84, por meio de um *script* em *Interactive Data Language* (IDL).

Antes de iniciar a busca pelas variáveis de temperatura da superfície e da precipitação correlacionadas com a presença do mosquito, foi verificado se a variação de temperatura de superfície dentro do município de São Paulo justificava o proposto neste trabalho; analisada a disponibilidade de dados de temperatura de superfície do MODIS para este tipo de estudo e; os dados de satélites (MODIS e TRMM) foram analisados com os dados de Estações.

Para analisar a variação de temperatura dentro do município de São Paulo foi obtido o produto MOD11A1 de 01/01/2017. Nesta imagem foram coletadas sete amostras de temperatura de um pixel em diferentes regiões da cidade. Cada temperatura representa o valor médio das temperaturas dos elementos que compõem cada pixel (resolução espacial de 1km). Cabe destacar que especificamente esta imagem foi coletada às 10h30min.

Para a análise da disponibilidade de dados do MODIS, o distrito Campo Limpo foi usado como área de estudo no período de 2010 a 2012. A metodologia e o resultado estão descritos em Lima e Barrozo (2017).

Na análise do produto MOD11A1 e do TRMM com os dados observados pela estação de superfície, foram realizadas comparações para verificar se havia na diferença entre dados diários de temperatura e precipitação estimados pelo satélite e pela estação, um valor constante. O período para comparação foram os meses de janeiro a julho dos anos 2010 a 2016, totalizando duas mil e quatrocentos e sessenta imagens analisadas. Para identificar os valores de temperatura e precipitação do *pixel* no qual se encontra inserido o abrigo meteorológico, foi criado um *shapefile* denominado “Estação” com as coordenadas exatas da estação Vila Prudente (Latitude S 23° 34' 59"/Longitude O 46° 33' 36") e criados *scripts* na linguagem Python (ArcGis) para realizar todas as abstrações de temperatura e precipitação do *pixel* de uma só vez. Após rodado os *scripts*, foi gerada uma lista com seus respectivos valores de temperatura e precipitação do *pixel* selecionado. Esta lista foi copiada para uma tabela Excel, acrescentados os dados da estação e criada uma coluna com as diferenças. Também foi observado a coerência dos dados desta estação com os dados de satélite através do calculado do Coeficiente de Correlação de Pearson.

Por fim, foi obtido dos dados de satélites a moda da temperatura de superfície e da precipitação de cada distrito (polígonos). Optou-se pela moda por considerar que esta traria maior representatividade das variáveis em cada distrito, pois a média adequa-se mais nas situações em que os dados são distribuídos mais ou menos de forma

uniforme, ou seja, valores sem grandes discrepâncias. Em nosso estudo encontramos polígonos com conjunto de pixels com temperaturas bem variadas, por exemplo, que variavam de 27°C a 34°C e com discrepância na quantidade de pixel com determinados valores. Por causa do volume de dados para a aquisição das modas, foi gerado um script Python (ArcGis) para automatizar o processo. Para as imagens do TRMM, antes da abstração da moda, foi criada uma máscara para dividir o pixel de resolução espacial de 28 km na mesma resolução das imagens MODIS (1 km), isso porque em alguns polígonos haviam parte de dois ou três pixels da imagem TRMM em proporções diferentes.

Como era preciso um valor único de temperatura de superfície e de precipitação que representasse cada SE, as modas encontradas foram transferidas para uma planilha Excel e foi calculada a mediana das modas da temperatura de superfície e o acumulado da precipitação dos intervalos correspondentes a cada SE. Optou-se pela mediana por ela ser utilizada para retornar à tendência central para distribuições numéricas. Para o cálculo da precipitação o uso da mediana não foi possível, pois houveram muitos dias com precipitação igual a 0mm, o que comprometeria a representatividade do valor encontrado para cada SE de cada distrito. Optou-se por adotar o cálculo do acumulado.

Em outra planilha as medianas da temperatura de superfície e os acumulados de precipitação, foram correlacionados com o número de casos notificados de dengue das respectivas SE de cada distrito e gerado gráficos para a análise da correspondência dessas variáveis com a doença e por consequência com a presença do mosquito.

3. Resultados

3.1. A variação de temperatura dentro do município de São Paulo é de relevância para o *Aedes aegypti*?

Para cada amostra coletada no produto MOD11A1 de 01/01/2017 foram encontradas as seguintes temperaturas da superfície: 39°, 29°, 37°, 26°, 27°, 25°, 31°C, nas regiões demarcadas com um círculo preto, conforme mostrado na **Figura 1**.

Segundo a Secretaria de Saúde de São Paulo, a temperatura do ar ideal para a proliferação do *Aedes Aegypti* situa-se entre 30 e 32°C. Embora as fontes de medidas sejam diferentes, a título de exemplo, seguindo este critério e analisando as temperaturas de superfície obtidas nos pixels demarcados com um círculo preto na **Figura 1**, seria indicado mobilizar ações de combate ao mosquito para a região demarcado com um círculo preto na **Figura 1g**. Já se considerado os valores descritos por Beserra et al. (2006), que definiram que a temperatura do ar favorável ao desenvolvimento do *Aedes Aegypti* encontra-se entre 21°C e 29°C, as regiões demarcadas com círculos pretos nas **Figuras 1a, 1c e 1g**, com as respectivas temperaturas de 39°, 37°, e 31°C não precisariam de atenção, enquanto que as regiões mostradas com círculos pretos nas **Figuras 1b, 1d, 1e e 1f**, com as respectivas temperaturas de 29°, 26°, 27° e 25°C, seriam áreas de preocupação.

O exemplo evidencia que a variação de temperatura dentro do município é de relevância para *Aedes Aegypti* e que encontrar temperatura de superfície de cada distrito do município de São Paulo correlacionada ao mosquito, pode contribuir para orientar ações mais pontuais por parte dos agentes de saúde. Evidencia também a viabilidade do uso de imagens de satélite para este estudo, dada a sua resolução espacial mais fina em comparação com a distribuição limitada, menor capacidade de coleta de dados e área de abrangência das estações meteorológicas (LIMA e BARROZO, 2017).

3.2. Existe um valor constante nas diferenças dos dados provenientes de satélites e das estações de superfície? Existe uma correlação entre esses dados?

Para a análise da temperatura de superfície do MODIS e precipitação do TRMM em relação aos dados de temperatura do ar e de precipitação derivados da estação de superfície, os dados de satélites foram correlacionados com os dados da estação de superfície da Vila Prudente. Foram considerados para esta análise todos os dias que continham informação de ambas as fontes nos meses de janeiro a julho dos anos de 2010 a 2016. Porém, não foi possível a análise de temperatura para os anos de 2011 e 2012 por não haver dados da estação. Os dados foram comparados e identificadas as diferenças, como no exemplo mostrado na **Tabela 1**.

Esperava-se encontrar nas diferenças diárias um valor constante, tanto para temperatura como para a precipitação, para que fossem adotados como um valor de ajuste para os valores de temperatura de superfície e precipitação associados a presença do mosquito encontrados neste trabalho. Deste modo, seria possível usar para o monitoramento do mosquito outras fontes de informação além do MODIS e do TRMM. Porém, não se observou um valor comum que permitisse o ajuste de um modelo entre os dados obtidos por sensoriamento remoto e os obtidos por estações. Assim, qualquer monitoramento feito com base nos valores das variáveis associada ao mosquito pesquisada neste trabalho, deverá usar como fonte de informação os dados MODIS e TRMM.

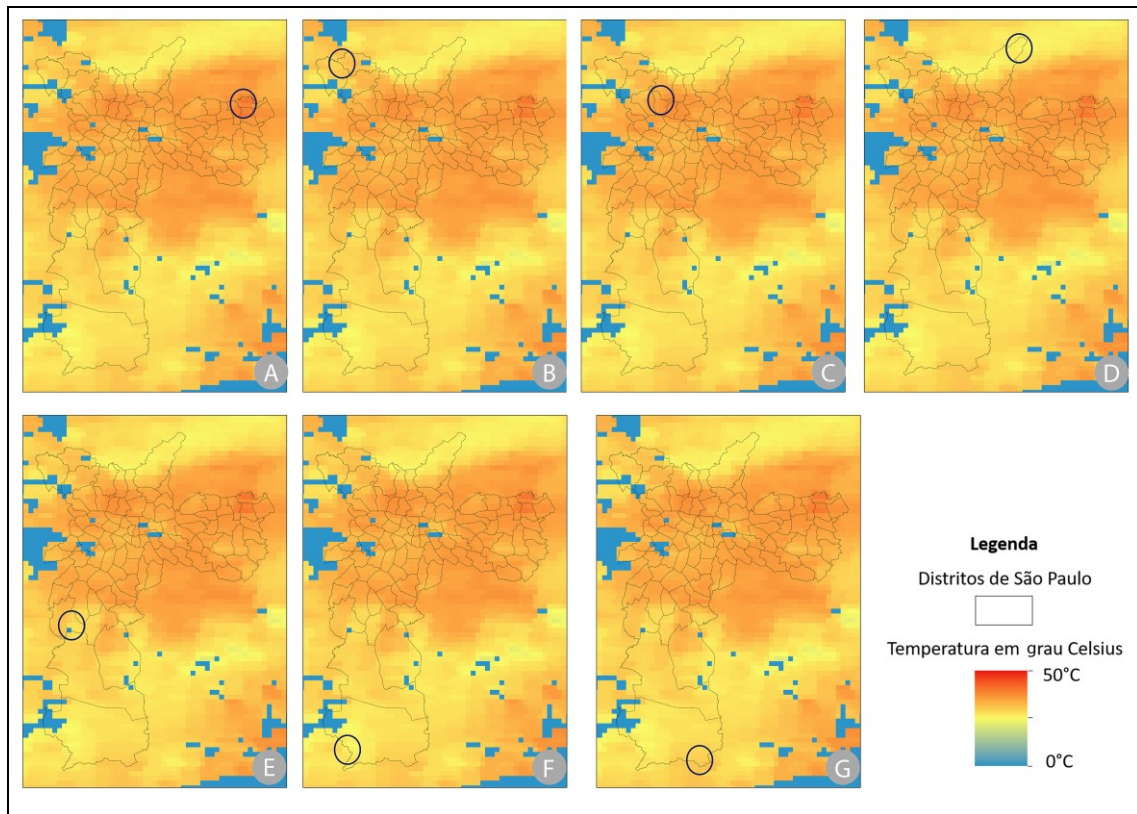


Figura 1: Localização no município de São Paulo - SP, das amostras de temperatura de superfície adquiridas do produto MOD11A1V6 de 01/01/2017 nos pixels nas regiões demarcadas com círculos pretos. Foram adquiridas as seguintes temperaturas: figura 1a = 39°C, figura 1b = 29°C, figura 1c = 37°C, figura 1d = 26°C, figura 1e = 27°C, figura 1f = 25°C e figura 1g = 31°C.

Contudo, nota-se que os dados da temperatura de superfície do MODIS são válidos para este estudo, pois quando aplicado o Coeficiente de Correlação de Pearson entre os dados MODIS e os dados da estação da Vila Prudente, observou-se correlações superiores a 70%, como mostrado na **Figura 2**.

O cálculo do Coeficiente de Correlação de Pearson entre os dados TRMM e de estação, no período estudado, apresentaram correlações de 60% (**Figura 3**). Apesar de estes valores serem moderados, ainda são favoráveis.

Existem algumas incertezas nas estimativas dos produtos provenientes de satélite. Neste sentido diversos artigos compararam os dados de precipitação e de temperatura estimados por satélites com dados de estações meteorológicas e concluíram que os dados provenientes de satélites são alternativas eficientes na aquisição destas informações, principalmente em locais onde há falhas ou escassez de estações meteorológicas (ANAGNOSTOU *et al.*, 2001; SHEPHERD *et al.*, 2002; ATAÍDE *et al.*, 2009; LIN *et al.*, 2012; CAMPAROTTO *et al.*, 2013).

Outra preocupação quanto à viabilidade de usar os dados do MODIS refere-se à presença de nuvens, o que impede a coleta de dados de temperatura de superfície, pois o aumento do mosquito ocorre justamente no período chuvoso, quando a presença de nuvens é maior. Assim, foi avaliada a disponibilidade de dados de temperatura de superfície (MODIS) e a viabilidade de seu uso no estudo da incidência do *Aedes aegypti*. Esta parte do estudo segue o método proposto por Lima e Barrozo (2017). A análise mostrou que o produto MODIS apresenta limitações, mas, ainda assim, se apresenta como uma boa opção para subsidiar os estudos sobre a proliferação do *Aedes aegypti*, principalmente em municípios que não possuem estações meteorológicas. Também que para resultados mais efetivos é preciso considerar outras variáveis de influência na proliferação do vetor, por exemplo, a precipitação.

Tabela 1 – Diferenças entre os dados diários de temperatura do ar com dados diários de superfície (MODIS) medidos na Estação da Vila Prudente no mês de janeiro dos anos 2014, 2015 e 2016.

Temp. MODIS	2014			Temp. MODIS	2015			Temp. MODIS	2016		
	Data	Temp. de Estação	Diferença		Data	Temp. de Estação	Diferença		Data	Temp. de Estação	Diferença
NoData				NoData				NoData			
40	02/01/2014	32	8	NoData				NoData			
NoData				NoData				NoData			
NoData				NoData				NoData			
NoData				NoData				NoData			
NoData				NoData				43	06/01/2016	32	11
45	07/01/2014	32	13	37	07/01/2015	33	4	NoData			
NoData				45	08/01/2015	33	12	41	08/01/2016	33	8
NoData				NoData				NoData			
NoData				NoData				NoData			
40	11/01/2014	33	7	NoData				NoData			
38	12/01/2014	30	8	NoData				NoData			
NoData				45	13/01/2015	35	10	NoData			
NoData				39	14/01/2015	32	7	NoData			
NoData				NoData				NoData			
NoData				NoData				NoData			
NoData				48	17/01/2015	36	12	NoData			
33	18/01/2014	27	6	NoData				NoData			
35	19/01/2014	28	7	52	19/01/2015	37	15	NoData			
NoData				40	20/01/2015	36	4	NoData			
46	21/01/2014	33	13	NoData				NoData			
NoData				NoData				NoData			
NoData				NoData				36	23/01/2016	27	9
NoData				NoData				NoData			
44	25/01/2014	32	12	NoData				39	25/01/2016	34	5
38	26/01/2014	30	8	NoData				36	26/01/2016	33	3
38	27/01/2014	33	5	NoData				NoData			
46	28/01/2014	33	13	NoData				NoData			
45	29/01/2014	34	11	NoData				NoData			
NoData				NoData				NoData			
NoData				NoData				NoData			

*Temp. (Temperatura)

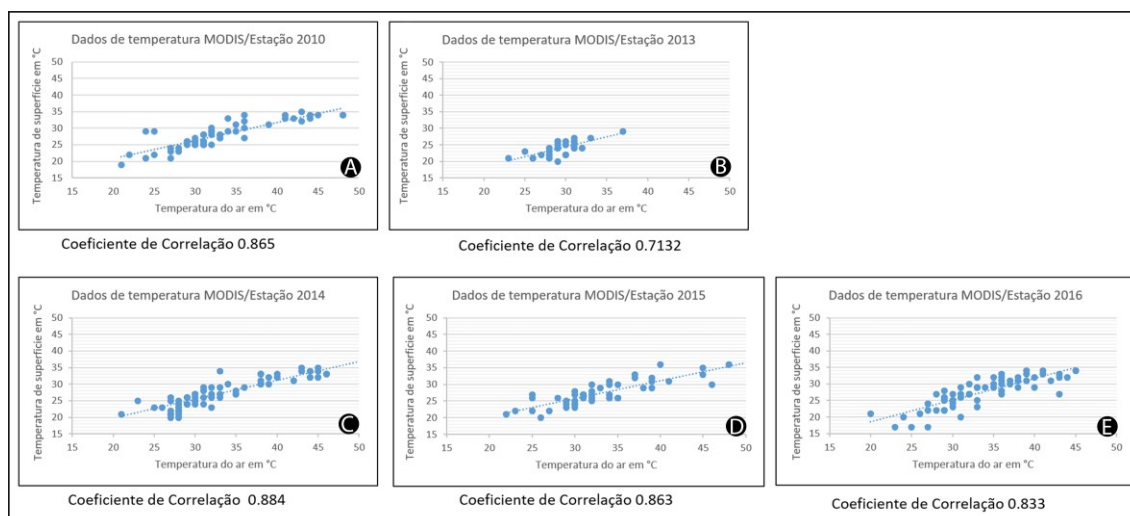


Figura 2: Coeficiente de Correlação e Gráfico de Dispersão entre dados de temperatura de superfície do MODIS com dados de temperatura da Estação Vila Prudente dos anos de 2010 (A), 2011 (B), 2012 (C), 2013 (D), 2014 (E), 2015 (F) e 2016 (G) no município de São Paulo – SP.



Figura 3: Coeficiente de Correlação e Gráfico de Dispersão entre dados de pluviosidade do TRMM com dados da Estação Vila Prudente para os anos de 2010 (A), 2011 (B), 2012 (C), 2013 (D), 2014 (E), 2015 (F) e 2016 (G) no município de São Paulo – SP.

3.3. Temperatura de superfície e acumulado de precipitação correlacionadas com o *Aedes aegypti*.

Foram organizadas planilhas por ano (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016) e cada planilha contém os 96 distritos do município de São Paulo e para cada distrito as 52 SE e suas respectivas medianas da temperatura de superfície e o acumulado da precipitação. Para maior compreensão, a **Tabela 2** mostra a organização dos dados para o cálculo da mediana e a **Tabela 3** para o cálculo do acumulado da precipitação, ambas as tabelas se referem à SE 10 do distrito Campo Limpo no ano de 2010.

Tabela 2: Moda e Mediana da Semana Epidemiológica (SE) 10 do ano de 2010 – Distrito Campo Limpo.

SE	Data da SE	Nº de Casos	Período de Referência	Datas	Dia Juliano	Moda	Mediana
10	07/03/2010 a 13/03/2010	7	Retroagindo 36 dias:	31/01/10	31	Sem/informação	36
				01/02/10	32	33	
	02/02/10			33	36		
	03/02/10			34	38		
	04/02/10			35	37		
	05/02/10			36	40		
	06/02/10			37	33		
	07/02/10			38	38		
	08/02/10			39	35		
	09/02/10			40	40		
	10/02/10			41	Sem/informação		
	11/02/10			42	Sem/informação		
	12/02/10			43	35		
	13/02/10			44	Sem/informação		
Retroagindo 22 dias:	14/02/10	45	34				

Tabela 3: Acumulado Pluviométrico da Semana Epidemiológica (SE) 10 do ano de 2010 – Distrito Campo Limpo.

SE	Data da SE	Nº de Casos	Período de Referência	Datas	Dia Juliano	Precipitação	Acumulado
10	07/03/2010 a 13/03/2010	7	Retroagindo 36 dias:	31/01/10	31	0	129
				01/02/10	32	6	
	02/02/10			33	2		
	03/02/10			34	0		
	04/02/10			35	0		
	05/02/10			36	22		
	06/02/10			37	60		
	07/02/10			38	9		
	08/02/10			39	0		
	09/02/10			40	1		
	10/02/10			41	11		
	11/02/10			42	2		
	12/02/10			43	16		
	13/02/10			44	0		
				Retroagindo 22 dias:	14/02/10	45	

O acumulado pluviométrico e a mediana da temperatura foram correlacionados com o número de casos de dengue de cada SE. Isso permitiu visualizar a precipitação e temperatura de superfície do período entre 22 e 36 dias que antecederam a notificação da doença. Assim, observa-se as variáveis na possível presença do *Aedes aegypti* que contribuíram para os casos notificados. É possível visualizar quando começaram a ocorrer a proliferação do *Aedes aegypti*; os mosquitos atingiram seu momento máximo; começaram a ocorrer o decréscimo da presença do mosquito e; que valores se tronaram desfavoráveis para o mosquito. Isso, para cada distrito e para cada ano de estudo, como exemplo, o gráfico do distrito Campo Limpo do ano de 2010 (**Figura 4**).

O gráfico da **Figura 4** mostra que o início da proliferação do *Aedes aegypti*, no distrito de Campo Limpo em 2010 ocorreu na segunda SE na temperatura de superfície de 30°C e com um acumulado pluviométrico de 267 mm. O pico da proliferação ocorre entre 30,5°C e 36°C e com um acumulado pluviométrico entre 100 e 159 mm. Na temperatura de 28°C e com um acumulado pluviométrico menor que 100 mm, o número de casos notificados começam a decair, ou seja, estes valores não são favoráveis à presença do mosquito. Aparentemente, a temperatura de superfície favorável ao *Aedes aegypti* no distrito de Campo Limpo é de 30 a 36°C. Também é interessante observar que é necessário um período longo de precipitação com valores acumulados acima de 100 mm para que ocorra a proliferação do mosquito, pois nas SE entre 40 e 52, mesmo havendo temperaturas de superfície e acumulado pluviométrico favoráveis, não houve casos notificados. Os gráficos permitiram inferir a temperatura de superfície e o acumulado de precipitação que estão correlacionados com a incidência do *Aedes aegypti* em cada SE de cada distrito e por ano.

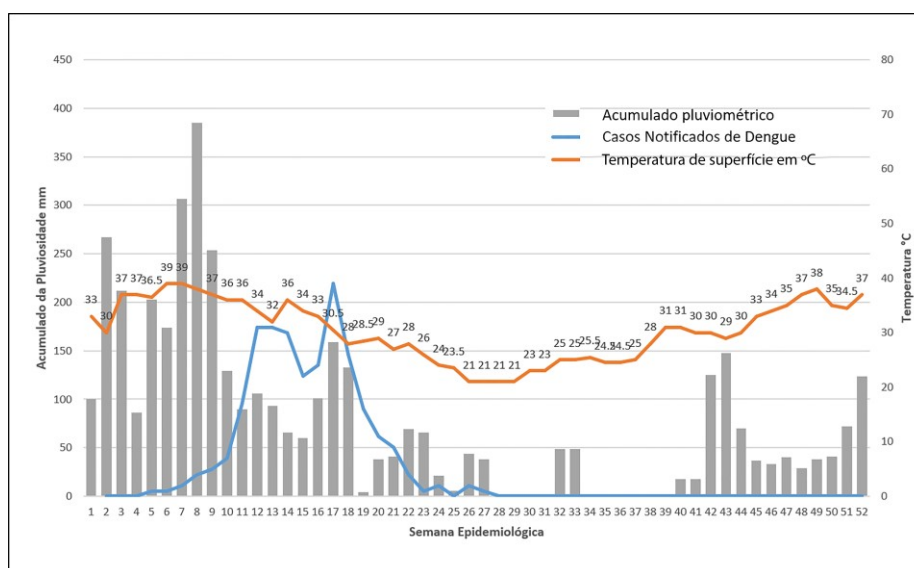


Figura 4: Gráfico de correlação entre precipitação acumulada, mediana da temperatura de superfície e número de casos de dengue notificados em 2010 no distrito de Campo Limpo, São Paulo – SP.

4. Conclusão

Os resultados aqui mostrados indicam que existem diferenças de temperatura e precipitação nos diferentes distritos do município de São Paulo que justificam estudos mais locais sobre o impacto destas variáveis na incidência do *Aedes aegypti*.

Conclui-se também, que o uso de dados do MODIS e TRMM é viável para a realização deste tipo de estudo por possibilitar a aquisição da temperatura de superfície e do acumulado de precipitação em áreas que possuem escassez de estações meteorológicas, problema ainda frequente em nosso país.

Por fim, a metodologia se demonstrou viável para identificar a temperatura de superfície e o acumulado de precipitação que favorecem a incidência do mosquito. Entretanto, ela precisa passar por uma avaliação com dados futuros para ser validada e aprimorada. A premissa principal deste estudo foi de que encontrar uma metodologia que permita abstrair essas variáveis em escalas sutis pode ser útil na concepção de estratégias de saúde pública para a vigilância e prevenção de doenças transmitidas por este mosquito.

REFERÊNCIAS

- ANAGNOSTOU E. N.; MORALES, C. A.; DINKU, T. The use of TRMM precipitation radar observations in determining ground radar calibration biases. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.18, p.616-628, 2001.
- ARAÚJO, R. V.; ALBERTINI, M. R.; SILVA, A. L. C.; SUESDEK, L.; FRANCESCHI, N. C. S.; BASTOS, N. M.; KATZ, G.; CARDOSO, V. A.; CASTRO, B. C.; CAPURRO, M. L.; ALLEGRO, V. L. C. São Paulo urban heat islands have a higher incidence of dengue than other urban areas. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**. Slavador – BA, n.1 9, v.2, p. 146–155, 2015.
- ATAÍDE, K. R. P.; LEDO, I. D.; OLIVEIRA, M. G. R.; BEZERRA, W. A. Avaliação da estimativa da temperatura de superfície obtida pelo sensor MODIS para o estado de Goiás. Natal, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009. Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 3495-3502.
- BESERRA, E. B.; CASTRO JR, F. P.; SANTOS, J. W.; SANTOS, T. S.; FERNANDES, C. R. M. Biologia e Exigências Térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) Provenientes de Quatro Regiões Bioclimáticas da Paraíba. **Neotropical Entomology**, Londrina – PR, n.35, v. 6, p. 853-860, 2006.
- BESERRA, E. B.; FERNANDES, C. R. M.; SILVA, S. A. O.; SILVA, L. A.; SANTOS, J. W. Efeitos da temperatura no ciclo de vida, exigências térmicas e estimativas do número de gerações anuais de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). **Iheringia, Sér. Zool** [online]. Porto Alegre, n. 2, v.99, p. 142-148, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Série A. Normas e Manuais Técnicos, nº 176. **Dengue: aspectos epidemiológicos, diagnóstico e tratamento**. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 2002. 20 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle da Dengue**. Brasília, DF, p.1-162, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 45. **Boletim Epidemiológico**, v. 46, n. 36, 2015.
- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; GRACIOLI, M. S. A.; FANTINELI, D. G.; CHAGAS, A. C; Zoneamento climático das condições para o desenvolvimento da larva do mosquito transmissor do vírus da dengue no Estado do Rio Grande do Sul. **RECHS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde**. Rio de Janeiro, v.3, n.2, p.24-36, 2009.
- CAMPAROTTO, L. B.; BLAIN, G. C.; GIAROLLA, G. C. A.; ADAMI, M.; CAMARGO, M. B. P. Validação de dados termopluviométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB, v.17, n.6, p.665–671, 2013.
- DONALÍSIO, M.R.; GLASSER, C.M. Vigilância entomológica e controle de vetores do Dengue. **Rev. Bras. Epidemiol**. São Paulo, v. 5, n.3, p.259-272, 2002.
- ELY, D. F.; BERTINI, I. T.; OLIVEIRA, L. T. Variabilidade climática nas cidades de Londrina, Maringá (PR) e Florianópolis (SC) e a expansão latitudinal da dengue. **Revista Geonordeste**. São Cristóvão, Edição Especial 2, v.2, n.5, p.826-839, 2012.

FERREIRA, H. H.; LOPES, E. R. N.; SOUZA, J. C.; SOUSA, J. A. P.; LOURENÇO, R. W. Avaliação Espacial da Dengue na Área Urbana de Itu - São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (RDG)**. São Paulo, SP. v. 33, p. 106-116, 2017.

FIGUEIREDO, L. T. M. Febres hemorrágicas por vírus no Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** [online], v.2, n.39, p.203-210, 2006.

GOMES, A. C.; FORATTINI, O. P.; KAKITANI, I.; MARQUES, G. R. A. M.; MARQUES, C. C. A.; MARUCCI, D.; BRITO, M. Microhabitats de *Aedes albopictus* (Skuse) na região do Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**. São Paulo, v.26, n.2, p. 108-118, 1992.

GUIRADO, M. M.; BICUDO, H. E. M. C. Alguns aspectos do controle populacional e da resistência a inseticidas em *Aedes aegypti*. **BEPA, Bol. epidemiol. paul. (Online)**, n.35, vol.6, p. 5-14. 2009.

LIMA, S. F. S.; BARROZO, L. V. Produto MOD11a1 no estudo da proliferação do *Aedes aegypti*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA e EXPOCARTÁ, 22 e 26; 2017, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2017. p. 1171-1175.

LIN, S.; MOORE, N. J.; MESSINA, J. P.; VISSER, M. H. de; WU, J. Evaluation of estimating daily maximum and minimum air temperature with MODIS data in east Africa. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.18, p.128-140, 2012.

NATAL, D. Bioecologia do *Aedes Aegypti*. **Biológico**, São Paulo, v.64, n.2, p.205-207, 2002.

PICINATO, M. A. C.; GRISOLIO, A. P. R.; CASELANI, K.; NUNES, J. O. R.; CARVALHO, A. A. B.; FERRAUDO, A. S. Dengue: uma visão sobre o vetor urbano *Aedes aegypti* e a difícil interface do seu controle. **Veterinária em Foco**. Canoas, RS. Foco, v.13, n.1, p. 11-25, 2015.

PONTES, R. J. S.; RUFFINO-NETTO, A. Dengue em localidade urbana da região sudeste do Brasil: aspectos epidemiológicos. **Rev. Saúde Pública** [online], vol.28, n.3, pp.218-227, 1994.

SÃO PAULO. Secretaria de Saúde de São Paulo. **Assessoria de imprensa**. 2016. Disponível em: <<http://www.saude.sp.gov.br/ses/noticias/2016/maio/casos-de-dengue-caem-81-no-estado-de-sao-paulo>>. Acesso em: 13 mar. de 2018.

SHEPHERD, J. M.; PIERCE, H.; NEGRI, A. J. Rainfall modification by major urban areas: observations from space borne rain radar on the TRMM satellite. **Journal of Applied Meteorology**, v.41, p.689-701, 2002.

VALLE, D. *Aedes aegypti* – Introdução aos Aspectos Científicos do Vetor. **Projeto vídeo-aulas Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz)**. Disponível em: <<http://auladengue.ioc.fiocruz.br/>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

WEBER, A. A.; WOLLMANN, C. A. A influência climática na proliferação do mosquito *Aedes Aegypti* em Santa Maria – RS, em 2012. **Ciência e Natura**. Santa Maria – RS, v.38 n.3, p. 1246-1253, 2016.

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