

## Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil

*Spatial segregation of Aedes aegypti and Aedes albopictus, São Paulo state, Brazil*

Lígia Leandro Nunes Serpa<sup>[1]</sup>, Gerson Laurindo Barbosa<sup>[1]</sup>, Marylene de Brito Arduino<sup>[1]</sup>, Valmir Roberto Andrade<sup>[1]</sup>, Júlio Cesar Voltolini<sup>[2]</sup>, Virgília Luna Castor de Lima<sup>[1]</sup>, Gisela Rita Alvarenga Monteiro Marques<sup>[1]</sup>.

<sup>[1]</sup>Superintendência de Controle de Endemias (Sucen). Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. <sup>[2]</sup>Universidade de Taubaté (Unitau)

### RESUMO

Mudanças no padrão de distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, ocorrem devido a diferentes fatores, dentre eles a interação negativa. Objetivou-se analisar e descrever o padrão de distribuição de ovos dessas espécies. Em ambiente urbano do município de São Sebastião, 80 ovitrampas foram expostas por quatro dias/mês, durante 18 meses, em 40 residências urbanas, de 20 quarteirões, obtidos por sorteio sistemático mensal, em estágio único, de fevereiro de 2011 a julho de 2012. Os imóveis foram georreferenciados, e produziram-se mapas temáticos pelo uso do estimador de densidade Kernel. A presença exclusiva de *Ae. aegypti* foi verificada em 234 armadilhas (78,52%), *Ae. albopictus* em 26 (8,73%) e ambas as espécies em 38 (12,75%). *Ae. aegypti* foi registrado por todo o espaço urbano do município e em todos os meses e estações do ano, além de ter apresentado maior densidade de ovos, sendo o inverso para *Ae. albopictus*. *Ae. aegypti* foi mais presente na região sul, enquanto que *Ae. albopictus* na região norte. A segregação de hábitat de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* merece atenção, já que sua ocorrência favorece uma coexistência urbana e pode gerar consequências à saúde pública, uma vez que são importantes transmissores de arboviroses.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Aedes aegypti*. *Aedes albopictus*. Controle vetorial. Espécies invasoras. Georreferenciamento. Habitat.

## ABSTRACT

Changes in the spatial distribution pattern of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* occur due to different factors, among them the negative interaction. The objective of this study was to analyze and describe the distribution pattern of eggs of these species. In an urban environment of the municipality of São Sebastião, 80 ovitraps were exposed for four days/month, during 18 months, in 40 urban residences, from 20 blocks, obtained by monthly systematic drawing, in a single stage, from February 2011 to July 2012. The properties were georeferenced, and thematic maps were produced by using the Kernel density estimator. The exclusive presence of *Ae. aegypti* was verified in 234 traps (78.52%), *Ae. albopictus* in 26 (8.73%) and both species in 38 (12.75%). *Ae. aegypti* was recorded throughout the urban space of the municipality and in all months and seasons of the year, and showed higher density of eggs, the opposite for *Ae. albopictus*. *Ae. aegypti* was more present in the southern region, while *Ae. albopictus* in the northern region. The segregation of habitat of *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus* deserves attention, since their occurrence favors an urban coexistence and can generate consequences for public health, since they are important transmitters of arboviroses.

**KEYWORDS:** *Aedes aegypti*. *Aedes albopictus*. Georeferencing. Habitat. Invasive species. Vector Control.

## INTRODUÇÃO

*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* são importantes mosquitos vetores de patógenos que colonizam o espaço humano com êxito, devido a vários fatores. Ambas as espécies são consideradas invasoras, pois se propagaram para lugares fora de suas áreas nativas. *Ae. aegypti*, principal vetor da dengue, possui origem na África sub-saariana. Foi introduzido na Região Neotropical e atualmente predomina nos espaços urbanos e periurbanos desenvolvendo-se em criadouros de caráter principalmente artificial.<sup>1</sup> Seu alto potencial vetor é atribuído ao hábito de se alimentar quase que exclusivamente de humanos, e mais de uma vez durante um único ciclo gonotrófico.<sup>2</sup> Sua capacidade de transmissão viral se estende à febre amarela urbana, chikungunya e Zika. O ovo é o estágio de desenvolvimento mais importante na dispersão do mosquito, pois possui grande resistência à seca e longa permanência viável no ambiente<sup>3</sup>. *Ae. albopictus* provém das selvas do sudeste asiático e ocupa, além de florestas, ambientes urbanos e periurbanos, onde se desenvolve em micro

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

habitats naturais e artificiais. Exibe importância epidemiológica secundária na transmissão do vírus da dengue, entretanto, o conceito dogmático desse vetor deve ser revisto em decorrência de seu comprovado envolvimento na reemergência do vírus chikungunya, e da possibilidade futura de transmissão de outros vírus, haja vista o registro de seu encontro naturalmente infectado com o vírus da febre amarela.<sup>4</sup>

Entender a ecologia da coexistência de espécies de importância médica estreitamente relacionadas pode contribuir para o melhor direcionamento e refinamento das ações de controle desses vetores. Diversos autores relatam a ocorrência simultânea de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, ou seja, a sobreposição espaço-temporal da distribuição dessas espécies em áreas da Ásia tropical, Américas, oeste da África e ilhas africanas no Oceano Índico.<sup>5-7</sup> No estado de São Paulo, Brasil, a infestação por esses vetores, no ano de 2017, fazia referência à coocorrência em 93,64% dos municípios paulistas, enquanto a presença exclusiva de *Ae. aegypti* se dava em 5,53% e de *Ae. albopictus*, em 0,63% e apenas dois municípios permaneciam sem infestação, segundo dados da Superintendência de Controle de Endemias (Sucen) da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. Em áreas urbanas e periurbanas de coexistência dessas espécies, a coocorrência de larvas pode ser frequente em recipientes artificiais.<sup>8</sup> Estudos de interação verificaram que a convivência, quando em condições de pouca disponibilidade de recursos, leva à competição<sup>9</sup>. Tal associação, por sua vez, é capaz de ocasionar mudanças no padrão de distribuição espacial e de coocorrência em áreas de simpatria desses *Aedes*.<sup>4,10,11</sup> Diferenças sazonais favorecem a coexistência, uma vez que atuam como um mecanismo equalizador, ou seja, diminuem a diferença de competitividade entre os competidores.<sup>11</sup> Por outro lado, as influências sazonais parecem refletir em aspectos além da interação e podem ocasionar efeitos sobre respostas fenotípicas do indivíduo, o que pode diferir entre os locais de ocorrência, algumas vezes, favorecendo *Ae. aegypti*.<sup>5,10,12,13</sup>

Leishman et al. (2014),<sup>3</sup> estudando o padrão de distribuição sazonal e espacial de *Ae. albopictus*, *Ae. aegypti*, e *Culex quinquefasciatus*, citaram que a competição condição-específica e a segregação de hábitat são mecanismos que contribuem para a coexistência de espécies em áreas urbanas.

Estudos da avaliação da distribuição espacial desses vetores em diferentes regiões proporcionam a geração de proposições explicativas sobre a manutenção da condição facilitadora de coocorrência dessas populações em determinadas áreas geográficas. Diante do exposto, o estudo avaliou, no tempo e no espaço geográfico, a presença e distribuição de ovos de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, além de verificar diferenças entre o número de

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

armadilhas de ovos para *Ae. aegypti* e para *Ae. albopictus*, assim como entre o número de larvas dessas quando em coocorrência nas armadilhas com ambas as espécies. Revelar tal situação é primordial no gerenciamento do controle de vetores, único elo vulnerável da cadeia epidemiológica das arboviroses por eles veiculadas, o que possibilitaria apontar preditivamente as áreas de maior risco de transmissão de vírus da dengue, chikungunya, Zika e febre amarela, e assim, melhor direcionar estratégias de vigilância entomológica e a alocação mais eficaz de recursos.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa é derivada do estudo “Avaliação de indicadores entomológicos de dengue em regiões do estado de São Paulo, Brasil” (apoio financeiro Sucen nº 000005/2011 e Fapesp nº 53123-7/2009), que objetivou, entre outros, avaliar e relacionar entre si os indicadores tradicionais, índice de adulto, índice de ovos, índice de pupas, índice de produtividade e produtividade pupal demográfica, conforme pode ser verificado em Serpa et al. (2013)<sup>7</sup> e Rodrigues et al. (2015).<sup>14</sup>

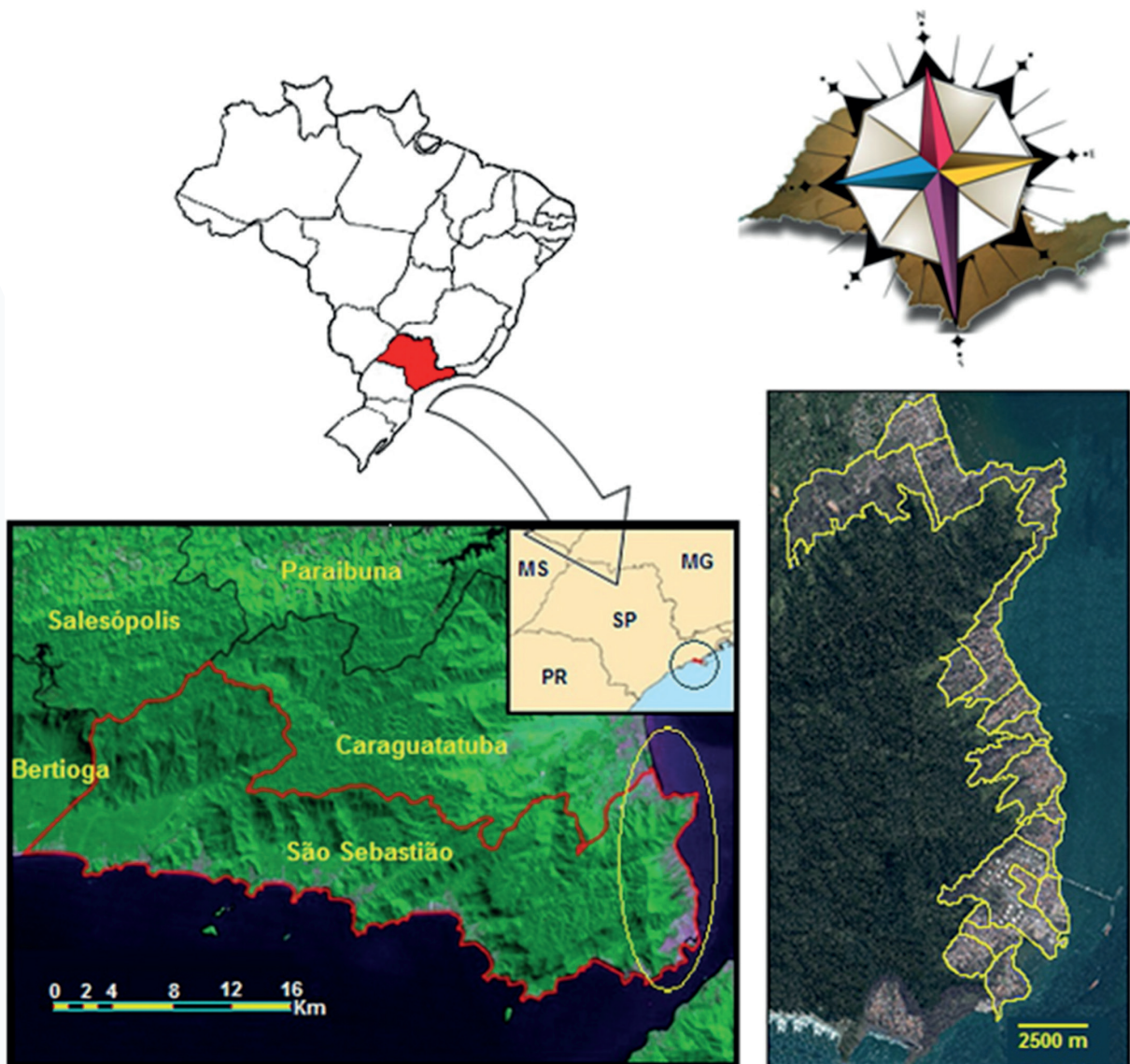
### Área de Estudo

A área de estudo considerou a presença de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* e a ocorrência de transmissão de dengue endêmica, ininterrupta nos últimos 10 anos. Foi selecionado o município de São Sebastião, CEP 11619-115, localizado na Costa Norte do estado de São Paulo, Brasil (45°21’00”W a 23°21’20”S) (Figura 1).

Com área de aproximadamente 400 km<sup>2</sup>, dos quais  $\frac{3}{4}$  é coberto por Mata Atlântica, possui população de 73.942 habitantes e densidade demográfica de 184,68 hab/km<sup>2</sup> (IBGE).<sup>15</sup> O relevo é de planície litorânea com altitude, no perímetro urbano, de 10 m acima do nível do mar, e registro de temperatura média anual em torno de 24°C. Segundo o Sistema de Classificação Climática (SCC) de Köppen simplificado, São Sebastião é considerado Af, o que caracteriza clima tropical chuvoso, sem estação seca definida e precipitação média do mês mais seco superior a 60 mm.<sup>16</sup>

O estudo foi conduzido no perímetro urbano em espaço com variadas condições sanitárias e de nível socioeconômico. Foram contabilizados 532 quarteirões, 16.833 imóveis e população estimada de 40.116 habitantes (IBGE).<sup>15</sup>

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.



**Figura 1.** Estado de São Paulo com destaque para o município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, Brasil

A unidade amostral foi o quarteirão, obtido por sorteio sistemático mensal, por conglomerado em estágio único, com reposição.<sup>17</sup> Todos os quarteirões da área de estudo foram numerados para compor o sorteio. O primeiro quarteirão a compor a amostra foi selecionado de forma aleatória e, em seguida, somava-se o intervalo amostral a esse número obtendo-se, assim, todos os quarteirões da amostra, conforme Programa Estadual de Vigilância e Controle de *Aedes aegypti* do Estado de São Paulo.<sup>17-19</sup> Para cada quarteirão sorteado, foram selecionados dois imóveis residenciais, com semelhantes feições paisagísticas e maior distanciamento entre eles. Após consentimento informado

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

do proprietário, foram instaladas duas armadilhas em cada imóvel, uma no peridomicílio e outra no intradomicílio. Peridomicílio refere-se à área externa do imóvel, em locais adjacentes a casa, enquanto intradomiciliar refere-se a áreas dentro da casa, sob seu telhado. Os locais eram protegidos do acesso de crianças e animais domésticos, padronizado à altura de 1,00 a 1,20 metros acima do nível do chão. O estudo foi realizado de fevereiro de 2011 a julho de 2012 com coleta mensal.

Conforme descrito em Serpa et al. (2013),<sup>7</sup> a armadilha de ovos consistiu de material plástico preto preenchido com 450 ml de água da torneira e 50 ml de infusão de feno. Em seu interior foi colocada uma palheta de madeira, como um substrato de oviposição. As armadilhas permaneceram em campo durante quatro dias consecutivos por mês. Após cada período de exposição, as palhetas foram recolhidas, e os ovos registados. Os ovos foram imersos em água e as larvas eclodidas, quando nos estádios L<sub>3</sub> ou L<sub>4</sub>, foram fixadas em etanol a 70% e identificadas.

### Tratamento dos dados

O número de armadilhas positivas para *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* e com ambas as espécies, assim como o número de larvas eclodidas, provenientes dessas três condições apontadas, foi comparado usando Kruskal-Wallis.

A análise entre o número de larvas de *Ae. aegypti* e de *Ae. albopictus*, provenientes das armadilhas exclusivas de cada espécie, utilizou teste de Welch, com nível de significância de 0,05. O número de larvas eclodidas de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, das armadilhas com ambas as espécies foi comparado usando o teste de Wilcoxon.

A pesquisa foi concluída de acordo com os padrões exigidos pela Declaração de Helsinki e aprovada por comissão de ética reconhecida pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep), vinculada ao Conselho Nacional de Saúde (CNS).

As armadilhas com presença de ovos foram georreferenciadas, por meio de GPS e identificados na base cartográfica digital em sistema de projeção UTM 23S, Datum SAD69, contendo o polígono do limite da área de estudo, utilizando o programa ArcGis v10.0. Utilizou-se o estimador de densidade Kernel, que permitiu analisar por meio de interpolação, a intensidade do processo de infestação para *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, a partir do número de armadilhas com presença exclusiva de cada espécie, em toda a região de estudo.<sup>20</sup>

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

## RESULTADOS

O número de quarteirões e imóveis trabalhados variou mensalmente entre 18 a 22, e de 36 a 44. Em 18 meses de estudo foram instaladas e recolhidas 1.448 armadilhas, das quais 339 (23,41%) apresentaram-se positivas para ovos de *Aedes* (*Stegomyia*). Após imersão, foi verificada eclosão larval em 298 (87,91%), das quais 235 (78,86%) eram armadilhas com *Ae. aegypti*, 25 (10,64%), *Ae. albopictus*, e 38 (16,17%) com ambas as espécies (Tabela 1).

O número de armadilhas com *Ae. aegypti* foi significativamente maior do que com *Ae. albopictus* e com ambas as espécies (Figura 2).

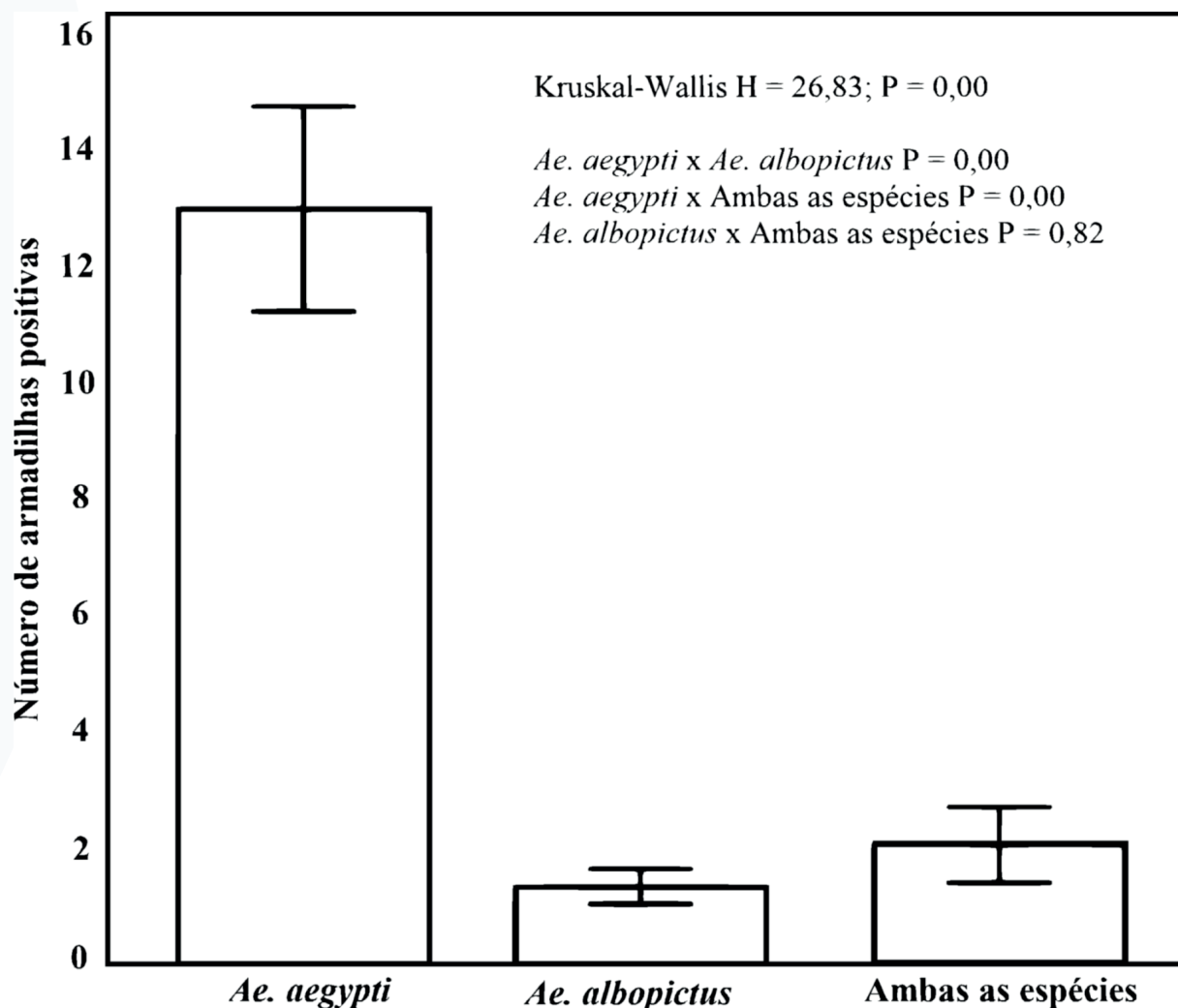


Figura 2. Positividade de armadilhas para *Ae.aegypti*, *Ae.albopictus*, ambas as espécies, e resultados dos testes estatísticos. Município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, fevereiro de 2011 a julho de 2012

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

Na distribuição mensal de larvas de *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* e ambas as espécies, das 298 armadilhas, (61,67%) exibiram eclosão larval. *Ae. aegypti* ocorreu em maior número (67,68%), seguido da coocorrência (26,23%) nas armadilhas e por último, tem-se *Ae. albopictus* representando 6,09% das larvas (Tabela 1).

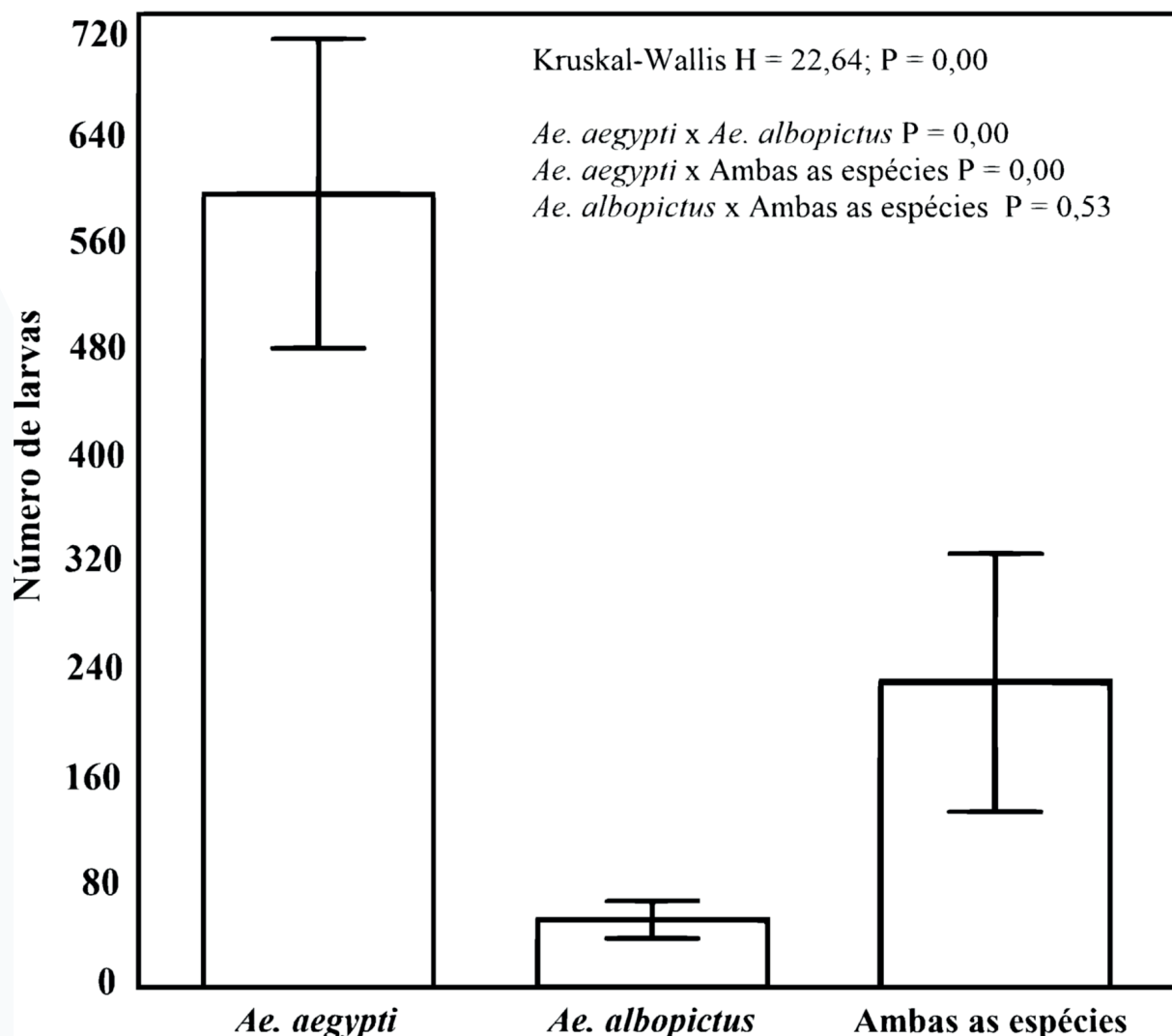
**Tabela 1.** Distribuição mensal de armadilhas instaladas, positivas para ovos de *Aedes Stegomyia*, *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* e ambas as espécies. Município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, fevereiro de 2011 a julho de 2012

Mês	Número de armadilhas positivas para ovos			Número de larvas				Número de larvas das armadilhas de ambas as espécies	
	<i>Ae. aegypti</i>	<i>Ae. albopictus</i>	Ambas as espécies	<i>Ae. Stegomyia</i>	<i>Ae. aegypti</i>	<i>Ae. albopictus</i>	Ambas as espécies	<i>Ae. aegypti</i>	<i>Ae. albopictus</i>
fev	29	2	10	3.373	2.137	63	1.173	609	564
mar	15	1	1	511	447	17	47	23	24
abr	18	2	4	1.276	695	123	458	358	100
mai	13	3	3	872	586	107	179	126	53
jun	11	0	0	257	257	0	0	0	0
jul	4	0	0	198	198	0	0	0	0
ago	2	0	0	90	90	0	0	0	0
set	1	0	0	68	68	0	0	0	0
out	8	0	0	282	282	0	0	0	0
nov	16	2	0	870	784	86	0	0	0
dez	14	3	1	597	526	41	30	8	22
jan	24	4	5	1.928	1.252	177	499	382	117
fev	16	2	6	2.154	616	162	1.376	1.247	129
mar	16	3	1	969	883	61	25	21	4
abr	19	1	2	980	737	98	145	141	4
mai	15	1	4	822	607	26	189	82	107
jun	11	1	1	555	491	9	55	7	48
jul	3	0	0	119	119	0	0	0	0
Total	235	25	38	15.921	10.775	970	4.176	3.004	1.172

Quando comparado o número de larvas eclodidas, provenientes das três situações de armadilhas detectadas, *Ae. aegypti* foi significativamente maior do que de *Ae. albopictus* ( $p=0,00$ ) e de ambas as espécies ( $p=0,00$ ) (Figura 3).

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.





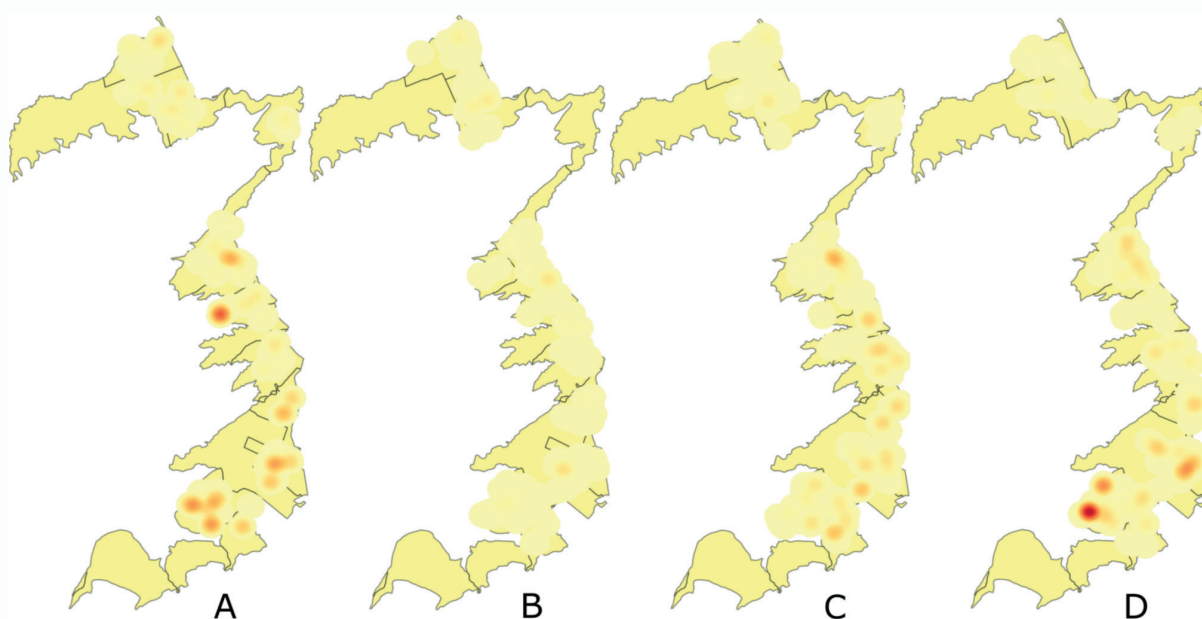
**Figura 3.** Número de larvas de *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* e de ambas as espécies, em cada uma das três condições, e resultados dos testes estatísticos. Município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, fevereiro de 2011 a julho de 2012

A distribuição da coexistência mostrou que o comportamento das larvas de ambas as espécies foi semelhante, maior abundância nos meses de janeiro a maio, com variação no seu número ao longo de todo o período estudado.

O número de larvas de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* diminuiu substancialmente no final do verão (março) e do outono (junho). No geral, a proporção de larvas de *Ae. aegypti* foi maior que a de *Ae. albopictus*, 70,00% e 30,00%, respectivamente, exceto nos meses de fevereiro e dezembro de 2011, maio e junho de 2012. No período de inverno e primavera, não foi registrada a coexistência. Nas armadilhas com ocorrência simultânea, o número de larvas de *Ae. aegypti* também foi maior, porém sem diferença estatística.

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

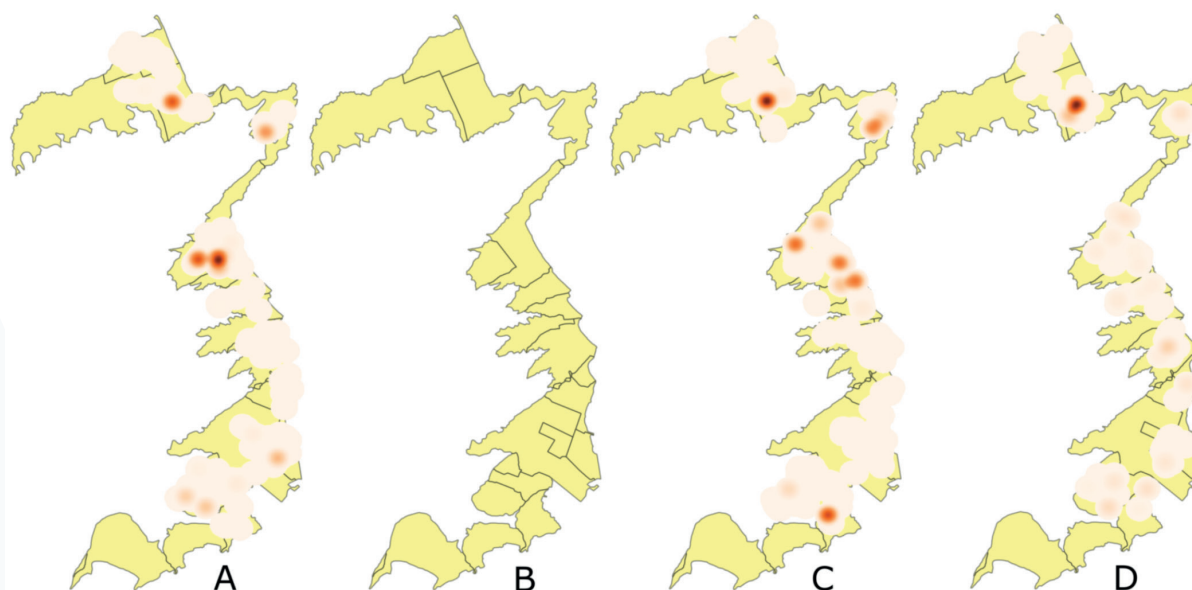
A Figura 4 mostra os mapas temáticos da área de estudo com o comportamento da distribuição de *Ae. aegypti*. No 1º quadrimestre do período estudado a presença do vetor foi constatada em toda a extensão do município (A). No quadrimestre seguinte verifica-se redução marcante de sua densidade (B). De outubro a dezembro de 2011 e janeiro de 2012, o mosquito retoma expressividade semelhante à observada no início do estudo, com discreta modificação na distribuição dos pontos de aglomerados (C). Por fim, o quadrimestre de fevereiro a maio de 2012 revelou-se como período de menor número de pontos quentes restringindo-se à área sul do município (D).



**Figura 4.** Mapas de Kernel de armadilhas positivas para ovos de *Ae. aegypti*, agrupados por quadrimestre: (A) fevereiro a maio de 2011, (B) junho a setembro de 2011, (C) outubro a dezembro de 2011 e janeiro de 2012, (D) fevereiro a maio de 2012. Município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, fevereiro de 2011 a julho de 2012

A distribuição espacial e temporal de *Ae. albopictus* foi diferente (Figura 5). No 1º quadrimestre a maior atividade do vetor é evidenciada ao norte do município e discreta na área sul. De junho a setembro a espécie não foi registrada (B), já no período seguinte, de outubro a dezembro de 2011 e janeiro de 2012, o mosquito ressurgiu com maior intensidade. Quanto ao último quadrimestre, observou-se redução dos pontos de aglomerados à área norte.

Observa-se nos mapas de *Ae. aegypti* e de *Ae. albopictus* que os pontos mais quentes de uma espécie não coincidem geograficamente com os da outra.



**Figura 5.** Mapas de Kernel da positividade de armadilhas para ovos de *Ae. albopictus*, agrupados por quadrimestre: (A) fevereiro a maio de 2011, (B) junho a setembro de 2011, (C) outubro a dezembro de 2011 e janeiro de 2012, (D) fevereiro a maio de 2012. Município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, fevereiro de 2011 a julho de 2012

## DISCUSSÃO

O tempo de observação, 18 meses, possivelmente seja a limitação do presente estudo, aliado ao fato de que o peridomicílio, local de instalação de 50% das armadilhas, tratou-se de área adjacente ao imóvel, o que possivelmente tenha favorecido *Ae. aegypti*.

A distribuição dos agrupamentos de maior densidade no ambiente urbano de São Sebastião foi distinta para *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, o que sugere um padrão com tendência ao antagonismo, característico da segregação de habitat. Observam-se ainda agrupamentos de caráter persistentes e não persistentes das duas espécies, ao longo do tempo. A maior intensidade de infestação por *Ae. aegypti*, ao sul do município, justifica-se por se tratar de área de infestação mais antiga, mais urbanizada e densamente povoada, que embora esteja próxima a mata, não é permeada pela vegetação. Opostamente, *Ae. albopictus*, apresentou distribuição mais localizada, essencialmente na região ao norte, cujas características de ocupação do solo são opostas às descritas para a outra espécie.

Quanto à separação de ambientes, pesquisadores têm proposto que a maior presença desses *Aedes* está pautada em diferenças de habitat. Braks et al. (2003),<sup>6</sup> no estudo ecológico dessas espécies no Sudeste do Brasil (Rio de Janeiro e Nova Iguaçu) e na Flórida (Palm Beach e Boca Raton) mostraram maior prevalência de *Ae. aegypti* em áreas

altamente urbanizadas, e de *Ae. albopictus* em áreas rurais, suburbanas e urbanas com vegetação. Os mesmos autores relataram que a densidade total das espécies na armadilha foi menor em Boca Raton, e atribuíram tais achados à diferença na disponibilidade local de recipientes artificiais e de acesso ao hospedeiro.

A não persistência de agrupamentos dos mosquitos, na estimativa de densidade, pode estar relacionada a áreas que sofreram pressão das atividades de controle vetorial, já que se trata de área com transmissão de dengue ininterrupta há mais de uma década. Por outro lado, a constatação de agrupamento de indivíduos no espaço pode representar um mecanismo favorecedor da coexistência, pois quando uma espécie competitivamente superior apresenta alto grau de agregação espacial, a chance de permanência de espécies inferiores aumenta, uma vez que locais deixados livres pelo ajuntamento daqueles poderão ser ocupados por outras espécies. Quando isso ocorre, a competição intraespecífica torna-se mais forte do que a competição interespecífica e, como resultado, obtém-se uma coexistência estável.<sup>21</sup>

No presente estudo, embora não tenha sido objetivo avaliar a densidade de cobertura vegetal da área pesquisada, foi possível notar que o ambiente urbano extrapola os limites das planícies invadindo as montanhas de ecossistema costeiro, cobertos de Mata Atlântica, nas regiões norte e sul do espaço geográfico. A área norte tem menor concentração humana, e é mais permeada por vegetação, características intrínsecas à maior valência ecológica de *Ae. albopictus*. Braks et al. (2003)<sup>5</sup> mostraram que a presença dessa espécie está relacionada à densidade de cobertura vegetal, enquanto a de *Ae. aegypti* se dá em áreas mais densamente povoadas.

LaCon et al. (2014),<sup>22</sup> em estudo de mudanças nos padrões de distribuição espacial de agrupamentos de *Ae. aegypti* no Peru, constataram um forte padrão urbano altamente focal, com evidências de que os pontos quentes da abundância do vetor, de caráter temporariamente instável, localizavam-se em pequenos grupos de casas. Os mesmos autores mencionaram que tal ocorrência de mudança espacial dos pontos quentes da abundância, ao longo do ano, impõe um desafio significativo para as estratégias de controle do vetor.

A constatação da instabilidade geográfica dos vetores aqui registrada sugere a não persistência de agrupamentos de sua presença, principalmente para *Ae. aegypti*. Os dados de distribuição apontados no primeiro quadrimestre do estudo, período das mais elevadas temperaturas e pluviosidade, corroboram a existência de diferenças na ocupação do ambiente, ou seja, segregação de habitat, uma vez que a maior presença de cada uma das

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

espécies se deu em áreas de características de ocupação e de cobertura vegetal distintas, condizentes com as exigências inerentes a cada espécie.

Segundo Leishman et al. (2014),<sup>3</sup> a segregação espacial de habitat prediz a coocorrência de espécies se elas ocuparem e forem mais abundantes em habitats distintos. No presente estudo, mesmo com o predomínio de *Ae. aegypti* em relação a *Ae. albopictus*, na proporção de 87,00% para 13,00%, a coocorrência nas amadilhas foi observada em ¼ das vezes.

Os pontos mais quentes para as espécies estudadas mostraram ampla distribuição de *Ae. aegypti* no espaço urbano enquanto, opostamente, *Ae. albopictus* apresentou ocupação espacial mais restrita. Tais achados sugerem diferenças na proporção e distribuição espacial dessas espécies, o que pode estar relacionado a fatores do clima, estação do ano e local de ocorrência, a semelhança de Dhimal et al. (2015).<sup>23</sup>

Além das diferenças de hábitat, a redução de atividade de *Ae. aegypti*, acompanhada da ausência de *Ae. albopictus*, no segundo quadrimestre avaliado, pode estar relacionada a época do ano, período de queda da pluviosidade e temperatura, situação menos favorável ao desenvolvimento dessas espécies. Serpa et al. (2006)<sup>24</sup> mostraram, em município do Vale do Paraíba paulista, a ocorrência de *Ae. aegypti* em todas as estações do ano, enquanto *Ae. albopictus* mostrou-se mais sensível aos fatores ambientais, apresentando correlação significativa para pluviosidade e temperatura máxima. Juliano et al. (2004)<sup>12</sup> sugeriram que o período de queda da pluviosidade e de temperatura afeta negativamente a atividade desses mosquitos, em especial de *Ae. albopictus*, possivelmente por maior mortalidade de ovos. Esses autores e Miyasaki et al. (2009),<sup>25</sup> mencionaram que a chuva constitui importante variável meteorológica para populações de vetores desde que eles utilizem criadouros localizados no peridomicílio, o que é mais perceptível em regiões com estação climática definida, condição esta que difere daquela existente na área de estudo. O município de São Sebastião se encontra em região tropical chuvosa, sem estação seca definida e com ocorrência de chuvas frequentes. Por outro lado, os efeitos da temperatura foram anteriormente constatados sobre o comportamento de oviposição dessas espécies, na mesma área de estudo, sendo mais expressivo em *Ae. albopictus*.<sup>7</sup>

A alteração espacial de alguns pontos de aglomerados, verificados para *Ae. aegypti*, de outubro de 2011 a janeiro de 2012, sugere comportamento de segregação de habitat, produto da competição interespecífica possivelmente atuante no local. Uma linha de pensamento na Ecologia argumenta que a ação de distúrbios e flutuações ambientais é um componente majoritário na estruturação de comunidades, por afastar o sistema

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

do equilíbrio e evitar efeitos deletérios da competição e outras interações antagônicas dependentes de densidade.<sup>13</sup> Delatte et al. (2008),<sup>26</sup> em estudo da distribuição geográfica e locais de desenvolvimento de *Ae. aegypti*, durante epidemia de chikungunya, em uma ilha do leste de Madagascar, mostraram que a colonização de habitats urbanos por *Ae. albopictus* se deu especialmente na ausência de *Ae. aegypti*.

Para o último período do estudo, fevereiro a maio de 2012, mesmo com a aparente redução de expressividade de ambas as espécies, observou-se um padrão de ocupação espacial nitidamente distinto, à semelhança do ocorrido no primeiro quadrimestre (fevereiro a maio de 2011) pesquisado. A segregação espacial verificada pode ser resultante da heterogeneidade no suprimento de recursos ou nos fatores físicos, conforme apontado por Giacomini.<sup>11</sup> Reiskind e Lounibos (2013)<sup>27</sup> mostraram, em estudo na Flórida, que a ocorrência de segregação de habitats costeiros urbanos, para as mesmas espécies, ocorre em momentos distintos, *Ae. aegypti* no período inicial da estação chuvosa e *Ae. albopictus* no final dessa e na estação seca. Little et al. (2011),<sup>28</sup> no estudo do padrão de coocorrência de *Ae. aegypti* e *Aedes mediovittatus*, mosquito competente para dengue em Puerto Rico, mencionaram que o mapeamento de espaços é importante no planejamento da urbanização, pois podem representar áreas de alto risco de transmissão da dengue durante os períodos inter epidêmicos.

A habilidade da espécie em se deslocar entre áreas distintas atua como um facilitador da coexistência com outras.<sup>11</sup> Diferentes autores registraram a coexistência larval desses *Stegomyia*, em várias regiões do mundo.<sup>1,5,6,24</sup> Na presente investigação, embora o registro da sobreposição dos pontos mais quentes não tenha sucedido repetidamente, no geral houve coincidência de alguns dos pontos de aglomerados, o que sugere um provável padrão de dominância operante resultante de competição, corroborando a indicação de distribuição espacial antagônica.

Larvas de *Ae. albopictus* coocorrem e competem com larvas de *Ae. aegypti* em artefatos desenvolvidos pelo homem.<sup>29</sup> Segundo Rey & Lounibos (2015),<sup>1</sup> tal convívio, pode favorecer a segregação de hábitat nessas espécies, de maneira a evitar a competição direta.

O padrão de dominância resultante dessa convivência, possivelmente seja determinado pelas condições abióticas encontradas nos diversos ambientes frequentados.<sup>12</sup> Passos et al., (2003),<sup>30</sup> na mesma área do presente estudo, apontaram uma provável dominância de *Ae. aegypti* sobre a população de *Ae. albopictus*, o que levaria a substituição ou deslocamento de uma espécie pela outra, induzindo *Ae. albopictus* à ocupação de outro ambiente como

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

hábitat preferencial, desenvolvendo-se em criadouros naturais em ambiente silvestre. Os autores mostraram que *Ae. aegypti* foi predominante nas áreas urbanas, enquanto *Culex quinquefasciatus* foi mais prevalente em área suburbanas. O predomínio de *Ae. aegypti* em áreas urbanas densamente povoadas e a superioridade de *Ae. albopictus*, em áreas mais rurais, sugerem que a coocorrência seja mais frequente em áreas suburbanas.<sup>5</sup>

O convívio de espécies de mosquitos é de grande interesse epidemiológico, pois pode interferir na melhor aptidão dos indivíduos vetores de vírus, inclusive na transmissão de patógenos.<sup>31</sup>

## CONCLUSÕES

Houve segregação de hábitat de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* em São Sebastião (SP). Tal evento pode ser resultante da influência das características ambientais locais e interação das espécies, fatores estes que contribuem para os padrões de distribuição e abundância constatados. Os achados aqui registrados são importantes para o planejamento das atividades de vigilância e controle vetorial, pois podem representar áreas de alto risco de transmissão da dengue.

Estudos futuros poderiam determinar as condições facilitadoras da coocorrência local, assim como o padrão de dominância dessas espécies, de acordo com características próprias de cada região.

O presente estudo teve o apoio financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP Nº 53123-7/2009) e da Superintendência de Controle de Endemias (Sucen), da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo (SES/SP), Brasil (Nº 000005/2011).

Extraído da tese apresentada no ano de 2014, na Coordenadoria do Controle de Doenças (CCD), Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, intitulada “Oviposição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em município com transmissão de dengue, Estado de São Paulo, Brasil”.

---

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rey JR, Lounibos P. Ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y transmisión enfermedades. *Biomedica*. 2015;35(2):177-85.
2. Scott TW, Morrison AC, Lorenz LH, Clark GG, Strickman D, Kittayapong P, et al. Longitudinal studies of *Ae. aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: blood feeding frequency. *J Med Entomol*. 2000;37(1):89-101.
3. Leishnam PT, LaDeau SL, Juliano SA. Spatial and Temporal Habitat Segregation of Mosquitoes in Urban Florida. *PLoS ONE*. 2014;9(3): e91655.
4. Couto-Lima D, Madec Y, Bersot MI, Campos SS, Motta MA, Santos FB, et al. Potential risk of re-emergence of urban transmission of Yellow Fever virus in Brazil facilitated by competent *Aedes* populations. *Sci Rep*. 2017;7:4848.
5. Juliano SA, O'Meara GF, Morrill JR, Cutwa MM. Desiccation and thermal tolerance of eggs and the coexistence of competing mosquitoes. *Oecologia*. 2002;130(3):458-69.
6. Braks MAH, Honório NA, Lourenço-de-Oliveira R, Juliano SA, Lounibos LP. Convergent Habitat Segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Southeastern Brazil and Florida. *J Med Entomol*. 2003;40(6):785-94.
7. Serpa LLN, Marques GRAM, Lima AP, Voltolini JC, Brito-Arduino M, Barbosa GL, et al. Study of the distribution and abundance of the eggs of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* according to the habitat and meteorological variables, municipality of São Sebastião, São Paulo State, Brazil. *Parasites & Vectors*. 2013;6(1):321.
8. Prophiro JS, Silva OS, Luna JED, Piccoli CF, Kanis LA, Navarro MAS. *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): coexistence and susceptibility to temephos, in municipalities with occurrence of dengue and differentiated characteristics of urbanization. *R Soc Bras Med Trop*. 2011;44(3):300-5.
9. Serpa LLN, Kakitani I, Voltolini JC. Competição entre larvas de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em laboratório. *R Soc Bras Med Trop*. 2008;41(5):479-84.
10. Costanzo KS, Mormann K, Juliano SA. Asymmetrical competition and patterns of abundance of *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*. 2005;42(4):559-70.
11. Giacomini HC. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. *Oecol Bras*. 2007; 11(4):521-43.
12. Juliano SA, Lounibos LP, O'Meara GF. A field test for competitive effects of *Aedes albopictus* on *A. aegypti* in South Florida: differences between sites of coexistence and exclusion? *Oecologia*; 2004;139(4):583-93.

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.



13. Costanzo KS, Kesavaraju B, Juliano AS. Condition-specific competition in container mosquitoes: the role of non-competing life-history stages. *Ecology*. 2005;86(12):3289-95.
14. Rodrigues MM, Marques GRAM, Serpa LLN, Arduino MB, Voltolini JC, Barbosa GL et al. Density of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and its association with number of residents and meteorological variables in the home environment of dengue endemic area, São Paulo, Brazil. *Parasites & Vectors*. 2015;8:115.
15. Brasil. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico: Domicílios de São Sebastião 2010. São Paulo; 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>.
16. Setzer J. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo [atlas]. São Paulo; 1966.
17. Alves MCGP, Silva NN. Simplificação do método de estimação da densidade larvária de *Aedes aegypti* no Estado de São Paulo. *Rev Saúde Pública* 2001;35(5):467-73.
18. Silva RA. Manual de Vigilância Entomológica de *Aedes aegypti*. Sucen – SES. São Paulo; 1997. 38p.
19. São Paulo. Superintendência de Controle de Endemias – Sucen - Secretaria de Estado da Saúde. Vigilância e Controle do *Aedes aegypti*: normas, orientações e recomendações técnicas. São Paulo; 2006.42p.
20. Bailey TC, Gatrell AC. Interactive Spatial Data Analysis. London (UK): Harlow Essex: Longman Scientific & Technical; 1995.
21. Hanski I. Coexistence of competitors in patchy environment with and without predation. *Oikos*. 1981; 37(3):306-12.
22. LaCon G, Morrison AC, Astete H, Stoddard ST, Paz-Soldan VA, Elder JP, et al. Shifting Patterns of *Aedes aegypti* Fine Scale Spatial Clustering in Iquitos, Peru. *PLoS Negl Trop Dis*. 2007;8(8):e3038.
23. 23. Dhimal M, Gautam I, Joshi HD, O’Hara RB, Ahrens B, Kuch.U. Risk Factors for the Presence of Chikungunya and Dengue Vectors (*Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*), Their Altitudinal Distribution and Climatic Determinants of Their Abundance in Central Nepal. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015;9(3):e0003545.
24. 24. Serpa LLN, Costa KVRM, Voltolini JC, Kakitani I. Variação sazonal de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* no município de Potim, São Paulo. *Rev Saúde Pública*. 2006;40(6):1101-5.
25. 25. Mogi M, Khamboonruang C, Choochote W, Suwanpanit P. Ovitrap surveys of dengue vector mosquitoes in Chiang Mai, Northern Thailand: seasonal shifts in relative abundance of *Aedes albopictus* and *Ae. aegypti*. *Med Vet Entomol*. 1988; 2(4):319-24.
26. 26. Delatte H, Dehecq JS, Thiria J, Domerg C, Paupy C, Fontenille D. Geographic distribution and developmental sites of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) during a chikungunya epidemic event. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2008;8(1):25-34.

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.

27. Reiskind MH, Lounibos LP. Spatial and temporal patterns of abundance of *Aedes aegypti* L. (*Stegomyia aegypti*) and *Aedes albopictus* (Skuse) [*Stegomyia albopictus* (Skuse)] in southern Florida. *Med Vet Entomol.* 2013;27(4):421-9.
  28. Little E, Barrera R, Seto KC, Diuk-Wasser M. Co-occurrence Patterns of the Dengue Vector *Aedes aegypti* and *Aedes mediovitattus*, a Dengue Competent Mosquito in Puerto Rico. *Ecohealth.* 2011;8(3):365-75.
  29. Carvalho RG, Lourenço-de-Oliveira R, Braga IA. Updating the geographical distribution and frequency of *Aedes albopictus* in Brazil with remarks regarding its range in the Americas. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2014;109(6):787-96.
  30. Passos RA, Marques GRAMM, Voltolini JC, Condino ML. Dominância de *Aedes aegypti* sobre *Aedes albopictus* no litoral sudeste do Brasil. *Rev Saúde Pública.* 2003;37(6):729-34.
  31. Juliano SA. Species interactions among larval mosquitoes: context dependence across habitat gradients. *Annu Rev Entomol.* 2009;54:37-56.
- 

Segregação espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, estado de São Paulo, Brasil/ Serpa LLN et al.