



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS – ICEB
DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO AMBIENTE – DEBIO



DEBIO

Rafaela Luiza Moreira

Dinâmicas ecológicas e a invasão de *Aedes albopictus* em uma unidade de conservação da Mata Atlântica.

Ouro Preto, MG
2023

Rafaela Luiza Moreira

Dinâmicas ecológicas e a invasão de *Aedes albopictus* em uma unidade de conservação da Mata Atlântica.

Monografia II apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de Concentração: Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Pontes Ribeiro

Co-orientadores: Guilherme Antunes de Souza e Alex Chavier Silva.

Ouro Preto, MG
2023



FOLHA DE APROVAÇÃO

Rafaela Luiza Moreira

Dinâmicas ecológicas e a invasão de *Aedes albopictus* em uma unidade de conservação da Mata Atlântica

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Aprovada em 04 de Abril de 2023

Membros da banca

Dr. Sérgio Pontes Ribeiro – Presidente da banca - Universidade Federal de Ouro Preto

Dr. Magno Borges - Universidade Estadual de Montes Claros

Msc. Lucas Malta - Universidade Federal de Minas Gerais

Sérvio Pontes Ribeiro, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em XX/XX/XXXX



Documento assinado eletronicamente por **Servio Pontes Ribeiro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/04/2023, às 15:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0502336** e o código CRC **69934E35**.

AGRADECIMENTOS

É impressionante chegar nesse momento e dar-se conta de quantas pessoas foram fundamentais para que esse trabalho se realizasse. É um momento especial em que busco reviver as diferentes ocasiões (algumas agradáveis e outras desesperadoras) nas quais as participações de terceiros foram se somando para, no fim, permitir a plena realização do tão sonhado curso superior. Nas linhas seguintes tentarei agradecer nominalmente todos aqueles que compõem essa rede fascinante de colaboração.

Sou grata a minha família. Minha querida e amada mãe, Elânia, por ser meu maior exemplo de vida, fé e força. Obrigada por sempre me incentivar! Ao meu irmão, Pedro Henrique, por segurar a barra em casa, quando eu não pude estar presente. Sem dúvida esse sonho, o bacharelado em Ciências Biológicas em Ouro Preto, só foi possível graças a vocês.

Sou grata ao meu orientador, Professor Sérgio Pontes pela confiança e orientação ao longo dos últimos três anos. E aos meus co-orientadores e amigos Guilherme Antunes e Alex Chavier pela amizade, apoio e ensinamentos. Meus sonhos e realizações acadêmicas não existiriam sem vocês!

Sou grata à eficiente e sempre disposta equipe do Laboratório de Ecologia do Adoecimento e Floresta (LEAF), em especial, Breno Henrique, Camila Dias, Isabella Lopes, Filipe Quintão, Josefa, Lucas Ayres, Maria Fernanda, Mariana Brito, Rafael Martins (in memoriam) e Renata Campos, pelas conversas estimulantes sobre ciência, que permitiram a elaboração deste trabalho.

Sou grata aos membros da banca Prof, Dr. Magno Borges e Luccas Malta, que gentilmente aceitaram participar desse momento. Desde já agradeço as valiosas contribuições ao meu trabalho.

Sou grata aos amigos do BIOcharel 18.2, que lado a lado trilharam esse caminho comigo, em especial, ao Victor Hugo. Seu carinho e parceria me sustentaram ao longo desses quatro anos.

Sou grata a Universidade Federal de Ouro Preto pelo ensino de qualidade e a concessão de bolsas que tornaram meu acesso à universidade possível.

Sou grata a “misteriosa” força que nos rege, a matriz na qual essa rede de coisas e seres se insere e que se manifesta nos milagres cotidianos dos caminhos que se cruzam, das palavras que inspiram e reanimam...

Meus caros, entre coletas de mosquitos e muito ombro amigo, esse trabalho de conclusão de curso não seria possível sem a contribuição de cada um de vocês. E aos que, porventura, eu tenha cometido o pecado de esquecer, que me perdoem e que não confundam meu lapso de memória com ingratidão. Muito obrigada a todos!

RESUMO

O mosquito *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) é uma espécie invasora, de origem asiática, atualmente distribuída em áreas tropicais e temperadas de todos os continentes. Por ser um vetor competente para diversas arboviroses, sua disseminação é uma preocupação crescente de saúde pública, sendo necessário compreender processos e interações ecológicas que operam durante suas invasões e que resultam em riscos para a saúde humana. Neste projeto, abordamos a ocorrência e abundância da espécie na maior reserva contígua de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, o Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Variações na estrutura de habitat (paisagem) e precipitação foram observadas e demonstraram-se essenciais para sucesso na colonização e invasão da espécie ($p < 0,001$) na Unidade de Conservação (UC). Nossos resultados, trazem à tona questionamentos sobre como a expansão da população humana e as modificações na paisagem decorrentes, criam microhabitats e microclimas, relativamente subexplorados, adequados para espécies sinantrópicas e vetores de patógenos causadores de doenças.

Palavras-chave: Nicho ecológico. *Aedes albopictus*. Unidade de conservação. Mata Atlântica. Culicidae.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1 LOCAL DE ESTUDO.....	8
2.2 ÁREAS DE AMOSTRAGEM	8
2.3 MÉTODO DE AMOSTRAGEM	11
2.4 ANÁLISE DE DADOS	12
RESULTADOS	13
3.1 ÍNDICE DE POSITIVIDADE DE OVITRAMPA (IPO) E ÍNDICE DE DENSIDADE DE OVOS (IDO)	14
DISCUSSÃO	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

INTRODUÇÃO

O mosquito tigre asiático, *Aedes albopictus* (Skuse 1894) (Diptera: Culicidae), originou-se na Ásia e hoje está distribuído em áreas tropicais e temperadas de todos os continentes (BENEDICT *et al.*, 2007). A invasão da espécie nas Américas, provavelmente, começou na América do Norte (1985), e posteriormente, espalhou-se pelo leste e centro dos EUA, assim como pela América do Sul (Brasil e Argentina) (PECH-MAY *et al.*, 2016). O primeiro registro de invasão da espécie no Brasil foi em maio de 1986 nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (FORATTINI, 1986). Entretanto, Consoli (1994) sugere que a espécie provavelmente entrou no Brasil através de portos no Espírito Santo devido ao comércio internacional, e se interiorizou via estrada de ferro, no vale do rio Doce (transporte de minério de ferro).

Atualmente, *Ae. albopictus* ocorre em todos os estados brasileiros, exceto Acre (FERREIRA-DE-LIMA *et al.*, 2020). Frequentemente, é encontrado ao ar livre associado a presença do homem, porém a espécie demonstra ampla diversidade de habitats, se estabelecendo em áreas periurbanas, rurais e florestais, aspectos que o difere do *Aedes aegypti*, mesmo utilizando os mesmos recipientes para reprodução (BRAKS, M. A.H. *et al.*, 2004). O *Ae. albopictus* ovipõe em recipientes naturais e artificiais, possui um comportamento alimentar oportunista e diurno, além de uma maior tolerância a temperaturas mais frias. Sugere-se, que *Ae. albopictus* prospere em habitats com menos recursos, quando comparado com outras espécies (GIORDANO *et al.*, 2021) e que mudanças na pluviosidade e mobilidade urbana são um importante fator para a dispersão, estabelecimento e abundância de populações deste mosquito (FLACIO *et al.*, 2016; FUKUI *et al.*, 2022). A espécie é um importante vetor de arbovírus de importância para a saúde pública, como o chikungunya e dengue (DE MELO XIMENES *et al.*, 2020; VEGA-RÚA *et al.*, 2020). Com comprovada ocorrência de transmissão transovariana do vírus da dengue (IBÁÑEZ-BERNAL *et al.*, 1997). Além disso, é apontada como possível “ponte” entre os ciclos silvestre e urbano da febre amarela e outros arbovírus, devido sua generalidade de habitats (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

O nicho ecológico é fundamental para entender como as mudanças ambientais afetam os padrões de distribuição de vetores e os possíveis riscos para a saúde humana (PECH-MAY *et al.*, 2016). O primeiro trabalho que definiu teoricamente o nicho ecológico foi escrito por Joseph Grinnell em 1917 e propôs que o nicho de uma espécie é dado pelo conjunto de

condicionantes ambientais tolerados por ela e que definem os locais onde ela ocorre (seus potenciais habitats). Dez anos depois, Elton (1927) sugeriu que o nicho de uma espécie é dado pelo papel funcional que ela desempenha dentro de uma comunidade e como ela se inter-relaciona com todas as espécies ao longo da teia trófica. Em 1957, Hutchinson definiu o nicho ecológico como sendo um espaço n-dimensional onde cada dimensão delimita as condições adequadas à sobrevivência da espécie, ou seja, os componentes abióticos delimitam o nicho fundamental (a totalidade de condições que uma espécie tolera ou precisa) e são restringidos pelas interações bióticas do nicho realizado, que é o uso de fato desses recursos e condições, limitados pela competição, predação e parasitismos. O conceito proposto por ele contempla as ideias de Grinnell e de Elton, mas ignora, por exemplo, a capacidade de dispersão das espécies. Uma espécie pode tolerar determinadas condições ambientais, no entanto, não conseguir acessá-las. Jackson & Overpeck (2000) incluíram a dinâmica temporal e espacial das condições ambientais nas ideias de Hutchinson e propuseram o conceito de nicho potencial, sugerindo que nem todas as combinações possíveis entre variáveis bióticas e abióticas existem na natureza em um determinado tempo. O que significa dizer que existem nichos vagos ou espaços não ocupados do nicho fundamental das espécies (FLEMING; DIBBLE, 2015; JULIANO; PHILIP LOUNIBOS, 2005; MARCANTONIO *et al.*, 2016a; MOUILLOT; GEORGE-NASCIMENTO; POULIN, 2003; SANZ-AGUILAR *et al.*, 2015).

Os nichos vagos ocorrem por diversos fatores, uma vez que o nicho realizado pode mudar de várias maneiras, dependendo das relações entre variáveis bióticas e abióticas (JACKSON; OVERPECK, 2000). Os distúrbios antropogênicos que modificam a composição e configuração da paisagem (BASTAZINI, 2011) podem independentemente ou combinados afetar o funcionamento do ecossistema (BASTAZINI, 2011; TURNER, 2010; WILKINSON *et al.*, 2018). Se tratando da fauna Culicidae, as intervenções e atividades humanas promovem alterações na disponibilidade de criadouros e hospedeiros, que interferem na composição das comunidades, muitas vezes dificultando e/ou até impedindo a sobrevivência de algumas espécies (MARCANTONIO *et al.*, 2016b). A exclusão ou declínio de populações nativas por fatores antrópicos, por exemplo, abre um espaço para ocupação de outras espécies, principalmente as invasoras, que poderão desempenhar ou não as mesmas funções na comunidade, ou pior, gerar um desequilíbrio ao competir com as espécies nativas e ao vetorizar patógenos às espécies de animais e, principalmente, humanos (MARCANTONIO *et al.*, 2016b).

Dada a capacidade invasiva de *Ae. albopictus* (GISD, 2017) e os possíveis riscos para a saúde humana, abordamos aqui, a ocorrência da espécie na maior reserva contínua de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais, o Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Sob a hipótese de que a presença e abundância de *Ae. albopictus* na Unidade de Conservação (UC) é condicionada a estrutura do habitat (paisagem) e aos índices pluviométricos. Os diferentes tipos de paisagem foram determinados por atributos estruturais, como o tipo de vegetação (sucessão de espécies/presença de dossel) e construções humanas. Assim, testamos a predição que diferenças na estrutura do habitat (paisagem) são fatores determinantes da abundância da espécie entre as estações seca e chuvosa ao longo do ano. De modo geral, este estudo contribui para o melhor entendimento da ecologia de *Ae. albopictus* em unidades de conservação, trazendo uma nova abordagem para auxiliar na identificação dos fatores que direcionam as variações de ocorrência e abundância da espécie.

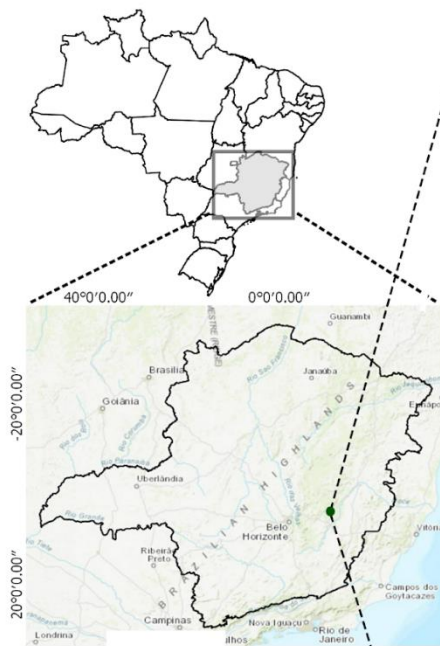
MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE ESTUDO

O Parque Estadual do Rio Doce (PERD), é a primeira unidade de conservação (UC) criada no Estado de Minas Gerais e o maior remanescente contínuo de Mata Atlântica do estado. Está localizado no trecho médio da bacia do Rio Doce na porção Sudoeste do estado de Minas Gerais, compreendida entre os municípios de Timóteo (14,1%), Marliéria (83,3%) e Dionísio (2,6%), possuindo uma área de 35.970ha (IEF-MG, 2009). O PERD possui perfil paisagístico bastante variado, com florestas primárias e secundárias associadas a áreas desmatadas em consequência da ocupação antrópica prévia, possui área de camping, alojamentos, auditório e restaurante. O Parque é aberto à visitação do público, de modo que o monitoramento de espécies Culicidae nativas e exóticas, com vistas tanto à importância do grupo para a Saúde Pública quanto à impactos na fauna de mosquitos silvestres, é essencial.

2.2 ÁREAS DE AMOSTRAGEM

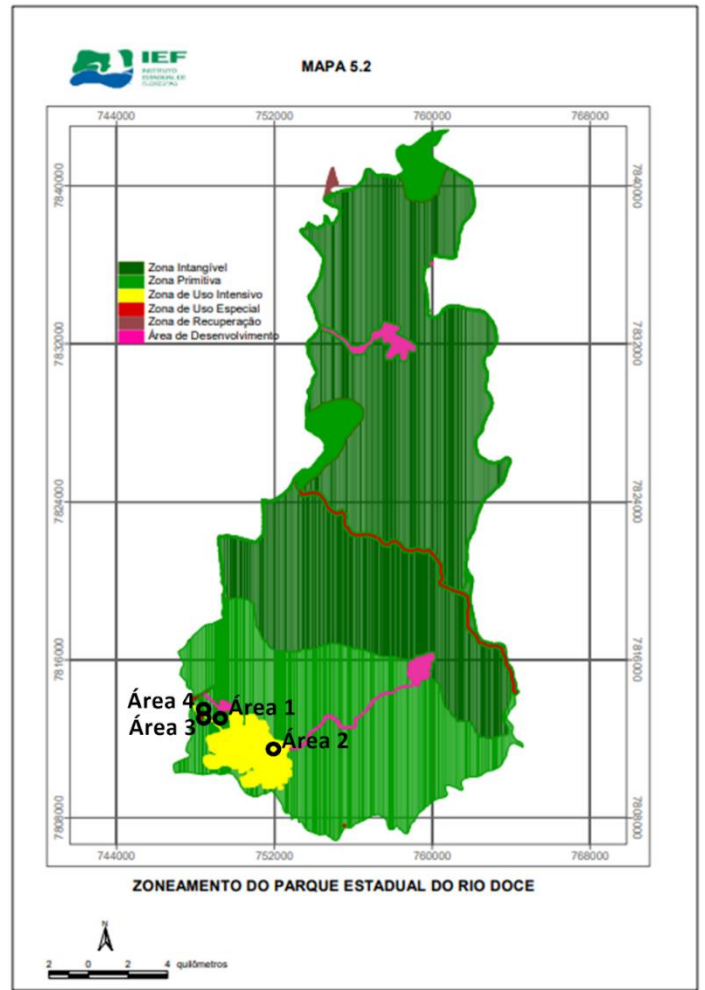
A amostragem foi realizada em quatro diferentes áreas: (1) Trilha do Vinhático, (2) Restaurante, (3) Porto do Capim e os (4) Alojamento (Figura 1). A Trilha do Vinhático (área 1) tem esse nome devido a um grande vinhático (*Plathyenia foliolosa*) existente no caminho. Ela mede 800m e é percorrida a pé, em 1h30min. O acesso à trilha só é permitido com acompanhamento de um dos monitores, em grupos de, no máximo, 15 pessoas. No plano de manejo essa área é considerada como Zona Primitiva 1, pois ocorre mínima intervenção humana e encontra-se em avançado processo de regeneração natural, sendo próxima à seu estágio primário. É uma floresta semidecidual (Mata média secundária), que encontra-se estruturada e conta com diversas espécies de estágio clímax, apesar de ainda haver algumas espécies pioneiras e secundárias. A área 2 (Restaurante) inclui restaurante, área de camping e a lagoa Dom Helvécio, recebe constantemente banhistas e pescadores, sendo caracterizada no plano de manejo como Zona de Uso Intensivo 2, constituída de áreas alteradas pelo homem, e cujo ambiente é mantido o mais próximo possível do natural. O Porto do Capim (área 3) é uma antiga oficina que atualmente é utilizada como bota fora de pneus, latas, lonas e vasilhames diversos, sem visitação permanente, e no plano de manejo é listada como Zona de Uso Especial 9, áreas necessárias à administração, manutenção e serviços do Parque, localizadas sempre que possível na periferia da UC. A área 4 (Alojamentos) foi considerada no plano de manejo como Zona de Uso Especial 7 e inclui área residencial do centro de pesquisa, centro de pesquisas e viveiro de produção de mudas (quadro 1).



Legenda

- Minas Gerais
- Parque Estadual do Rio Doce
- Pontos amostrais

Adaptado de:
 institutopristino.org.br/atlas/
 IEF - Zoneamento do PERD
 Acesso: 23/03/2023
 Criado por: Souza G. A.



Quadro 1. Mapa do estado de Minas Gerais e do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) com identificação das áreas amostradas neste estudo.

Área	Código	Presença Humana	Construção Civil	Finalidade da CC	Tipo de Uso	Resíduos Sólidos	Cobertura de dossel
Trilha do Vinhático (Zona Primitiva 1)	1	E	Não	-	E	Não	Sim
Restaurante (Zona de Uso Intensivo 2)	2	C	Sim	Restaurante	C	Sim	Não
Porto do Capim (Zona de Uso Especial 9)	3	E	Sim	Bota-fora	I	Sim	Não
Alojamentos (Zona de Uso Especial 7)	4	E	Sim	Residência	Especial	Sim	Não

Quadro 2. Caracterização da estrutura de habitat (paisagem).

Legenda: C = Contínua / E = Esporádica / I = Intensivo / E = Especial (Pesquisadores ou trabalhadores) / CC = Construção Civil.

2.3 MÉTODO DE AMOSTRAGEM

Em cada área (Quadro 1) foram instaladas dez armadilhas de oviposição (ovitrampa), que consistem em um recipiente de plástico preto de 400 ml, preenchidos com três quartos de água da torneira e equipado com paletas de Eucatex (15 × 3 cm), onde mosquitos fêmeas põem ovos. As ovitrampas foram devidamente rotuladas e alocadas ao nível do solo onde permaneceram nas mesmas posições durante sete dias, no período entre 15/11/2021 e 22/11/2021 (estação chuvosa) e 16/09/2022 e 23/09/2021 (estação seca/início da chuvosa). Segundo Cupolillo (2015), a estação chuvosa na região ocorre de outubro a março e a estação seca ocorre de abril a setembro. A pluviosidade média acumulada 15 dias antes e durante as coletas foram obtidas no site do INMET, na estação meteorológica mais próxima (Timóteo).



Figura 1. Imagens das áreas de amostragem e disposição das armadilhas.

Legenda: A = Trilha do Vinhático (1) / B = Restaurante (2) / C = Porto do Capim (3) / D = Alojamento (4) / E = Disposição das armadilhas, segundo a metodologia de Pedrosa (2020).

Após os sete dias as paletas foram retiradas e individualmente embaladas e transportadas para o Laboratório de Ecologia do Adoecimento e Florestas - LEAF, da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP. No laboratório, com o auxílio de uma lupa estereoscópica, os ovos foram contabilizados. Posteriormente, as paletas de Eucatex foram imersas individualmente em potes plásticos (500 ml) contendo água da torneira para eclosão dos ovos e emergência de adultos. As espécies adultas emergidas foram identificadas a partir das chaves dicotômicas propostas por Forattini (2002).

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Para avaliar se existe diferença na abundância de ovos de *Aedini* entre as estações e as diferentes áreas, considerando a natureza das variáveis e a distribuição não normal dos dados, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. As estações foram definidas como variáveis independentes, enquanto a abundância de ovos foi definida como variável dependente. As análises foram realizadas no software R (R Development Core Team).

De maneira complementar, foi realizado, o cálculo do Índice de Positividade de Ovitrapa (IPO), para estimar a distribuição espacial das fêmeas das espécies vetores, e o Índice de Densidade de Ovos (IDO), que permite inferir sobre a abundância desses vetores. Esses índices têm sido amplamente utilizados em áreas urbanas para detecção precoce de novas infestações e na vigilância de populações de mosquitos vetores do patógeno causador da dengue, especialmente em áreas com baixa densidade vetorial (GOMES, 1998). Somado a eles, o Teste Chi quadrado foi realizado.

$$IPO = \frac{\text{Número de armadilhas positivas}}{\text{Número de armadilhas examinadas}} \times 100$$

$$IDO = \frac{\text{número de ovos}}{\text{número de armadilhas positivas}}$$

Quadro 3. Fórmula para cálculo dos Índice de Positividade de Ovitrapa (IPO) e Índice de Densidade de Ovos (IDO).

RESULTADOS

Foram contabilizados 2112 ovos ao longo das duas estações, sendo 1513 na estação chuvosa e 599 na estação seca/início da chuvosa. Na estação chuvosa dos 1513 ovos coletados, apenas 228 indivíduos foram identificados, destes 227 *Ae. albopictus* e 1 *Aedes terrens*, pois 1285 ovos eclodiram em campo devido às chuvas intensas no período, impossibilitando a identificação. Na segunda campanha, dos 599 ovos coletados, 458 ovos eclodiram e foram todos identificados como *Ae. albopictus* (gráfico 1).

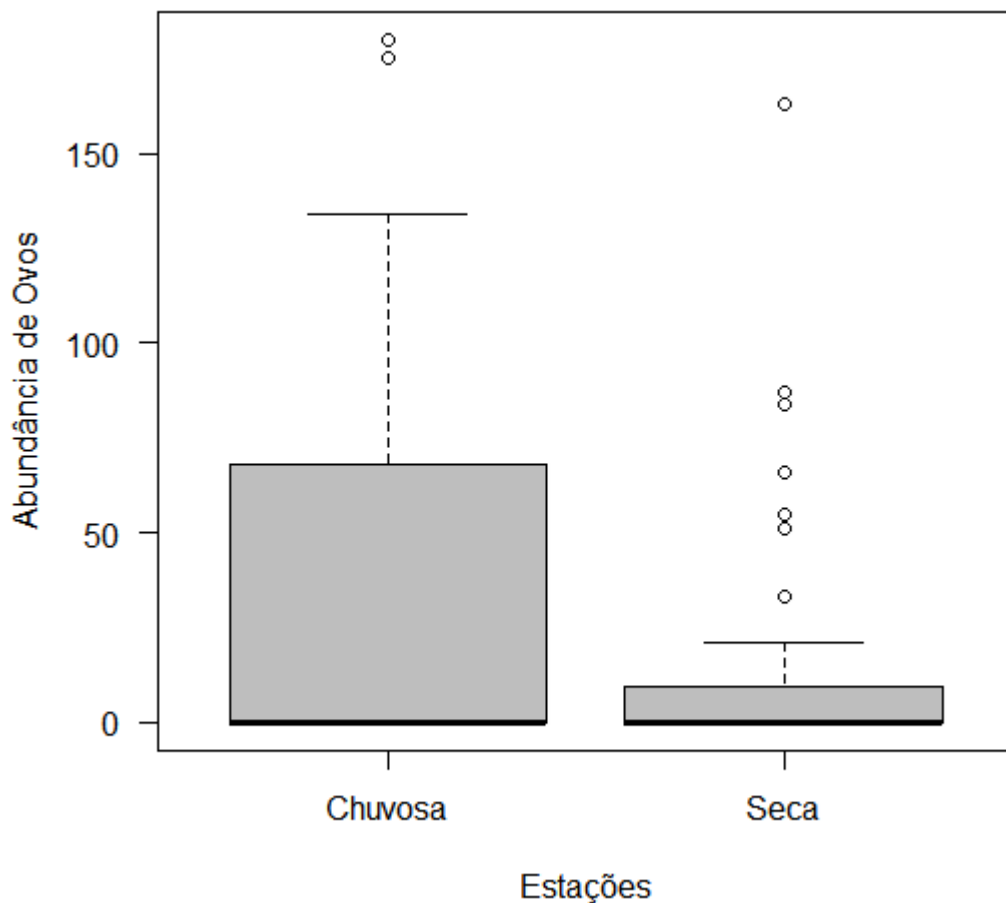


Gráfico 1. Abundância total de ovos Aedini por estação.

De acordo com o esperado, a pluviosidade na estação chuvosa foi 414,8 e de 0 na estação seca. Na estação chuvosa as paletas foram positivas para ovos em todas as áreas com exceção da Zona Primitiva 1 (Trilha do Vinhático). Na Zona de uso intensivo 2 (Restaurante), foram registrados 1163 ovos, e Zona de Uso Especial 9 (Porto do Capim) e 7 (Alojamento) foram contabilizados 24 e 350 ovos, respectivamente. Na estação seca, a Zona Primitiva 1 (Trilha do Vinhático) permaneceu sem ocorrência de ovos de mosquitos nas paletas. Na Zona de uso

intensivo 2 (Restaurante) foram registrados 556 ovos. Na Zona de Uso Especial 9 (Porto do Capim), que na estação chuvosa registrou 24 ovos que resultaram em 24 adultos de *Ae. albopictus*, na estação seca não houve registro de ovos nas paletas. Na Zona de Uso Especial 7 (Alojamento) foram registrados 43 ovos (Gráfico 2). Foi observada variação significativa na distribuição de *Aedini* entre as áreas e estações ($p < 0,001$).

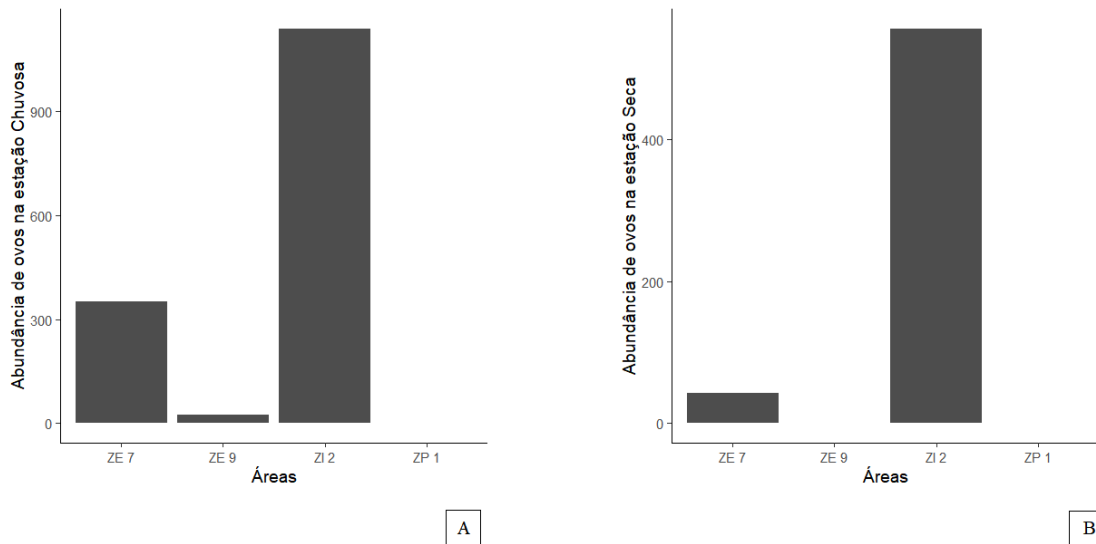


Gráfico 2. Abundância de ovos *Aedini* entre as diferentes áreas e estações.

Legenda: A - Estação Chuvosa / B - Estação Seca.

ZE 7 - Zona de Uso Especial 7 (Alojamento) / ZE 9 - Zona de Uso Especial 9 (Porto do Capim) / ZI 2 - Zona de uso intensivo (Restaurante) / ZP 1 - Zona Primitiva 1 (Trilha do Vinhático).

3.1 ÍNDICE DE POSITIVIDADE DE OVITRAMPA (IPO) E ÍNDICE DE DENSIDADE DE OVOS (IDO)

A Percentagem de armadilhas positivas (que resulta no Índice de Positividade de Ovitrampas, IPO) (Gráfico 3) e o número médio de ovos por armadilha positiva (fornecendo o Índice de Densidade de Ovos, IDO) (Gráfico 4) foram maiores nas áreas com maior presença e intervenção humana. Através do teste Chi Quadrado foi confirmado a hipótese de que há associação entre a ocorrência da *Ae. albopictus* e a estrutura de habitat (paisagem) ($p < 0,001$).

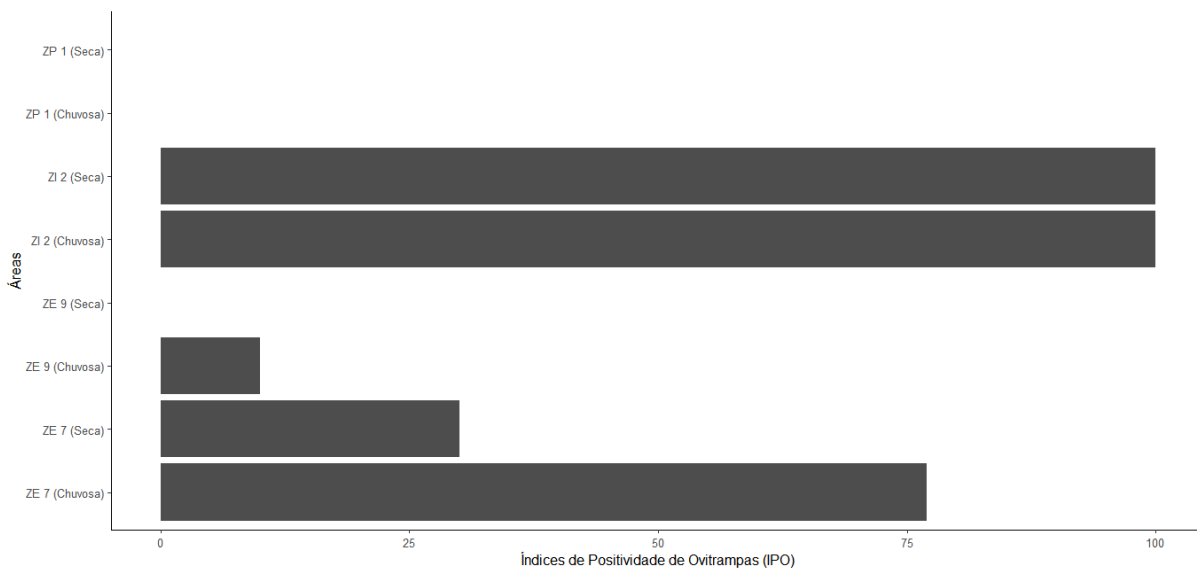


Gráfico 3. Índices de Positividade de Ovitampas (IPO) para as diferentes áreas e estações amostradas.

Legenda: (Chuvosa) - Estação Chuvosa / (Seca) - Estação Seca.

ZE 7 - Zona de Uso Especial 7 (Alojamento) / ZE 9 - Zona de Uso Especial 9 (Porto do Capim) / ZI 2 - Zona de uso intensivo (Restaurante) / ZP 1 - Zona Primitiva 1 (Trilha do Vinhático).

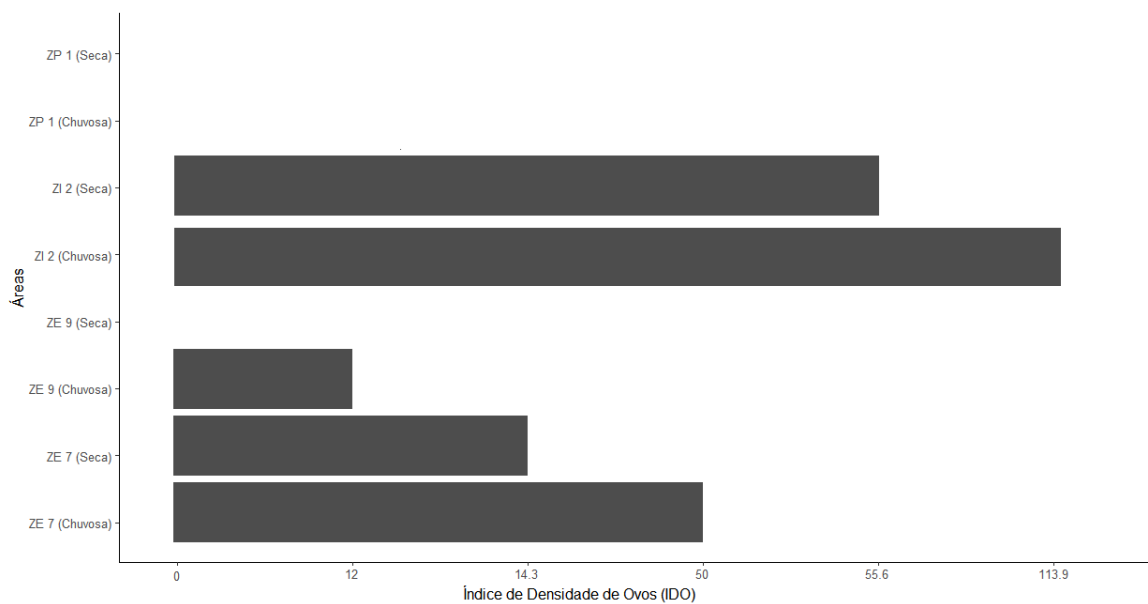


Gráfico 4. Índice de Densidade de Ovos (IDO) para as diferentes áreas e estações amostradas.

Legenda: (Chuvosa) - Estação Chuvosa / (Seca) - Estação Seca.

ZE 7 - Zona de Uso Especial 7 (Alojamento) / ZE 9 - Zona de Uso Especial 9 (Porto do Capim) / ZI 2 - Zona de uso intensivo 2 (Restaurante) / ZP 1 - Zona Primitiva 1 (Trilha do Vinhático).

DISCUSSÃO

Entendendo que variáveis climáticas e a estrutura do habitat (paisagem) são importantes para definir a distribuição das espécies (ainda que em escala grosseira) (ABELLA-MEDRANO *et al.*, 2018; BURKETT-CADENA; VITTOR, 2018; PEREIRA COSTA, 2020), identificamos a variação na presença e abundância de *Ae. albopictus* no PERD, em áreas com diferentes configurações paisagísticas e em resposta à sazonalidade. Nossos resultados corroboram a hipótese de que ambientes com menor complexidade de habitat (onde a vegetação nativa foi removida e há construção civil) favorecem a presença do invasor *Ae. albopictus* (PERRIN; GLAIZOT; CHRISTE, 2022), e que nesses ambientes (Quadro 2) a abundância da espécie está positivamente relacionada à estação chuvosa (Gráfico 1).

No presente estudo, as áreas de maior intervenção humana na paisagem (Zona de Uso Especial 7, Zona de Uso Especial 9 e Zona de uso intensivo 2), mostraram-se mais propícias para a ocorrência e abundância da espécie quando comparadas a área de mínima intervenção, onde a floresta encontra-se em avançado processo de regeneração (Zona Primitiva 1). Tal fato, provavelmente se deve a fatores como presença humana e os tipos de criadouros disponíveis, uma vez que, a expansão da população humana e as modificações na paisagem decorrentes criam microhabitats (ex.: garrafas pet e pneus) e microclimas, relativamente subexplorados, adequados para espécies sinantrópica (JULIANO; PHILIP LOUNIBOS, 2005). O uso desse 'nicho vago', isto é, a exploração de um recurso não utilizado anteriormente, permite a espécies invasoras como *Ae. albopictus* se expandirem e se estabelecerem (LAPORTA *et al.*, 2023; JULIANO; PHILIP LOUNIBOS, 2005; PERRIN; GLAIZOT; CHRISTE, 2022; SAKAI *et al.*, 2001). Isso somado a um comportamento agressivo de exploração e baixa exigência de recursos, quando comparado às espécies nativas, resultam em uma combinação propícia para o estabelecimento desse importante vetor.

A precipitação é uma variável importante para o sucesso na colonização e invasão de habitats em extensa e contínua urbanização, tanto para os mosquitos quanto para os arbovírus que eles transmitem (GUZMAN *et al.*, 2016; HASSELL *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2014; WEAVER; REISEN, 2010). Neste estudo, a alta taxa populacional de *Ae. albopictus*, nas áreas do parque em que a espécie ocorre, está intimamente relacionada a estação chuvosa que detém os maiores índices pluviométricos (Gráfico 1). Os maiores valores de positividade de armadilhas (IPO) e densidade de ovos (IDO) são para a estação chuvosa (gráficos 3 e 4),

reforçando os padrões encontrados entre precipitação e dispersão da espécie (TRAN *et al.*, 2013).

Os determinantes para os processos de invasão são numerosos e incluem fatores abióticos, como flutuações climáticas e estrutura de habitat (paisagem), mas também bióticos, como a competição interespecífica (MARCANTONIO *et al.*, 2016b). Em ambientes com habitats mais complexos, como é o caso de florestas em avançado processo de sucessão, os competidores nativos também podem ser uma barreira à invasão. Deste modo, é justificável a presença e maior abundância de *Ae. albopictus* nas áreas menos preservadas deste estudo, assim como sua ausência na área 1. O'Meara *et al* (1995b) e Lounibos *et al* (2003b), por exemplo, registraram que a co-ocorrência de larvas de *Ae. albopictus* e *Wyeomyia* (espécie nativa) em bromélias resultava na baixa sobrevivência de *Ae. albopictus*. Pedrosa e colaboradores (2020) demonstraram que dentro de cidades, a quantidade de ovos de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* era inversamente proporcional nas ovitampas onde essas espécies co-ocorrem, sugerindo recíproca exclusão competitiva. A predação por espécies nativas em buracos de árvores também parece desempenhar um importante papel na limitação de invasões em habitats mais complexos. Lounibos e colaboradores (2001), sugerem que o fracasso de *Ae. albopictus* em dominar esses habitats se deve à maior vulnerabilidade à predação, por exemplo, como já visto com *Toxorhynchites* (KESAVARAJU; JULIANO, 2004).

Há uma compreensão limitada sobre os processos e interações ecológicas que operam durante as invasões de mosquitos (JULIANO; PHILIP LOUNIBOS, 2005). Mas algumas características são comuns entre as espécies exóticas que se tornaram invasoras: ovos fortemente resistentes à dessecação, desenvolvimento em pequenos recipientes artificiais, buracos de árvores, bromélias ou piscinas naturais, autogenia e a diapausa (JULIANO; PHILIP LOUNIBOS, 2005). Várias revisões sobre o efeito das mudanças no uso do solo na ecologia de Culicidae sugerem que espécies invasoras são mais eficientes no uso de recursos derivados de atividades humanas (BRUGUERAS *et al.*, 2020; SALLAM *et al.*, 2017; WALSH; MOLYNEUX; BIRLEY, 1993). E Burkett-Cadena & Vittor (2018) sugerem, ainda, que mosquitos vetores de patógenos humanos são mais abundantes em áreas desmatadas do que em áreas florestadas (não-vetores apresentam a tendência oposta), o que provavelmente se deve a processos evolutivos que levam o parasita, o hospedeiro e o vetor a convergirem no espaço (BURKETT-CADENA; VITTOR, 2018).

Estes resultados poderão ser relevantes para a tomada de decisões no controle de vetores que transmitem patógenos causadores de doenças. Além de promover a percepção de que é necessário compreender o nicho ecológico do vetor tanto no nível inerente ao ambiente (macroecologia), quanto no nível atribuído às populações, no nível da paisagem local (gradiente silvestre-rural-urbano) (BASTAZINI, 2011). Atrasos nas ações de mitigação resultam em custos crescentes no controle e retornos econômicos reduzidos das ações de manejo, além de diminuição de sua viabilidade (MARCANTONIO *et al.*, 2016b).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELLA-MEDRANO, Carlos Antonio *et al.* Blood-meal preferences and avian malaria detection in mosquitoes (Diptera: Culicidae) captured at different land use types within a neotropical montane cloud forest matrix. **Parasitology International**, [s. l.], v. 67, n. 3, p. 313–320, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.parint.2018.01.006>

BASTAZINI, Vinicius Augusto Galvão. Efeitos da estrutura de habitat e do espaço sobre a diversidade de mamíferos no norte do Pantanal: uma abordagem de resolução fina. [s. l.], p. 83, 2011.

BENEDICT, Mark Q *et al.* Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. **Vector-borne and zoonotic Diseases**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 76–85, 2007.

BRAKS, M. A.H. *et al.* Interspecific competition between two invasive species of container mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, [s. l.], v. 97, n. 1, p. 130–139, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0130:ICBTIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0130:ICBTIS]2.0.CO;2)

BRAKS, Marieta A.H. *et al.* Convergent Habitat Segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Southeastern Brazil and Florida. **Journal of Medical Entomology**, [s. l.], v. 40, n. 6, p. 785–794, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-40.6.785>

BRUGUERAS, Silvia *et al.* Environmental drivers, climate change and emergent diseases transmitted by mosquitoes and their vectors in southern Europe: A systematic review. **Environmental Research**, [s. l.], v. 191, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110038>

BURKETT-CADENA, Nathan D; VITTOR, Amy Y. Deforestation and vector-borne disease: Forest conversion favors important mosquito vectors of human pathogens. **Basic and Applied Ecology**, [s. l.], v. 26, p. 101–110, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.09.012>

CONSOLI, Rotraut A. G. B.; OLIVEIRA, Ricardo Lourenço de. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. [S. l.: s. n.], 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788575412909>

FLACIO, Eleonora *et al.* Spread and establishment of *Aedes albopictus* in southern Switzerland between 2003 and 2014: An analysis of oviposition data and weather conditions. **Parasites and Vectors**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–14, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1577-3>

FLEMING, Jonathan P; DIBBLE, Eric D. Ecological mechanisms of invasion success in aquatic macrophytes. **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 746, n. 1, p. 23–37, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2026-y>

FORATTINI, Oswaldo Paulo. **Culicidologia Médica**. Edusp, [s. l.], 2002.

FORATTINI, Oswaldo Paulo *et al.* Ecológicos Sobre Mosquitos Culicidae no sistema da Serra do Mar, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, [s. l.], v. 12, p. 476–496, 1978.

FUKUI, Shin *et al.* Modeling the effect of rainfall changes to predict population dynamics of the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* under future climate conditions. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 17, n. 5, p. e0268211, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268211>

GIORDANO, Bryan V *et al.* Mosquito Communities Vary across Landscape and Vertical Strata in Indian River County, Florida. **Pathogens**, [s. l.], v. 10, n. 12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pathogens10121575>

GOMES, Almério de Castro. Medidas dos níveis de infestação urbana para aedes (stegomyia) aegypti e aedes (stegomyia) albopictus em Programa de Vigilância Entomológica. **Informe Epidemiológico do Sus**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 49–57, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/s0104-16731998000300006>

GUZMAN, Maria G. *et al.* Dengue infection. **Nature Reviews Disease Primers**, [s. l.], v. 2, p. 1–26, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.55>

HASSELL, James M *et al.* Urbanization and Disease Emergence : Dynamics at the Wildlife – Livestock – Human Interface. **Trends in Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 55–67, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.012>

IBÁÑEZ-BERNAL, S *et al.* First record in America of *Aedes albopictus* naturally infected with dengue virus during the 1995 outbreak at Reynosa, Mexico. **Medical and veterinary entomology**, England, v. 11, n. 4, p. 305–309, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1997.tb00413.x>

JACKSON, S. T.; OVERPECK, J. T. Responses of plant populations and communities to environmental changes of the late Quaternary. **Paleobiology**, [s. l.], v. 26, n. 4 SUPPL., p. 194–220, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/s0094837300026932>

JULIANO, Steven A.; PHILIP LOUNIBOS, L. Ecology of invasive mosquitoes: Effects on resident species and on human health. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 558–574, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00755.x>

KESAVARAJU, B.; JULIANO, S. A. Differential behavioral responses to water-borne cues to predation in two container-dwelling mosquitoes. **Annals of the Entomological Society of America**, [s. l.], v. 97, n. 1, p. 194–201, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0194:DBRTWC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0194:DBRTWC]2.0.CO;2)

LI, Yiji *et al.* Urbanization Increases *Aedes albopictus* Larval Habitats and Accelerates Mosquito Development and Survivorship. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], v. 8, n. 11, p. e3301, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003301>

LOUNIBOS, L P *et al.* Testing predictions of displacement of native *Aedes* by the invasive Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* in Florida, USA. **Biological Invasions**, [s. l.], v. 3, p. 151–166, 2001.

LOUNIBOS, Leon Philip *et al.* Interactions with native mosquito larvae regulate the production of *Aedes albopictus* from bromeliads in Florida. **Ecological Entomology**, [s. l.], v. 28, n. 5, p. 551–558, 2003.

MARCANTONIO, Matteo *et al.* First assessment of potential distribution and dispersal capacity of the emerging invasive mosquito *Aedes koreicus* in Northeast Italy. **Parasites & Vectors**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 63, 2016a. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1340-9>

MARCANTONIO, Matteo *et al.* First assessment of potential distribution and dispersal capacity of the emerging invasive mosquito *Aedes koreicus* in Northeast Italy. **Parasites and Vectors**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–19, 2016b. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1340-9>

MOUILLOT, David; GEORGE-NASCIMENTO, Mario; POULIN, Robert. How parasites divide resources: A test of the niche apportionment hypothesis. **Journal of Animal Ecology**, [s. l.], v. 72, n. 5, p. 757–764, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00749.x>

MS (SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE). Dengue CID 10: A90. **Guia de Vigilância Epidemiológica**, [s. l.], p. 1–22,

O'MEARA, G F *et al.* Exotic tank bromeliads harboring immature *Aedes albopictus* and *Aedes bahamensis* (Diptera: Culicidae) in Florida. **Journal of vector ecology**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 216–224, 1995.

PECH-MAY, Angélica *et al.* Population genetics and ecological niche of invasive *Aedes albopictus* in Mexico. **Acta Tropica**, [s. l.], v. 157, p. 30–41, 2016. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.01.021>

PEREIRA COSTA, Izaura Cristina Nunes. Abordagem Metodológica Ecologia Da Paisagem: Origem, Enfoque E Técnicas De Análise. **Boletim de Geografia**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 91–105, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v38i1.43257>

PERRIN, Antoine; GLAIZOT, Olivier; CHRISTE, Philippe. Worldwide impacts of landscape anthropization on mosquito abundance and diversity: A meta-analysis. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 28, n. 23, p. 6857–6871, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.16406>

SAKAI, Ann K *et al.* The Population Biology of Invasive Species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 305–332, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114037>

SALLAM, Mohamed F *et al.* **Systematic Review: Land Cover, Meteorological, and Socioeconomic Determinants of Aedes Mosquito Habitat for Risk Mapping**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph14101230>

SANZ-AGUILAR, Ana *et al.* The empty temporal niche: breeding phenology differs between coexisting native and invasive birds. **Biological Invasions**, [s. l.], v. 17, n. 11, p. 3275–3288, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0952-x>

TURNER, Monica G. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. **Ecology**, [s. l.], v. 91 10, p. 2833–2849, 2010.

WALSH, J F; MOLYNEUX, D H; BIRLEY, M H. Deforestation: effects on vector-borne disease. **Parasitology**, [s. l.], v. 106, n. S1, p. S55–S75, 1993. Disponível em: <https://doi.org/DOI: 10.1017/S0031182000086121>

WEAVER, Scott C.; REISEN, William K. **Present and future arboviral threats**. [S. l.: s. n.], 2010. ISSN 01663542.v. 85 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2009.10.008>

WILKINSON, David A. *et al.* Habitat fragmentation, biodiversity loss and the risk of novel infectious disease emergence. **Journal of the Royal Society Interface**, [s. l.], v. 15, n. 149, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0403>

DE MELO XIMENES, Maria de Fátima Freire *et al.* Arbovirus expansion: New species of culicids infected by the Chikungunya virus in an urban park of Brazil. **Acta Tropica**, [s. l.], v. 209, p. 105538, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105538>

FERREIRA-DE-LIMA, Victor Henrique *et al.* The Asian tiger mosquito in Brazil: Observations on biology and ecological interactions since its first detection in 1986. **Acta tropica**, Netherlands, v. 205, p. 105386, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105386>

LAPORTA, Gabriel Z *et al.* **Global Distribution of Aedes aegypti and Aedes albopictus in a Climate Change Scenario of Regional Rivalry**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects14010049>

PULLIAM, H. Ronald. On the relationship between niche and distribution. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 349–361, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00143.x>

TRAN, Annelise *et al.* **A Rainfall- and Temperature-Driven Abundance Model for Aedes albopictus Populations**. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph10051698>

VEGA-RÚA, Anubis *et al.* Vector competence of *Aedes albopictus* populations for chikungunya virus is shaped by their demographic history. **Communications biology**, England, v. 3, n. 1, p. 326, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s42003-020-1046-6>