

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO ENTOMOLOGIA

Mário Luis Pessôa Guedes

**ANÁLISE DE FATORES REGULATÓRIOS NA VARIAÇÃO
INTERPOPULACIONAL E NA COMPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES DE
CULICIDAE (DIPTERA)**

CURITIBA
2014

Mário Luis Pessoa Guedes

**ANÁLISE DE FATORES REGULATÓRIOS NA VARIAÇÃO
INTERPOPULACIONAL E NA COMPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES DE
CULICIDAE (DIPTERA)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas Área de Concentração em Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Mário Antônio Navarro da Silva
Co-orientador: Prof. Dr. Mauricio O. Moura

CURITIBA
2014

MÁRIO LUIS PESSÔA GUEDES

“CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DE FATORES ESPACIAIS E AMBIENTAIS NA
VARIAÇÃO INTERPOPULACIONAL E NA COMPOSIÇÃO DAS
COMUNIDADES DE CULICIDAE (DIPTERA)”

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de “Doutor em
Ciências”, no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Área de
Concentração em Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, pela
Comissão formada pelos professores:



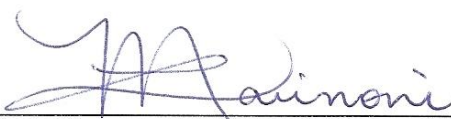
Prof. Dr. Mário Antônio Navarro da Silva (Orientador)
(UFPR)



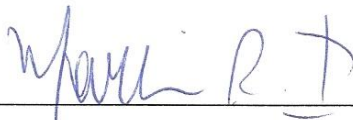
Prof. Dr. Paulo Roberto Urbinatti
(USP)



Dr. Allan Martins da Silva
(SESA/PR)



Profa. Dra Luciane Marinoni
(UFPR)



Prof. Dr. Márcio Roberto Pie
(UFPR)

Curitiba, 22 de setembro de 2014.

“Dimidium facti qui coepit habet: sapere aude.”

Quintus Horatius Flaccus 65 a.C.-8 a.C.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Dr. Mário Antônio Navarro da Silva e Dr. Mauricio O. Moura, pela orientação e apoio.

Ao pesquisador Dr. Allan Martins da Silva (SESA/PR), por ceder parte dos dados biológicos utilizados na presente tese, participar da banca examinadora e acrescentar valiosas contribuições ao manuscrito.

A meus familiares, amigos e colegas de laboratório e do Programa de Pós-graduação e todos os outros que conviveram no ambiente de trabalho e fora dele.

Aos discentes e funcionários do Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia, pelo embasamento teórico, prático e apoio logístico.

Aos membros da banca examinadora: Prof. Dr. Paulo Roberto Urbinatti (USP), Prof. Dr. Márcio Roberto Pie (UFPR), Prof^a. Dr^a. Luciane Marinoni (UFPR), Prof^a. Dr^a. Cibele S. Ribeiro-Costa (UFPR).

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos referente ao período do doutorado.

As equipes de técnicos das Secretarias de Saúde dos municípios estudados, e aos pesquisadores da Rede Nacional de Monitoramento da Resistência de “*Aedes aegypti*” a inseticidas (MoReNAa), que integra o Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD), pela obtenção de ovos de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* L. (Diptera, Culicidae), proporcionando a realização de uma parte deste estudo.

A todos aqueles aqui não lembrados ou mencionados que fizeram e fazem parte desta trajetória.

Dedico este documento à Helena de Araújo Pessoa Guedes e Irene Chandoha.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	3
CAPÍTULO I.....	1
RESUMO	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	10
2.1.1 Geral	10
2.1.2 Específicos.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Revisão Histórica	11
3.2. Área de estudo.....	15
3.3. Análises estatísticas.....	19
4. RESULTADOS	25
4.1. Registros de Culicidae no espaço geográfico do Estado do Paraná.....	25
4.2. Riqueza de espécies de Culicidae.....	31
5. DISCUSSÃO	41
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
7. REFERÊNCIAS	52
CAPÍTULO II.....	7
RESUMO	7
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO.....	67
2. OBJETIVOS.....	70
2.1. Geral	70
2.2. Específicos.....	70
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	71
4. RESULTADOS	78
5. DISCUSSÃO	87
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
7. REFERÊNCIAS	91

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I:

- Figura 1.** Distribuição dos registros de levantamentos de Culicidae no Estado do Paraná que formaram a base de dados utilizada nas análises de estrutura de comunidades. Os números (coluna “Id”) identificam cada município, as áreas escuras representam os municípios amostrados que foram utilizados para compor a matriz das análises. 14
- Figura 2.** Divisão geográfica do Estado do Paraná, Brasil. Adaptado de Maack (2012), IBGE (1993), Cartográfica IAP (1999), S.O.S. Mata Atlântica (2000). 1515
- Figura 3.** Paisagens e cobertura vegetal original do Estado do Paraná. Adaptado de Maack (2012), IBGE (1993), Base Cartográfica IAP (1999), S.O.S. Mata Atlântica (2000). 17
- Figura 4.** Divisão climática do Estado do Paraná. Adaptado de Maack (2012), IBGE (1993), Base Cartográfica IAP (1999), S.O.S. Mata Atlântica (2000). 18
- Figura 5.** Número de artigos publicados informando a deposição de exemplares de Culicidae coletados no Estado do Paraná em coleções científica. N/D – Não depositado ou não informado; DZUP/UFPR – Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná; FSP-USP – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo; IOC- FIOCRUZ – Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro; UEL – Universidade Estadual de Londrina, Paraná. 30
- Figura 6.** Riqueza total de espécies registradas para as diferentes fitofisionomias e unidades geográficas no Paraná, Brasil. As siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e os números determinam o planalto (0- planície litorânea; 1-primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto).. 31
- Figura 7.** Riqueza específica de espécies registradas para as diferentes fitofisionomias e unidades geográficas no Paraná, Brasil. As siglas correspondem a fitofisionomia

(FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e os números as unidades geográficas (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto)..... 32

Figura 8. Ordenação das comunidades de Culicidae do Estado do Paraná através de Análise de agrupamento baseado na distância de Jaccard (correlação cofenética = 0,8503). Os números que seguem as cidades determinam o planalto (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto), e as siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e, as cores, distinguem as cidades de um mesmo planalto, mas com fitofisionomias diferentes.. 37

Figura 9. Escores dos municípios nos dois primeiros eixos de variação da análise de coordenadas principais (PCO) – PCO1=17% da variação total. PCO2 =14% da variação total. Os números que seguem as cidades determinam o planalto (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto), e as siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e, as cores, distinguem as cidades de um mesmo planalto, mas com fitofisionomias diferentes.. 38

Figura 10. Contribuição relativa (% de explicação) das variáveis ambientais e espaciais, e os componentes partilhados para explicar a variabilidade da distribuição de Culicidae e componente não explicado... 39

CAPÍTULO II:

Figura 1. Brasil. Distribuição das populações de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* obtidas de oito municípios brasileiros (flo- Florai; mar- Maringá; jac- Jacarezinho; ron- Rondonópolis; bga –Barra do Garças; sin- Sinop; jru- Jarú; gmi- Guajará-Mirim)..... 71

Figura 2. Posição dos 22 marcos anatômicos utilizados na asa direita de fêmeas de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* utilizados para as análises morfométricas.. 73

- Figura 3.** *Wireframe* das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), primeiro (PC1) componente principal, quadrante positivo. O *wireframe* em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma. 78
- Figura 4.** *Wireframe* das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), primeiro (PC1) componente principal, quadrante negativo. O *wireframe* em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma. 79
- Figura 5.** *Wireframe* das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), segundo (PC2) componente principal, quadrante positivo. O *wireframe* em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma. 79
- Figura 6.** *Wireframe* das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), segundo (PC2) componente principal, quadrante negativo. O *wireframe* em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma. 80
- Figura 7.** Análise de Variáveis Canônicas utilizando a forma das asas das nove populações estudadas. As cores apenas representam as populações. (bga - Barra do Garças, flo - Floraí, gmi - Guajará-Mirim, jac - Jacarezinho, jru - Jarú, mar - Maringá, rok - Rockefeller, ron - Rondonópolis, sin - Sinop). Ver figura 1 para a distribuição geográfica dessas populações. 80
- Figura 8.** *Wireframe* das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de variáveis canônicas (CVA) primeira (CV1) variável canônica, quadrante positivo. O *wireframe* em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma. 81
- Figura 9.** *Wireframe* das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de variáveis canônicas (CVA) primeira

(CV1) variável canônica, quadante negativo. O *wireframe* em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma..... 82

Figura 10. *Wireframe* das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de variáveis canônicas (CVA) segunda (CV2) variável canônica, quadante positivo. O *wireframe* em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma..... 82

Figura 11. *Wireframe* das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de variáveis canônicas (CVA) segunda (CV2) variável canônica, quadante negativo. O *wireframe* em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma..... 83

Figura 12. Análise de Variáveis Canônicas e o *status* de susceptibilidade a inseticida organofosforado, representados em dois níveis, populações susceptíveis (em verde) e populações resistentes (em vermelho). Populações amostradas: Guajará-mirim (gmi), Jacarezinho (jac), Jarú (jru), Maringá (mar), Rondonópolis (ron) e Sinop (sin). Ver figura 1 para a distribuição geográfica dessas populações. 84

Figura 13. Primeiro eixo da análise PLS (two-block partial least-squares Analysis). Correlação entre as variáveis de forma (Block 1 PLS1) e variáveis abióticas (Block 2 PLS1): Barra do Garças (bga), Guajará-mirim (gmi), Jacarezinho (jac), Jarú (jru), Maringá (mar), Rondonópolis (ron) e Sinop (sin); sinais negativos (verde - susceptível) e positivos (vermelho - resistente) ao lado de cada população representam o *status* de susceptibilidade. 86

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I:

- Tabela I.** Lista de municípios do Paraná, utilizados neste estudo, onde foram realizadas coletas de Culicidae no período de 1970 até 2014, seguidas dos autores e ano. 12
- Tabela II.** Relação dos municípios do Estado do Paraná amostrados e sua notação com os descritores geográficos e de formação florestal. 20
- Tabela III.** Variáveis climáticas utilizadas obtidas do banco de dados climáticos Wordclim (Bioclim) obtidas através do programa DIVA-GIS 7.4.0 e sua descrição e a resolução temporal. 22
- Tabela IV.** Espécies de Culicidae registradas, com base na literatura de 1970 até 2014, abrangendo todas as espécies descritas para o Estado do Paraná e coletadas por diversas técnicas. 25
- Tabela V.** Ocorrência das espécies registradas em mais de uma fitofisionomia e unidade geográfica no Paraná, Brasil. Os nomes das espécies foram ordenados de acordo com a ocorrência e frequência das espécies nos planaltos e fitofisionomias..... 33
- Tabela VI.** Ocorrência das espécies de Culicidae registradas em uma fitofisionomia e/ou unidade geográfica no Paraná, Brasil. A ordenação dos nomes deu-se pela ocorrência entre os planaltos e fitofisionomias, em caracteres crescentes, de leste a oeste do Estado. 35
- Tabela VII.** Partição da contribuição relativa da fitofisionomia e da variação geográfica na estruturação de comunidades de Culicidae no estado do Paraná, pela análise de variância multivariada por permutação (PERMANOVA). 39
- Tabela VIII.** Tabela de partição de variâncias (RDAP) das frações espaciais e ambientais. 40

CAPÍTULO II:

- Tabela I.** Número de exemplares de *Stegomyia (Stg.) aegypti* amostrados, razão de resistência (RR_{95}) e *status* de susceptibilidade ao larvicida organofosforado temephós em cada população analisada..... 72

Tabela II. Descrição* dos 22 marcos anatômicos (LM) inseridos na asa de <i>St. (Stg.) aegypti</i>	74
Tabela III. Variáveis climáticas utilizadas grau de associação entre as variáveis ambientais e as de forma, obtidas do banco de dados climáticos Wordclim (Bioclim) obtidas através do programa DIVA-GIS 7.4.0 e sua descrição e resolução temporal.....	75
Tabela IV. Distâncias de Mahalanobis entre as populações (triângulo inferior) e Percentuais de acerto e confiabilidade na separação das populações obtida através da validação cruzada da Análise discriminante	83
Tabela V. Coeficientes do PSL1. Incluindo as 19 variáveis climáticas extraídas do Bioclim e latitude e longitude as populações.	85

LISTA DE ABREVIATURAS

- ANOVA** – *Analysis of Variance* (análise de variância);
- bga** – Município de Barra do Garças, Mato Grosso;
- Bioclim** – *Wordclim – Global Climate Data*;
- CDC** – *Centers for Disease Control*;
- CVA** – *Canonical Variate Analysis* (análise de variáveis canônicas);
- CVs** – *Canonical Variables* (eixos canônicos);
- DFA** – *Discriminant Function Analysis* (análise de função discriminante);
- DZUP/UFPR** – Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná;
- FAPESP** – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo;
- FES** – Floresta Estacional Semidecidual;
- flo** – Município de Floraí, Paraná;
- FOD** – Floresta Ombrófila Densa;
- FOM** – Floresta Ombrófila Mista;
- FSP – USP** – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo;
- gmi** – Município de Guajará – Mirim, Rondônia;
- GMM** – *Geometric Morphometrics* (Morfometria Geométrica);
- GPA** – *Generalized Procrustes Analysis* (análise generalizada de *Procrustes*);
- IOC – FIOCRUZ** – Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro;
- jac** – Município de Jacarezinho, Paraná;
- jru** – Município de Jarú, Rondônia;
- KOH** – hipoclorito de sódio;
- LM** – *landmark* (marco anatômico);
- MANOVA** – *Multivariate Analysis of Variance* (análise de variância multivariada);
- mar** – Município de Maringá, Paraná;
- MoReNAa** – Rede Nacional de Monitoramento da Resistência de *Aedes aegypti* a inseticidas;
- PAST** – *Paleontological Statistics Software*;
- PC's** – *Principal Components* (componentes principais);
- PCA** – *Principal Component Analysis* (análise de componentes principais);
- PCNM** – *Principal Coordinate Analysis of Neighbour Matrices* (Análise de Coordenadas Principais de Matrizes Vizinhas);
- PCO** – *Principal Coordinate Analysis* (análise de coordenadas principais);

PERMANOVA – *Permutational Multivariate Analysis of Variance Using Distance Matrices* (análise permutacional de variância multivariada);

PLS – *Two block Partial Least – Squares Analysis*;

PNCB – Programa Nacional de Controle da Dengue;

pRDA – *Partial Redundancy Analysis* (análise de redundância parcial);

Rok – Rockfeller;

ron – Município de Rondonópolis, Mato Grosso;

SESA/PR – Secretaria de Saúde do Estado do Paraná;

sin – Município de Sinop, Mato Grosso;

UEL – Universidade Estadual de Londrina, Paraná;

UPGMA – *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*;

UR% – Umidade relativa.

RESUMO GERAL

Os padrões de ocorrência e distribuição de espécies biológicas são formados pelas respostas dos indivíduos a mecanismos como competição, predação e fatores abióticos. A análise das relações entre descritores estruturais das comunidades (riqueza e abundância) com parâmetros de complexidade do hábitat e distribuição espacial de recursos é uma forma de quantificar a influência dessas variáveis na ocorrência e distribuição de espécies. A contínua e intensa degradação ambiental pode influenciar no comportamento, capacidade vetorial e outras características da população de diferentes espécies de Culicidae, sendo estratégico determinar quais os fatores responsáveis pela estruturação das comunidades, a escala em que estes fatores atuam, bem como o papel da evolução na formação destes padrões. Esta tese intitulada “Análise de fatores regulatórios na variação interpopulacional e na composição das comunidades de Culicidae (Diptera)” é dividida em dois capítulos com objetivos que contemplam duas escalas de análise (comunidade e população) buscando determinar como as variáveis ambientais e espaciais influenciam nos processos ecológicos. No primeiro capítulo, “Influência de fatores ambientais e espaciais na composição das comunidades de Culicidae (Diptera) no Estado do Paraná”, testa-se o papel relativo de características do espaço e do ambiente na estruturação das comunidades de Culicidae no Estado do Paraná. Como resultados principais, foi registrada para o Estado do Paraná a ocorrência de 188 espécies de Culicidae, em 48 municípios. A Floresta Ombrófila detém maior número de espécies similares, enquanto a Floresta Estacional Semidecidual possui a diversidade mais elevada. Não há evidência que a dispersão altera a dinâmica que foi encontrada dentro da área estudada indicando que as comunidades foram estruturadas pela história de vida e de habitat. O segundo capítulo, “Variação interpopulacional de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* L. (Diptera, Culicidae) em três regiões do Brasil”, estima-se qual o papel das variáveis ambientais e climáticas na estruturação fenotípica da população ao longo do território nacional. Sendo que as alterações na forma encontradas distribuem-se da base ao ápice da asa, e de maneira geral. A variação no formato das asas indica que a alteração no fenótipo dos indivíduos é uma resposta à pressão local do ambiente e da ação antrópica.

Palavras chave: Distribuição de espécies, Fatores Abióticos, Estruturação fenotípica, Pressão de seleção.

ABSTRACT

The patterns of occurrence and distribution of biological species are formed by the responses of individuals to mechanisms such as competition, predation and abiotic factors. The analysis of the relationship between structural descriptors community (richness and abundance) with complexity parameters of habitat and spatial distribution of resources is a way to quantify the influence of these variables on the occurrence and distribution of species. The continued and the intense environmental change can affect behavior, vectorial capacity and other characteristics of the population of different species of Culicidae, wherein strategic to determine which factors are responsible for the structuring of communities, the scale at which these factors act as well the role of evolution in the formation of these standards. This thesis entitled "Analysis of regulatory factors in inter-population variation and on composition of Culicidae communities (Diptera)" is divided into two chapters with goals that include two scales of analysis (community and population) seeking to determine how the environmental and spatial variables influence in ecological processes. In the first chapter, "The influence of environmental and spatial factors in the composition of communities Culicidae (Diptera) in Paraná," we test the relative role of space and environment characteristics in the structuring of Culicidae communities in the state of Paraná. As main results were recorded for the State of Paraná the occurrence of 188 species of Culicidae, in 48 municipalities. The Rain Forest holds larger number of similar species, while the Semideciduous Forest has the highest diversity. There is no evidence that the dispersion changes the dynamics found within the study area indicating that communities were structured by life history and habitat. The second chapter, "Interpopulational variation of *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* L. (Diptera, Culicidae) in three regions of Brazil," it is estimated the role of environmental and climate variables in the phenotypic structure of the population throughout the country. The changes in the form found are distributed from the base to the apex of the wing, and in general way. The variation in the shape of wings indicates that the change in the phenotype of individuals is a response to local pressure of the environment and human activities.

Keywords: Species distribution, Abiotic factors, Phenotypic structure, Selection pressure.

INTRODUÇÃO GERAL

Os padrões de ocorrência e distribuição de espécies biológicas são formados pelas respostas dos indivíduos às variações do ambiente e do espaço (Leibold *et al.* 2004). Mecanismos como competição, predação e fatores abióticos podem gerar esses padrões (Tilman 1987). No entanto, o papel de cada mecanismo pode variar em diferentes escalas (Cottenie *et al.* 2003, Cottenie 2005), interligando fenômenos ecológicos e evolutivos (Ricklefs 1987).

A diversidade local é resultado da relação direta entre a heterogeneidade do ambiente e as interações entre as espécies e define os limites do espaço e o nicho que pode ser ocupado (MacArthur & MacArthur 1961). Assim, a análise das relações entre descritores estruturais das comunidades (riqueza e abundância) com parâmetros de complexidade do hábitat e distribuição espacial de recursos, é uma forma de quantificar a influência de cada uma dessas variáveis na ocorrência e distribuição de espécies, e, portanto, identificar possíveis mecanismos causais (Borcard *et al.* 1992).

O conhecimento de padrões de distribuição e abundância de Culicidae é, em grande parte, associado a espécies epidemiologicamente importantes (Forattini 2002, Lewinsohn *et al.* 2005), que correspondem à apenas 5% do total de espécies descritas da família (Rueda 2008). Estes estudos em escala local, embora fundamentais, não fornecem informações sobre como as comunidades de Culicidae são reunidas regionalmente. No entanto, embasam as pesquisas que visam analisar informações já obtidas, a fim de descrever padrões mais amplos de distribuição e os mecanismos envolvidos nessa relação.

Tendo em vista a contínua que a intensa mudança ambiental pode influenciar no comportamento, capacidade vetorial e outras características da população de diferentes

espécies de Culicidae, é estratégico determinar quais os fatores responsáveis pela estruturação das comunidades, a escala em que estes fatores atuam, bem como o papel da evolução na formação destes padrões.

Esta tese intitulada “**Análise de fatores regulatórios na variação interpopulacional e na composição das comunidades de Culicidae (Diptera)**” é um estudo apresentado ao Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia, essencial para a obtenção de grau de Doutor. O presente documento foi dividido em dois capítulos com objetivos que contemplam duas escalas de análise (comunidade e população) buscando determinar como as variáveis ambientais e espaciais influenciam nos processos ecológicos.

Assim, cada um destes capítulos contém um manuscrito científico, com citações e referências bibliográficas, organizadas e editadas nas instruções do periódico científico Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.

Para padronizar a nomenclatura das espécies de Culicidae foi utilizada, para as abreviações dos gêneros e subgêneros, Reinert (2001), e a classificação taxonômica seguiu o proposto pelo Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU 2013).

No primeiro capítulo, “**Influência de fatores ambientais e espaciais na composição das comunidades de Culicidae (Diptera) no Estado do Paraná**”, testa-se o papel relativo de características do espaço e do ambiente na estruturação das comunidades de Culicidae no Estado do Paraná.

Já o segundo capítulo, intitulado “**Variação interpopulacional de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* L. (Diptera, Culicidae) em três regiões do Brasil**”, estima-se qual o papel das variáveis ambientais e climáticas na estruturação fenotípica da população ao longo do território nacional.

REFERÊNCIAS

- Bocard D, Legendre P, Drapeau P 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73(3): 1045-1055.
- Cottenie K 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecol Lett* 8: 1175-1182.
- Cottenie K, Michels E, Nuytten N, Meester L 2003. Zooplankton metacommunity structure: regional vs. local processes in highly interconnected ponds. *Ecology* 84: 991-1000.
- Forattini OP 2002. *Culicidologia Médica*, São Paulo, EDUSP, 864p.
- Leibold MA, Holyoak M, Mouquet M, Amarasekare PJ, Chase M, Hoopes MF 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecol Lett* 7: 601- 613.
- Lewinsohn TM, Freitas AVL, Prado PI 2005. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. *Megadiversidade* 1(1): 62-69.
- MacArthur RH, MacArthur JW 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- Reinert JF 2001. Revised list of abbreviations for genera and subgenera of Culicidae (Diptera) and notes on generic and subgeneric changes. *J Am Mosquito Contr* 17: 51-55.
- Ricklefs RE 1987. Community diversity: relative roles of local and regional process. *Science* 235(4785): 167-171.
- Rueda LM 2008. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 477-487.
- Tilman D 1987. The Importance of the Mechanisms of Interspecific Competition. *The American Naturalist* 129(5): 769-774.
- WRBU - Walter Reed Biosystematics Unit [homepage on the Internet] [updated 2013 Oct 27; cited 2014 Jul 5]. Available from: <http://www.wrbu.org/>.

CAPÍTULO I

Influência de fatores ambientais e espaciais na composição das comunidades de Culicidae (Diptera) no Estado do Paraná

RESUMO

As crescentes e intensas mudanças ambientais, causadas tanto por fatores naturais quanto pela pressão antrópica, podem influenciar no comportamento, capacidade vetorial e outras características ecológicas das populações de Culicidae. Assim, é necessário compreender as possíveis razões pelas quais os táxons estão ausentes ou presentes em determinadas regiões de sua área de distribuição ou de que forma são reunidos e diferenciam-se no espaço geográfico. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi determinar os possíveis mecanismos que estruturam as comunidades de Culicidae, em escala regional. As análises foram realizadas a partir dos registros de ocorrência de Culicidae em artigos e notas científicas, com informações sobre a distribuição das espécies no Estado do Paraná, além de espécimes depositados na Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure, sendo parte desse material oriundo da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. Para determinar a estrutura geral das comunidades, foi utilizada uma análise de agrupamento e para determinar a relação entre as elas, uma análise de coordenadas principais. A dissimilaridade entre os municípios foi calculada por meio de uma matriz binária de ocorrência das espécies. Para verificar se as comunidades se estruturam quanto à fitofisionomia ou a geografia do Paraná, foi utilizada uma análise permutacional de variância multivariada. Como matriz resposta foi utilizada a ocorrência de espécies por municípios e, como matrizes preditoras, a distância geográfica entre as comunidades (matriz espacial) e a distância entre os atributos de clima dos municípios (matriz ambiental). Além da variação climática, as comunidades foram classificadas de acordo com a formação fitofisionômica da área de amostragem. Foram identificadas na área de abrangência do Estado do Paraná 188 espécies de Culicidae, em 48 municípios, sendo que um terço das espécies tem distribuição restrita e presença assinalada uma única vez. A Floresta Ombrófila (Densa e Mista) detém maior número de espécies similares, enquanto a Floresta Estacional Semidecidual possui a diversidade mais elevada. As espécies *Oc. (Och.) crinifer* e *Oc. (Pro.) serratus* são generalistas, ocorrendo em todas as formações geográficas e fitofisionômicas. As espécies *Oc. (Och.) scapularis*, *Cx. (Cux.) quinquefasciatus*, *Cq. (Ryn.) chrysonotum*, *Gc. (Hor.) fluviatilis*, *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *Ps. (Jan.) ferox*, *Ps. (Jan.) champerico*, *Sl. hortator* e *Li. durhamii* podem ocorrer em qualquer área do Estado, desde que as condições básicas de sobrevivência sejam oferecidas. Não há evidência que a dispersão (distância) altera a dinâmica que foi encontrada dentro da área (escala espacial) estudada. Estes resultados indicam que as comunidades de mosquitos foram estruturadas pela história de vida e de habitat.

Palavras chave: Diversidade beta, Estrutura de comunidades, Macroecologia, Vetores.

ABSTRACT

The increasing and intense environmental change can affect behavior, vectorial capacity and other ecological characteristics of Culicidae populations. Thus, it is necessary to understand the possible reasons why taxa are absent or present in certain regions of their range area or how they are gathered and differ in geographic space. In this context, the aim of this investigation was to determine the possible mechanisms that structure Culicidae communities, on a regional scale. The analyzes were structured from the records of Culicidae occurrence in articles and scientific notes, with information on the distribution of species in the State of Paraná, and specimens deposited in Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure and in Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. To determine the overall Culicidae community structure, it was used an analysis of clustering and to determine the relationship between communities, a principal coordinate analysis. The dissimilarity between municipalities was calculated by binary matrix of species occurrence. To verify if communities are structured according to type vegetation or Paraná geography, one permutation multivariate analysis of variance was used. As response matrix, it was used the species occurrence by municipalities and, as predictors matrices, geographic distance among communities (espacial matrix) and the distance among municipalities climate attributes (environmental matrix). Further on climate change, communities were classified according to the phytophysiological of the sampling area. There were 188 species of Culicidae indentified in the coverage area of Paraná state, in 48 municipalities, and one third of the species has restricted distribution and presence marked only once. Rain Forest (Dense and Mixed) has highest numbers of similar species, while Seasonal Semideciduous Forest has the highest diversity. The species *Oc. (Och.) crinifer* and *Oc. (Pro.) serratus* are generalists, occurring in all geographic and phytophysiological formations. The species *Oc. (Och.) scapularis*, *Cx. (Cux.) quinquefasciatus*, *Cq. (Ryn.) chrysonotum*, *Gc. (Hor.) fluviatilis*, *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *Ps. (Jan.) ferox*, *Ps. (Jan.) champerico*, *Sl. hortator* and *Li durhamii* can occur in any area of State, since basic conditions of survival are offered. There is no evidence that dispersion (distance) changes the dynamic that was found inside the area (spatial scale) studied. These results indicate that mosquitoes communities were structured by life history and habitat.

Keywords: Beta diversity, Community structure, Macroecology, Vectors.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da associação entre Culicidae e o meio antrópico inicia-se no século XVII (Forattini 2002). Contudo, somente a partir do século XIX surgiram as primeiras comprovações sobre o papel desses insetos no ciclo etiológico de enfermidades (Gillett 1943).

Cerca de 30% da fauna de Culicidae é restrita à Região Neotropical, sendo que aproximadamente 3.670 espécies são conhecidas (Harbach 2007, Rueda 2008, WRBU 2013). Atualmente, mais de 40 espécies de Culicidae são adaptadas ao ambiente antrópico e também envolvidas em diferentes ciclos epidemiológicos de enfermidades (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Forattini 2002, Guedes 2012). No Brasil, inicialmente, as pesquisas destinavam-se a identificar os componentes da fauna de Culicidae e descrever as características ecológicas e biológicas de espécies com importância epidemiológica. Estes estudos estavam concentrados nas áreas de ocorrência de certas enfermidades, como, por exemplo, malária, febre amarela e filariose bancroftiana, especialmente no bioma Amazônico, Mata Atlântica e Pantanal (Theobald 1901, Lutz 1905, Peryassú 1922, Rachou & Ricciardi 1951).

A partir da década de 1950 o foco principal das pesquisas estava em espécies do subgênero *Anopheles (Kerteszia)* sp. principalmente com a necessidade de melhor conhecer *Anopheles (Kerteszia) cruzii* Dyar & Knab 1908, vetor primário de *Plasmodium* sp., no bioma de Mata Atlântica. Dessa forma, características da biologia, métodos de controle populacional, comportamento em condições naturais e laboratoriais formaram o escopo teórico desenvolvido nesse período (Veloso *et al.* 1956a e 1956b, Aragão 1964, 1974). Esses trabalhos objetivaram esclarecer aspectos referentes à determinação da longevidade, idade fisiológica, grau de sinantropia e resistência a inseticidas (Consolim *et al.* 1979, Luz *et al.* 1979).

Na região norte do Estado do Paraná, pesquisas com objetivos de ampliar o conhecimento da biologia de *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root 1926 comprovaram o papel deste anofelino como vetor de *Plasmodium* sp. (Rachou & Garbelini-Junior 1950, Andrade *et al.* 1954). Esta região concentra o maior número de municípios amostrados, a maior quantidade de informações relativas à ecologia de Culicidae em áreas urbanas, rurais e florestais, bem como a pesquisa de criadouros artificiais de origem antrópica e naturais, possivelmente porque a área apresenta-se receptiva a diversas enfermidades transmitidas por Culicidae (Silva & Lopes 1985, Barbosa *et al.* 1993, Lopes *et al.* 1993, Lopes & Lozovei 1995, Lopes & Lozovei 1996, Silva & Menezes 1996).

No século passado, a região noroeste do Paraná, por ser área endêmica de malária, foi sistematicamente estudada com o objetivo de estimar a composição faunística, densidade populacional, sazonalidade, padrões de endofilia e endofagia de representantes do gênero *Anopheles* e outras espécies de Culicidae (Rachou *et al.* 1954, Consolim & Galvão 1973, Consolim 1974, Consolim & Fagundes 1981, Teodoro *et al.* 1994).

A capital do Estado e região metropolitana também foram alvo de estudos sobre Culicidae, com o registro de mais de nove gêneros e 20 espécies. As investigações foram concentradas na determinação dos biótipos de ocorrência de imaturos e na presença das espécies em criadouros artificiais e em áreas preservadas de mata inseridas no ambiente antrópico, representadas, principalmente, por parques municipais (Lozovei & Luz 1976, Silva & Lozovei 1999, Silva & Lozovei 1998).

Apesar de existir uma extensa bibliografia que contempla diversos aspectos do ciclo de vida de Culicidae (Forattini 2002), ainda existem questões importantes sobre a reunião e a manutenção da estrutura das comunidades. De maneira geral, a maioria das

pesquisas é em pequena escala e com foco em espécies com maior importância epidemiológica (Harback 2007, Rueda 2008). No entanto, os inventariamentos da fauna formam um mosaico de áreas de ocorrência pontual das espécies, mas que podem revelar muita informação sobre a influência de fatores abióticos e interações bióticas sobre a estrutura local destas comunidades (Brown 1995), se estudadas em conjunto.

No estudo da dinâmica das populações dos Culicidae não existe uma síntese atual (Forattini 2002), e ainda há muito para explorar de forma exaustiva, conectando a dinâmica, a estrutura das populações e a distribuição das espécies.

Para compreender como a diversidade é gerada e mantida existe a necessidade de se determinar como as comunidades são reunidas (Ricklefs 1987, Weither & Keddy 1999, Chase 2003). Neste contexto é possível que as metacomunidades sejam reunidas por processos que agem localmente e/ou em escala regional (Leibold *et al.* 2004). Por outro lado, a dinâmica pode não ser determinística, e as espécies podem ser todas equivalentes, implicando que processos em escala regional sejam os mecanismos que produzem a estrutura, como por exemplo, a limitação de dispersão, a especiação e extinção aleatória (Hubbell 2001).

Estudos detalhados sobre a estruturação geográfica e de como as espécies responderam, evolutiva e ecologicamente, às mudanças geológicas e aos padrões fitogeográficos são necessários para avaliar o papel que estas variações possuem na estrutura atual das comunidades. Tendo em vista a contínua e intensa mudança ambiental que pode influenciar no comportamento, capacidade vetorial e outras características da população de diferentes espécies da família, é estratégico determinar quais fatores, bem como a escala em que estes fatores atuam e o papel da evolução na formação destes padrões.

2. OBJETIVOS

2.1.1 Geral

Verificar se fatores ambientais e espaciais são determinísticos para explicar a estrutura da comunidade de Culicidae em escala regional, ou se estão associados com variáveis bióticas ou abióticas de caráter local.

2.1.2 Específicos

- Analisar a composição das comunidades de Culicidae, de ambiente silvestre, de acordo com padrões de variáveis ambientais e espaciais.
- Descrever a composição da comunidade de Culicidae nas diferentes paisagens geográficas e fitofisionômicas do Estado do Paraná, Brasil;
- Testar o papel relativo de alguns fatores ambientais e espaciais na estruturação das comunidades de Culicidae.
- Discutir os resultados a luz da importância epidemiológica das principais espécies de Culicidae estudadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Revisão Histórica

Os registros de ocorrência de Culicidae foram obtidos a partir da pesquisa em artigos, notas científicas e livros publicados no período compreendido entre 1970 até 2014, abrangendo todas as espécies descritas para o Estado do Paraná e coletadas por diversas técnicas, entre elas, armadilha de Shannon, armadilha luminosa do tipo CDC (*Centers for Disease Control*), pesquisa larvária, atrativo humano (isca humana) e a aspiração da vegetação.

Também foram obtidas informações sobre a distribuição e ocorrência de espécies no Estado do Paraná, através do registro dos espécimes coletado pela Secretaria de Saúde do Estado do Paraná (SESA-PR) e depositados na Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure (Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná).

O acréscimo de informação na base de dados seguiu premissas no registro da ocorrência de espécies, de acordo com os seguintes critérios:

- Artigos e notas científicas publicadas;
- Estudos realizados em áreas com cobertura vegetal, independente do grau de conservação;

Desta maneira, foram utilizados 76 registros de coletas de Culicidae em 48 municípios do Estado (Tab. I e Fig. 1). No caso de municípios ($n = 11$) amostrados duas ou mais vezes por diferentes autores, as espécies registradas foram agregadas de modo a evitar a repetição de municípios. Neste caso, também foram utilizadas as coordenadas geográficas do marco zero de cada município, obtidas pela ferramenta

“info XY” do projeto *Species link* - Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a *Integração do Species Analyst* e do SinBiota (FAPESP) (<http://splink.cria.org.br/>), também utilizada quando as coordenadas não foram informadas pelos autores dos artigos.

Tabela VIII. Lista de municípios do Paraná, utilizados neste estudo, onde foram realizadas coletas de Culicidae no período de 1970 até 2014, seguidas dos autores e ano.

Id	Município	Procedência da informação
1	Adrianópolis	SESA/PR 2004-2006
2	Almirante Tamandaré	SESA/PR 2004-2006
3	Antonina	Guedes & Navarro-Silva 2014
4	Assaí	SESA/PR 2004-2006
5	Barracão	SESA/PR 2004-2006
6	Cambé	Lopes & Lozovei 1996, Lopes 1997a
7	Campina da Lagoa	SESA/PR 2004-2006
8	Campo Largo	Lozovei 1998
9	Campo Mourão	SESA/PR 2004-2006
10	Carlópolis	SESA/PR 2004-2006
11	Cerro Azul	Sallum <i>et al.</i> 2001
12	Chopinzinho	SESA/PR 2004-2006
13	Cianorte	SESA/PR 2004-2006
14	Cornélio Procópio	SESA/PR 2004-2006
15	Curitiba	Lozovei & Luz 1976 Silva & Lozovei 1998, Silva & Lozovei 1999, Barbosa <i>et al.</i> 2003, Tissot & Navarro-Silva 2004, Barbosa <i>et al.</i> 2007
16	Diamante D' Oeste	SESA/PR 2004-2006
17	Foz do Iguaçu	Consolim <i>et al.</i> 1993, Guimarães <i>et al.</i> 2003, SESA/PR 2004-2006
18	Guaíra	Teodoro <i>et al.</i> 1995, Guimarães <i>et al.</i> 1997, SESA/PR 2004-2006, Motoki <i>et al.</i> 2009
19	Guaraqueçaba	SESA/PR 2004-2006
20	Inajá	SESA/PR 2004-2006
21	Jaguariaíva	SESA/PR 2004-2006
22	Jundiá do Sul	SESA/PR 2004-2006
23	Lapa	SESA/PR 2004-2006
24	Londrina	Lopes <i>et al.</i> 1993, Lopes & Lozovei 1995, Lopes 1997b, Lopes <i>et al.</i> 2002, Zequi <i>et al.</i> 2002
25	Marechal Candido Rondon	SESA/PR 2004-2006
26	Maringá	SESA/PR 2004-2006
27	Mariópolis	SESA/PR 2004-2006
28	Matinhos	SESA/PR 2004-2006
29	Morretes	Sant'Ana & Lozovei 2001, Costa Ribeiro & Santos 2001, Calado & Navarro-Silva 2005, Santos Neto & Lozovei 2008
30	Palmas	SESA/PR 2004-2006
31	Paranaguá	Forattini & Sallum 1990, Silva <i>et al.</i> 2004, SESA/PR 2004-2006, Bona & Navarro-Silva 2008, Muller <i>et al.</i> 2008
32	Piên	SESA/PR 2004-2006

Tabela I. Continuação.

Id	Município	Procedência da informação
33	Piraquara	Anjos & Navarro-Silva 2008
34	Porto Natal	Motoki <i>et al.</i> 2011
35	Porto Rico	SESA/PR 2004-2006, Zequi & Lopes 2005, Motoki <i>et al.</i> 2011
36	Ponta Grossa	SESA/PR 2004-2006
37	Prudentópolis	SESA/PR 2004-2006
38	Quatro Barras	Lozovei 1998, Lozovei 2001
39	Roncador	SESA/PR 2004-2006
40	Santa Helena	Motoki <i>et al.</i> 2009, Motoki <i>et al.</i> 2011
41	São José dos Pinhais	Calado & Navarro Silva 2001
42	São Mateus do Sul	SESA/PR 2004-2006
43	Sertaneja	Silva 2002, SESA/PR 2004-2006
44	Terra Boa	Barbosa <i>et al.</i> 1993
45	Terra Roxa	SESA/PR 2004-2006
46	Tomazina	SESA/PR 2004-2006
47	Três Barras do Paraná	SESA/PR 2004-2006
48	União da Vitória	SESA/PR 2004-2006

Id – identificação; SESA/PR - Secretaria Estadual de Saúde do Paraná.

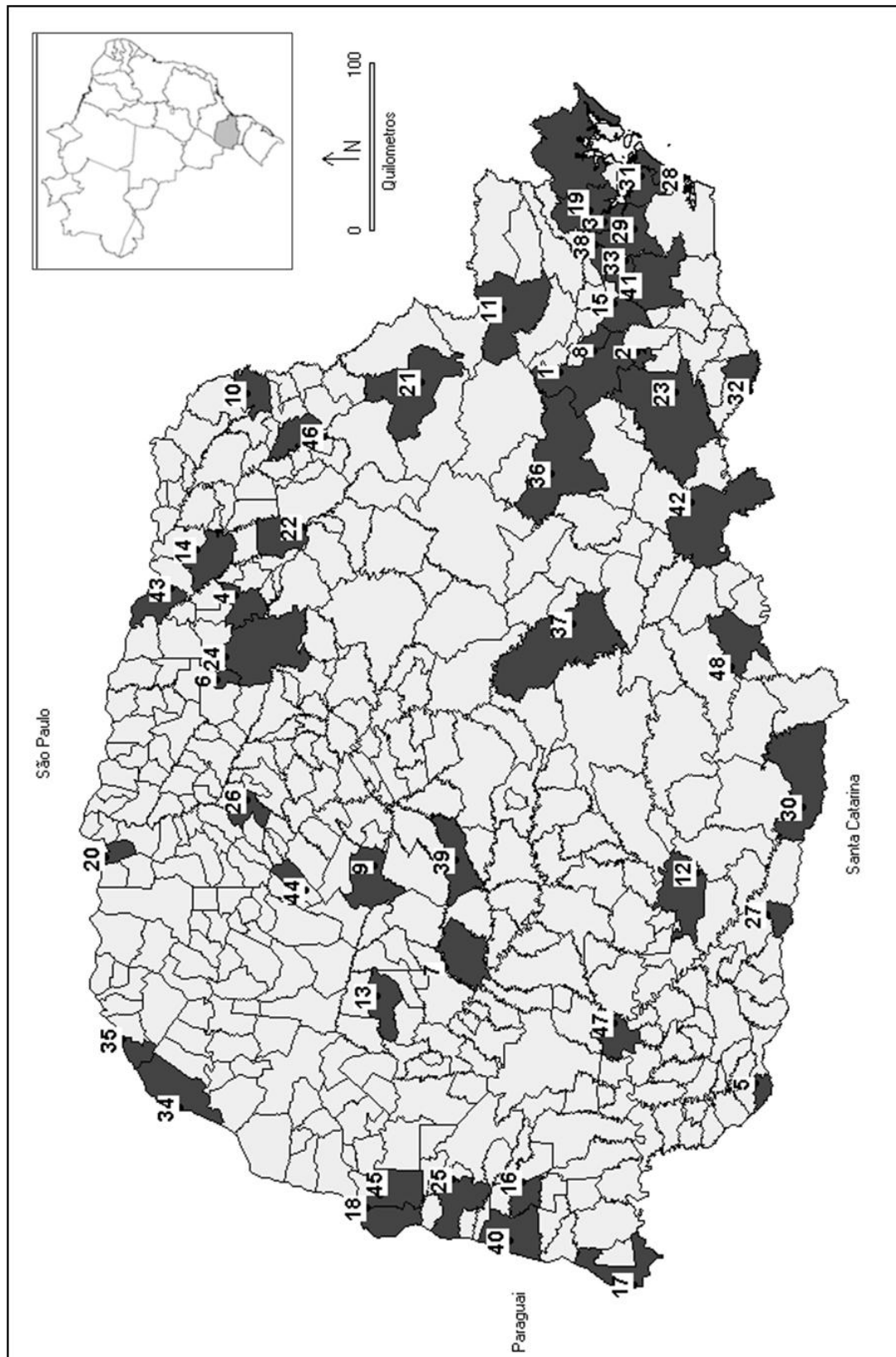


Figura 1. Distribuição dos registros de levantamentos de Culicidae no Estado do Paraná que formaram a base de dados utilizada nas análises de estrutura de comunidades. Os números (coluna “Id”) identificam cada município, as áreas escuras representam os municípios amostrados que foram utilizados para compor a matriz das análises.

3.2. Área de estudo

O território do Estado do Paraná ocupa uma área de 199.880 km², estendendo-se do litoral ao interior. Localiza-se entre as latitudes 22°42'30"N e 26°42'59"S e as longitudes a oeste do meridiano de Greenwich de 48°02'24"L e 54°37'38"O (ITCF 1987, Oka-Fiori & Cordeiro Santos 2006). Três quartos de seu território ficam abaixo do Trópico de Capricórnio. Pertence à região Sul do país e faz fronteira com os estados de São Paulo, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e dois países: Paraguai e Argentina, sendo composto por 399 municípios (Maack 2012, IBGE 1993).

O quadro morfológico é dominado por superfícies planas dispostas a grande altitude, compondo planaltos que formam as Serras do Mar e Geral. Unidades de relevo sucedem-se de leste para oeste, na seguinte ordem: planície litorânea, primeiro planalto, segundo planalto e terceiro planalto (Ab'Saber 2003) (Fig. 2).

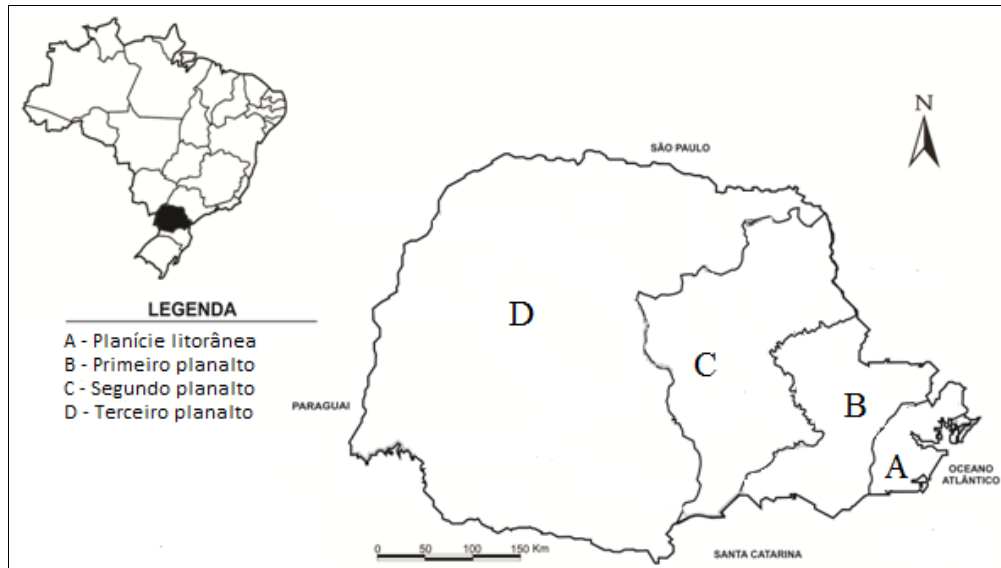


Figura 2. Divisão geográfica do Estado do Paraná, Brasil. Adaptado de Maack (2012), IBGE (1993), Cartográfica IAP (1999), S.O.S. Mata Atlântica (2000).

A planície litorânea é representada pelas terras baixas, com cerca de vinte quilômetros de largura média. Compreende terrenos baixos e inundáveis (planícies aluviais e formações arenosas). Incluindo a escarpa devoniana da “Serra do Mar”, forma

o complexo cristalino, formado no período Pré-Cambriano, que separa a Mata Atlântica do primeiro planalto. Os blocos rebaixados formam uma região serrana com vales do período terciário, com altimetria que varia de 0 a 1.000 m (IBGE 1993, Maack 2012).

Caracterizam-se como o primeiro planalto os terrenos cristalinos, de sentido norte-sul, a oeste da Serra do Mar e a leste da escarpa devoniana. É constituído por terrenos cristalinos pré-cambrianos, apresentando em algumas porções rochas sedimentares paleozóicas, como o calcário. Essa faixa de terrenos cristalinos, propriamente dita, possui uma largura média de cem metros e cerca de 900 m de altura (IBGE 1993, Maack 2012).

O segundo planalto é um patamar intermediário na sucessão dos grandes planaltos do interior. É limitado a leste pela escarpa Devoniana, com altitude média de 1.100 m, e a oeste pela escarpa Arenito-basáltico, onde a altitude média é de 800 m (IBGE 1993, Maack 2012).

Denominado de terceiro planalto, a mais extensa das unidades de relevo do Estado é limitado a leste pela Serra Geral e a oeste pelo Rio Paraná. Apresenta um declive no mesmo sentido decaindo de 1.250 m, para 300 m nas margens do rio (IBGE 1993, Maack 2012).

Quanto à fitofisionomia, o Estado é separado em três grandes unidades vegetacionais: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual. Contudo, também existem fragmentos menores de Campos e Cerrados (Roderjan *et al.* 2002) (Fig. 3).

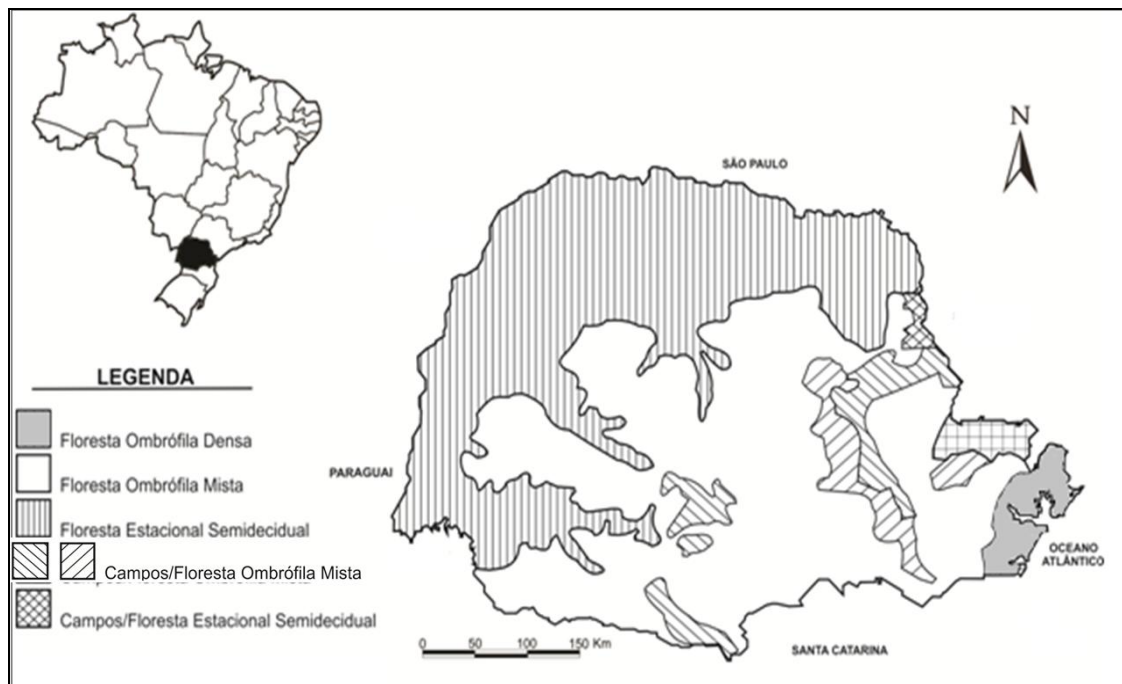


Figura 3. Paisagens e cobertura vegetal original do Estado do Paraná. Adaptado de Maack (2012), IBGE (1993), Base Cartográfica IAP (1999), S.O.S. Mata Atlântica (2000).

Na Floresta Ombrófila Densa estão incluídas as formações florestais da planície litorânea, das encostas da Serra do Mar e de parte do vale do Rio Ribeira. Essa unidade é a mais heterogênea e complexa do Sul do país. Estima-se que a flora arbórea da Floresta Ombrófila Densa seja representada por mais de 700 espécies (Roderjan *et al.* 1993).

Ocupando as porções planálticas do Estado (em média entre 800 e 1.200 m de altitude), a Floresta Ombrófila Mista embora não tenha influência direta do oceano possui chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Trata-se de uma unidade fito-ecológica onde se contempla a coexistência de representantes de Coníferas e Lauráceas (IBGE 1993, Roderjan *et al.* 1993, Roderjan *et al.* 2002).

As regiões norte e oeste do Estado e os vales dos rios formadores da bacia do Rio Paraná, abaixo de 800 m de altitude, estão no domínio da Floresta Estacional Semidecidual. Nesta unidade, além da ocorrência eventual de geadas, a flora está

condicionada a um período de baixa precipitação pluviométrica, quando 20% a 50% das árvores do dossel da floresta perdem suas folhas (IBGE 1993).

O clima predominante no Paraná é o subtropical e mesotérmico, de grande amplitude térmica anual (Köppen 1936, Maack 2012) (Fig. 4).

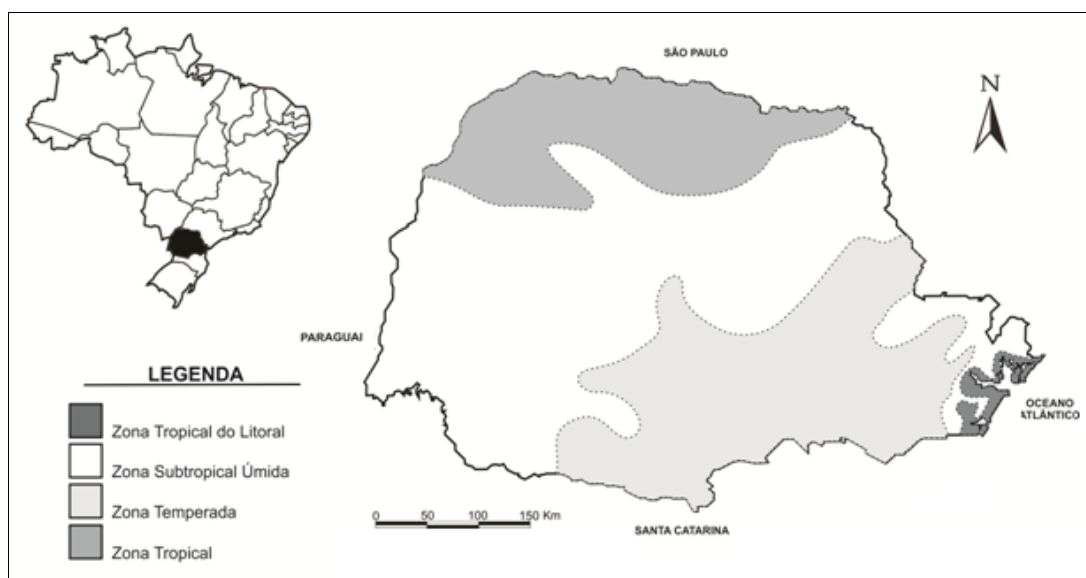


Figura 4. Divisão climática do Estado do Paraná. Adaptado de Maack (2012), IBGE (1993), Base Cartográfica IAP (1999), S.O.S. Mata Atlântica (2000).

A primeira zona de clima Tropical Superúmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes, ocorre em duas partes distintas do estado: na planície litorânea e nas porções mais baixas do planalto, isto é, em sua porção ocidental. Registra temperaturas médias anuais de 19 °C e pluviosidade de 1.500 mm anuais (Köppen 1936).

A zona caracterizada pelo clima Subtropical Úmido apresenta chuvas bem distribuídas durante o ano e verões amenos, sendo sua ocorrência na porção mais elevada do Estado (Maack 2012). As temperaturas médias anuais oscilam em torno de 17 °C e são inferiores aos 20 °C. A pluviosidade alcança cerca de 1.200 mm anuais (Köppen 1936).

Com verões quentes e invernos secos, a porção noroeste do Estado encontra-se sob influência do clima Temperado Úmido (Maack 2012). Registram-se chuvas bem distribuídas no decorrer do ano, com invernos secos e verões chuvosos. A temperatura média anual oscila em torno de 20 °C e a pluviosidade alcança 1.300 mm anuais (Koppen 1936).

A umidade relativa do ar apresenta-se elevada na faixa litorânea devido à influência oceânica, onde os índices médios superam 85%. Nos planaltos do interior, as médias situam-se entre 80% a 85% e estes valores declinam à medida que se avança para o norte e o oeste do Estado (Koppen 1936).

3.3. Análises estatísticas

Para a elaboração da matriz utilizada nas análises, além dos critérios anteriormente mencionados (item 3.1), foram selecionados apenas os artigos com método de captura por meio de atração humana e as comunidades com riqueza (S) menor que 10 espécies não foram consideradas nas análises. Esta técnica, utilizada em número expressivo de artigos, gerou um aporte maior de informações. É importante ressaltar que esta modalidade de coleta restringe as espécies com tendência à antropofilia e aos exemplares fêmeas.

Dessa maneira a base de dados, que obedece a todos os critérios acima mencionados, representa a presença ou ausência das espécies em diversas localidades do Estado do Paraná.

Para determinar a estrutura geral das comunidades de Culicidae em um espaço reduzido, foi utilizada a análise de agrupamento (*Cluster*) e a análise de coordenadas principais (PCO - *Principal Coordinate Analysis*). A análise de agrupamentos foi realizada para determinar a relação entre as comunidades, usando como medida de

distância o coeficiente de Jaccard e como métodos de agrupamento o algoritmo UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). A dissimilaridade entre os municípios foi calculada por meio da matriz binária de ocorrência das espécies (Pielou 1984). Para ordenar as comunidades em um espaço reduzido, de acordo com a riqueza, foi utilizada uma PCO (Jongman *et al.* 1995), utilizando-se o coeficiente de Jaccard como medida de distância.

Para verificar se existe relação da estrutura da comunidade de Culicidae com as unidades fitofisionômicas ou geográficas do Paraná foram utilizadas uma análise permutacional de variância multivariada (PERMANOVA - *Permutational Multivariate Analysis of Variance Using Distance Matrices*) (Anderson 2001, McArdle & Anderson 2001). Como matriz resposta foi utilizada a ocorrência de espécies por municípios e como variável preditora um vetor com as formações vegetacionais ou geográficas associadas a cada comunidade. Foi utilizada como descritores geográficos, a separação das porções de leste a oeste do Estado, de acordo com o relevo e a altitude, seguindo as seguintes notações (Tab. II): planície litorânea (0); primeiro planalto (1); segundo planalto (2) e terceiro planalto (3). A separação fitofisionômica foi feita com base na formação florestal da área de amostragem em Floresta Ombrófila Densa (FOD); Floresta Ombrófila Mista (FOM) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Tabela II. Relação dos municípios do Estado do Paraná amostrados e sua notação com os descritores geográficos e de formação florestal.

Identificação	Município	Planalto	Fitofisionomia
3	Antonina	0	FOD
19	Guaraqueçaba	0	FOD
28	Matinhos	0	FOD
29	Morretes	0	FOD
31	Paranaguá	0	FOD
1	Adrianópolis	1	FOD
2	Almirante Tamandaré	1	FOM
11	Cerro Azul	1	FOM

Tabela II. Continuação.

Identificação	Município	Planalto	Fitofisionomia
33	Piraquara	1	FOM
38	Quatro Barras	1	FOM
10	Carlópolis	2	FES
22	Jundiá do Sul	2	FES
46	Tomazina	2	FES
8	Campo Largo	2	FOM
15	Curitiba	2	FOM
21	Jaguariaíva	2	FOM
23	Lapa	2	FOM
32	Piên	2	FOM
36	Pronta Grossa	2	FOM
37	Prudentópolis	2	FOM
41	São José dos Pinhais	2	FOM
42	São Mateus do Sul	2	FOM
48	União da Vitória	2	FOM
4	Assaí	3	FES
6	Cambé	3	FES
7	Campina da Lagoa	3	FES
14	Cornélio Procópio	3	FES
16	Diamante D' Oeste	3	FES
17	Foz do Iguaçu	3	FES
18	Guaíra	3	FES
20	Inajá	3	FES
24	Londrina	3	FES
25	Marechal Candido Rondon	3	FES
26	Maringá	3	FES
34	Porto Natal	3	FES
35	Porto Rico	3	FES
40	Santa Helena	3	FES
43	Sertaneja	3	FES
44	Terra Boa	3	FES
45	Terra Roxa	3	FES
47	Três Barras do Paraná	3	FES
5	Barracão	3	FOM
9	Campo Mourão	3	FOM
12	Chopinzinho	3	FOM
13	Cianorte	3	FOM
27	Mariópolis	3	FOM
30	Palmas	3	FOM
39	Roncador	3	FOM

Pode-se referenciar na Figura 1 a sua localização no Estado a partir da coluna “identificação”, o planalto em que está inserido e a classificação fitofisionômica. 0 – planície litorânea; 1 – primeiro planalto; 2 – segundo planalto; 3 – terceiro planalto. FOD – Floresta Ombrófila Densa; FOM - Floresta Ombrófila Mista; FES - Floresta Estacional Semidecidual.

A matriz de variáveis climáticas foi elaborada a partir da obtenção de dados no banco de dados climáticos “*Wordclim - Global Climate Data*” (Bioclim), com 19 variáveis derivadas de valores mensais de temperatura e precipitação. Representam tendências anuais (por exemplo, a temperatura média anual, precipitação anual), sazonalidade (por exemplo, faixa anual de temperatura e precipitação) e fatores ambientais extremos ou de limite (por exemplo, temperatura do mês mais frio e mais quente) (Hijmans *et al.* 2005).

As 19 variáveis climáticas (Tab. III) foram obtidas com uma resolução de 10' no formato *raster*, com extensão temporal de 1980 a 1997, para cada município através das coordenadas geográficas no programa DIVA-GIS 7.4.0. Essas variáveis foram submetidas a uma análise de componentes principais (PCA - *Principal Component Analysis*) para reduzir dimensões. Os eixos informativos, que explicam a maior parte da variação da amostra, foram escolhidos pelo método de *Broken Stick* (Pielou 1984).

Tabela III. Variáveis climáticas utilizadas obtidas do banco de dados climáticos Wordclim (Bioclim) obtidas através do programa DIVA-GIS 7.4.0 e a descrição e resolução temporal.

Variável	Descrição	Resolução temporal
BIO1	Temperatura média anual	Anual
BIO2	Temperatura média diurna (média mensal (T. máx. – T. mín.))	Mensal
BIO3	Isotermia (BIO2-BIO7) *100	Anual
BIO4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão*100)	Sazonal
BIO5	Temperatura máxima do mês mais quente	Mensal
BIO6	Temperatura mínima do mês mais frio	Mensal
BIO7	Média da temperatura anual (BIO5-BIO6)	Anual
BIO8	Temperatura média do trimestre mais chuvoso	Trimestral
BIO9	Temperatura média do trimestre mais seco	Trimestral
BIO10	Temperatura média do trimestre mais quente	Trimestral
BIO11	Temperatura média do trimestre mais frio	Trimestral
BIO12	Precipitação anual	Anual
BIO13	Precipitação do mês mais chuvoso	Mensal
BIO14	Precipitação do mês mais seco	Mensal
BIO15	Sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação)	Sazonal
BIO16	Precipitação do trimestre mais chuvoso	Trimestral

Tabela III. Continuação.		
Variável	Descrição	Resolução temporal
BIO17	Precipitação do trimestre mais seco	Trimestral
BIO18	Precipitação do trimestre mais quente	Trimestral
BIO19	Precipitação do trimestre mais frio	Trimestral

Para quantificar o efeito espacial foram utilizadas as coordenadas x e y das áreas. Para transformar as coordenadas geográficas em uma matriz de distância euclidiana, comumente utilizada em análises de ordenação foi feita uma análise de coordenadas principais de matrizes vizinhas (PCNM - *Principal Coordinate Analysis of Neighbour Matrices*). Esta análise é uma decomposição espectral da relação espacial entre as comunidades obtidas através da PCO na matriz de distâncias geográficas truncadas (Borcard *et al.* 1992). O valor de truncamento utilizado foi a distância geográfica máxima, o que permite que todas as comunidades estejam ligadas na matriz de conectividade (Borcard & Legendre 2002). Os autovetores informativos foram selecionados utilizando o correlograma de Moran. Os eixos selecionados foram utilizados para descrever possíveis graus de variação na estrutura espacial na análise de redundância parcial.

A análise de redundância parcial (pRDA - *Partial Redundancy Analysis*) é uma técnica de ordenação multivariada que utiliza uma matriz de variáveis resposta ou variáveis dependentes, ordenada por meio de uma PCA. Está associada a uma matriz de variáveis independentes ou preditoras, na qual a associação é feita de forma linear entre essas duas matrizes, retirando o efeito de covariáveis. A pRDA foi utilizada para testar a associação e dependência da composição da comunidade de Culicidae do Estado, com variáveis ambientais e espaciais, sendo que a matriz de variáveis resposta utilizada foi a matriz binária. Como variáveis preditores foram utilizadas as matrizes climática e espacial (Lambert *et al.* 1988, Borcard *et al.* 1992, Peres-Neto *et al.* 2006).

A pRDA também isola o efeito de cada conjunto de variáveis, espaciais e ambientais, e quantifica o quanto influenciam na modificação das comunidades. Assim, são descritos os efeitos ambiental puro (fração b), espacial puro (fração c) e os efeitos compartilhado por variáveis ambientais e espaciais (fração a), além da porção não explicada pelas matrizes resposta (Borcard *et al.* 1992).

Nas análises estatísticas foram utilizados os programas PAST (*Paleontological Statistics Software*) versão 1.88 (Hammer *et al.* 2001) e R v.2.1.2 (R Development Core Team 2011), com os pacotes *vegan* (Oksanen *et al.* 2013), *fossil* (Vavrek 2011) e *MASS* (Venables & Ripley 2002) e o programa DIVA-GIS 7.4.0 para a obtenção da matriz de dados climáticos.

4. RESULTADOS

4.1. Registros de Culicidae no espaço geográfico do Estado do Paraná

No processo de revisão histórica foram identificados 22 gêneros e 188 espécies de Culicidae no Paraná (Tab. IV) a partir de 76 registros de coletas em 48 municípios do Estado (para identificação dos municípios ver: Fig.1 e Tab. I).

Tabela IV. Espécies de Culicidae registradas, com base na literatura de 1970 até 2014, abrangendo todas as espécies descritas para o Estado do Paraná e coletadas por diversas técnicas.

Subfamília	Tribo
Anophelinae	
	<i>Anopheles (Anopheles) eiseni</i> Coquillett 1902
	<i>Anopheles (Anopheles) fluminensis</i> Root 1927
	<i>Anopheles (Anopheles) intermedius</i> (Peryassú 1908)
	<i>Anopheles (Anopheles) mediopunctatus</i> (Lutz 1903)
	<i>Anopheles (Anopheles) punctimacula</i> Dyar & Knab 1906
	<i>Anopheles (Anopheles) shannoni</i> Davis 1931
	<i>Anopheles (Anopheles) tibiamaculatus</i> (Neiva 1906)
	<i>Anopheles (Kerteszia) bellator</i> Dyar & Knab 1906
	<i>Anopheles (Kerteszia) cruzii</i> Dyar & Knab 1908
	<i>Anopheles (Kerteszia) homunculus</i> Komp 1937
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis</i> Lynch Arribálzaga 1878
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) antunesi</i> Galvão & Franco do Amaral 1940
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) argyritarsis</i> Robineau-Desvoidy 1827
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) benarrochi</i> Gabaldón Cova García & Lopez 1941
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) braziliensis</i> (Chagas 1907)
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi</i> Root 1926
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) deaneorum</i> Rosa-Freitas 1989
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) evansae</i> (Brèthes 1926)
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) galvaoi</i> Causey Deane & Deane 1943
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) konderi</i> Galvão & Damasceno 1942
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) lutzii</i> Cruz 1901
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) oryzalimnetes</i> Wilkerson & Motoki 2009
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) oswaldoi</i> (Peryassú 1922)
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) parvus</i> (Chagas 1907)
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) rondoni</i> (Neiva & Pinto 1922)
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) strodei</i> Root 1926
	<i>Anopheles (Nyssorhynchus) triannulatus</i> (Neiva & Pinto 1922)
	<i>Chagasia fajardi</i> (Lutz 1904)

Tabela IV. Continuação.

Culicinae

Aedeomyiini

Aedomyia (Aedeomyia) squamipennis (Lynch Arribálzaga 1878)

Aedini

Ochlerotatus (Chrysoconops) fulvus (Wiedemann 1828)

Ochlerotatus (Chrysoconops) pennai (Antunes & Lane 1938)

Ochlerotatus (Chrysoconops) stigmaticus (Edwards 1922)

Ochlerotatus (Ochlerotatus) crinifer (Theobald 1903)

Ochlerotatus (Ochlerotatus) rhyacophilus (da Costa Lima 1933)

Ochlerotatus (Ochlerotatus) scapularis (Rondani 1848)

Ochlerotatus (Protoculex) hastatus (Dyar 1922)

Ochlerotatus (Protoculex) nubilus (Theobald 1903)

Ochlerotatus (Protoculex) oligopistus (Dyar 1918)

Ochlerotatus (Protoculex) serratus (Theobald 1901)

Ochlerotatus (Protomacleaya) argyrothorax (Bonne-Wepster & Bonne 1920)

Ochlerotatus (Protomacleaya) terrens (Walker 1856)

Georgecraigius (Horsfallius) fluviatilis (Lutz 1904)

Haemagogus (Conopostegus) leucocelaenus (Dyar & Shannon 1924)

Psorophora (Grabhamia) cingulata (Fabricius 1805)

Psorophora (Grabhamia) confinnis (Lynch Arribálzaga 1891)

Psorophora (Janthinosoma) albigenu (Peryassú 1908)

Psorophora (Janthinosoma) albipes (Theobald 1907)

Psorophora (Janthinosoma) champerico (Dyar & Knab 1906)

Psorophora (Janthinosoma) circumflava Cerqueira 1943

Psorophora (Janthinosoma) discucians (Walker 1856)

Psorophora (Janthinosoma) ferox (von Humboldt 1819)

Psorophora (Janthinosoma) johnstonii (Grabham 1905)

Psorophora (Janthinosoma) lanei Shannon & Cerqueira 1943

Psorophora (Janthinosoma) lutzii (Theobald 1901)

Psorophora (Janthinosoma) pseudomelanota Barata & Cotrim 1971

Psorophora (Janthinosoma) varipes (Coquillett 1904)

Psorophora (Psorophora) ciliata (Fabricius 1794)

Sallumia hortator (Dyar & Knab 1907)

Stegomyia (Stegomyia) aegypti (Linnaeus 1762)

Stegomyia albopicta (Skuse 1895)

Culicini

Culex (Aedinus) amazonensis (Lutz 1905)

Culex (Carroliia) iridescens (Lutz 1905)

Culex (Carroliia) kompi Valencia 1973

Tabela IV. Continuação.

Culex (Carrolia) soperi Antunes & Lane 1937
Culex (Culex) acharistus Root 1927
Culex (Culex) bidens Dyar 1922
Culex (Culex) bonneae Dyar & Knab 1919
Culex (Culex) chidesteri Dyar 1921
Culex (Culex) coronator Dyar & Knab 1906
Culex (Culex) declarator Dyar & Knab 1906
Culex (Culex) dolosus (Lynch Arribáizaga 1891)
Culex (Culex) eduardoi Casal & García 1968
Culex (Culex) Grupo Coronator
Culex (Culex) laticlasper Galindo & Blanton 1954
Culex (Culex) lygrus Root 1927
Culex (Culex) mollis Dyar & Knab 1906
Culex (Culex) nigripalpus Theobald 1901
Culex (Culex) pipiens Linnaeus 1758
Culex (Culex) quinquefasciatus Say 1823
Culex (Culex) saltanensis Dyar 1928
Culex (Culex) tatoi Casal & García 1971
Culex (Culex) usquatus Dyar 1918
Culex (Melanoconion) delpontei Duret 1969
Culex (Melanoconion) lopesi Sirivanakarn & Jakob 1979
Culex (Melanoconion) misionensis Duret 1953
Culex (Melanoconion) pedroi Sirivanakarn & Belkin 1980
Culex (Melanoconion) pilosus (Dyar & Knab 1906)
Culex (Melanoconion) ribeirensis Forattini & Sallum 1985
Culex (Melanoconion) sacchettae Sirivanakarn & Jakob 1982
Culex (Melanoconion) spissipes (Theobald 1903)
Culex (Melanoconion) zeteki Dyar 1918
Culex (Microculex) elongatus Rozeboom & Komp 1950
Culex (Microculex) imitator Theobald 1903
Culex (Microculex) microphyllus Root 1927
Culex (Microculex) neglectus Lutz 1904
Culex (Phenacomyia) corniger Theobald 1903
Culex ocellatus Theobald 1903

Lutzia (Lutzia) bigoti (Bellardi 1862)

Mansoniini

Coquillettidia (Rynchotaenia) albicosta (Peryassú 1908)
Coquillettidia (Rynchotaenia) chrysonotum (Peryassú 1922)
Coquillettidia (Rynchotaenia) fasciolata (Lynch Arribáizaga 1891)
Coquillettidia (Rynchotaenia) hermanoi (Lane & Coutinho 1940)
Coquillettidia (Rynchotaenia) juxtamansonia (Chagas 1907)
Coquillettidia (Rynchotaenia) lynchi (Shannon 1931)
Coquillettidia (Rynchotaenia) nigricans (Coquillett 1904)
Coquillettidia (Rynchotaenia) nitens (Cerqueira 1943)
Coquillettidia (Rynchotaenia) shannoni (Lane & Antunes 1937)

Tabela IV. Continuação.

Coquillettidia (Rynchotaenia) venezuelensis (Theobald 1912)

Mansonia (Mansonia) amazonensis (Theobald 1901)

Mansonia (Mansonia) flaveola (Coquillett 1906)

Mansonia (Mansonia) fonsecai (Pinto 1932)

Mansonia (Mansonia) humeralis Dyar & Knab 1916

Mansonia (Mansonia) iguassuensis Barbosa da Silva & Sallum 2007

Mansonia (Mansonia) indubitans Dyar & Shannon 1925

Mansonia (Mansonia) pessoai (Barreto & Coutinho 1944)

Mansonia (Mansonia) pseudotitillans (Theobald 1901)

Mansonia (Mansonia) titillans (Walker 1848)

Mansonia (Mansonia) wilsoni (Barreto & Coutinho 1944)

Sabethini

Limatus durhamii Theobald 1901

Limatus flavisetosus de Oliveira Castro 1935

Limatus pseudomethysticus (Bonne-Wepster & Bonne 1920)

Onirion personatum (Lutz 1904)

Runchomyia (Runchomyia) cerqueirai (Stone 1944)

Runchomyia (Runchomyia) reversa (Lane & Cerqueira 1942)

Runchomyia (Runchomyia) theobaldi (Lane & Cerqueira 1942)

Sabethes (Davisomyia) petrocchiai (Shannon & del Ponte 1928)

Sabethes (Peytonulus) aurescens (Lutz 1905)

Sabethes (Peytonulus) identicus Dyar & Knab 1907

Sabethes (Peytonulus) soperi Lane & Cerqueira 1942

Sabethes (Peytonulus) undosus (Coquillett 1906)

Sabethes (Peytonulus) whitmani Lane & Cerqueira 1942

Sabethes (Sabethes) albiprivus Theobald 1903

Sabethes (Sabethes) batesi Lane & Cerqueira 1942

Sabethes (Sabethes) belisarioi Neiva 1908

Sabethes (Sabethes) purpureus (Theobald 1907)

Sabethes (Sabethes) shannoni Cerqueira 1961

Sabethes (Sabethinus) idiogenes Harbach 1994

Sabethes (Sabethinus) intermedius (Lutz 1904)

Sabethes (Sabethinus) melanonymphe Dyar 1924

Sabethes (Sabethinus) xhyphydes Harbach 1994

Sabethes (Sabethoides) chloropterus (von Humboldt 1819)

Sabethes (Sabethoides) conditus Moses Howard & Harbach 2000

Sabethes (Sabethoides) glaucodaemon (Dyar & Shannon 1925)

Sabethes (Sabethoides) tridentatus Cerqueira 1961

Shannoniana fluviatilis (Theobald 1903)

Trichoprosopon compressum Lutz 1905

Tabela IV. Continuação.

Trichoprosopon digitatum (Rondani 1848)
Trichoprosopon pallidiventer (Lutz 1905)
Trichoprosopon simile Lane & Cerqueira 1942
Trichoprosopon soaresi Lane & Cerqueira 1942

Wyeomyia (Miamiya) limai Lane & Cerqueira 1942
Wyeomyia (Miamiya) lutzii (Costa Lima 1930)
Wyeomyia (Miamiya) oblita (Lutz 1904)
Wyeomyia (Miamiya) sabethea Lane & Cerqueira 1942
Wyeomyia (Phoniomyia) antunesi Lane & Guimarães 1937
Wyeomyia (Phoniomyia) davisii (Lane & Cerqueira 1942)
Wyeomyia (Phoniomyia) edwardsii (Lane & Cerqueira 1942)
Wyeomyia (Phoniomyia) fuscipes Edwards 1922
Wyeomyia (Phoniomyia) galvaoi (Corrêa & Ramalho 1956)
Wyeomyia (Phoniomyia) incaudata Root 1928
Wyeomyia (Phoniomyia) lopesii (Corrêa & Ramalho 1956)
Wyeomyia (Phoniomyia) muehlensii Petrocchi 1927
Wyeomyia (Phoniomyia) pallidoventer (Theobald 1907)
Wyeomyia (Phoniomyia) pilicauda Root 1928
Wyeomyia (Phoniomyia) quasilongirostris (Theobald 1907)
Wyeomyia (Phoniomyia) theobaldi (Lane & Cerqueira 1942)
Wyeomyia (Prosopolepis) confusa (Lutz 1905)
Wyeomyia (Spilonympha) mystes Dyar 1924
Wyeomyia (Triamiya) aporonoma Dyar & Knab 1906
Wyeomyia (Wyeomyia) abebela Dyar & Knab 1908
Wyeomyia (Wyeomyia) arthrostigma (Lutz 1905)
Wyeomyia (Wyeomyia) medioalbipes Lutz 1904
Wyeomyia negrensis Gordon & Evans 1922
Wyeomyia occulta Bonne-Wepster & Bonne 1919
Wyeomyia serratoria (Dyar & Nunez Tovar 1927)
Wyeomyia shannoni Lane & Cerqueira 1942
Wyeomyia undulata del Ponte & Cerqueira 1938

Toxorhynchitini

Toxorhynchites (Lynchiella) bambusicola (Lutz & Neiva 1913)
Toxorhynchites (Lynchiella) pusillus (Costa Lima 1931)
Toxorhynchites (Lynchiella) theobaldi (Dyar & Knab 1906)

Uranotaeniini

Uranotaenia (Uranotaenia) apicalis Theobald 1903
Uranotaenia (Uranotaenia) calosomata Dyar & Knab 1907
Uranotaenia (Uranotaenia) geometrica Theobald 1901
Uranotaenia (Uranotaenia) lowii Theobald 1901
Uranotaenia (Uranotaenia) nataliae Lynch Arribálzaga 1891
Uranotaenia (Uranotaenia) pallidoventer Theobald 1903
Uranotaenia (Uranotaenia) pulcherrima Lynch Arribálzaga 1891

Em 14% dos municípios paranaenses amostrados estão descritos cerca de 90% dos gêneros e 17% das espécies de Culicidae de ocorrência Neotropical. Estes números de diversidade se repetem se levarmos em conta, apenas coleta de espécies, de oito dos municípios paranaenses amostrados.

Para a realização deste estudo, foram consultadas cerca de 80 publicações, dos quais, cerca de 50% do material não foi depositado em coleção científica ou não existe informação sobre o destino dos Culicidae amostrados. Nota-se que partir da primeira década do século XXI houve um maior, mas não completo, rigor na deposição de espécimes como material testemunho. A Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure, situada no Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (DZUP/UFPR), contém o maior número de espécies e indivíduos de Culicidae coletados no Estado (Fig. 5).

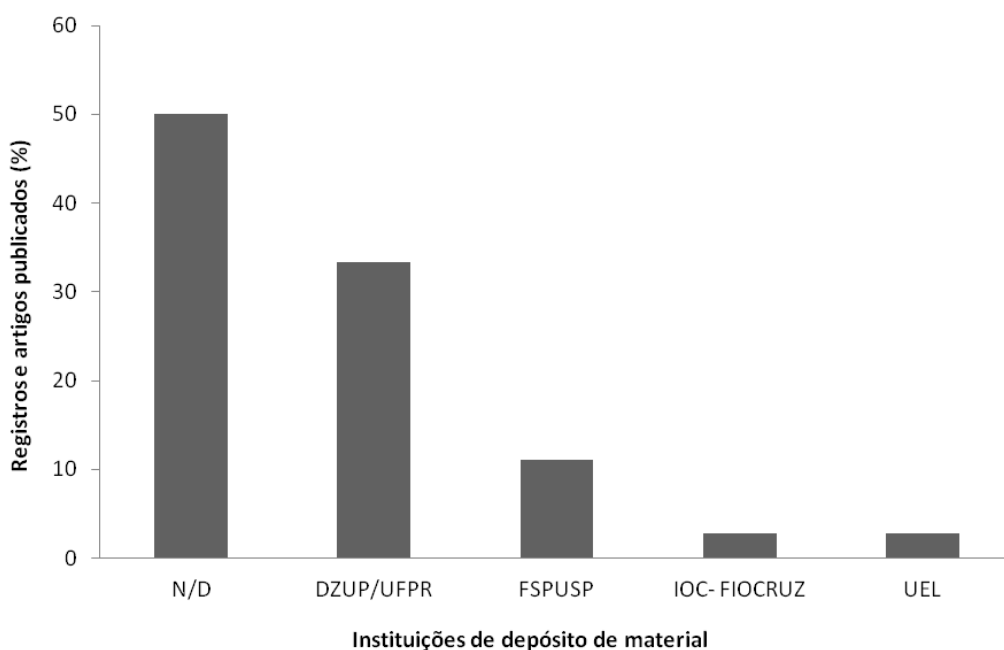


Figura 5. Número de artigos publicados informando a deposição de exemplares de Culicidae coletados no Estado do Paraná em coleções científicas. N/D – Não depositado ou não informado; DZUP/UFPR – Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná; FSP-USP – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo; IOC- FIOCRUZ – Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro; UEL – Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

4.2. Riqueza de espécies de Culicidae

Ao analisar a riqueza total das espécies de Culicidae, isto é, a ocorrência das espécies em cada região geográfica, fitofisionomia, e levando em conta todas as técnicas de coleta, verifica-se que a Floresta Ombrófila (Densa e Mista) possui número de espécies similares, enquanto que a Floresta Estacional Semidecidual possui a fauna mais rica do Estado. Conferindo ao terceiro planalto, a unidade geográfica com o maior número de espécies, seguida da planície litorânea (Fig. 6).

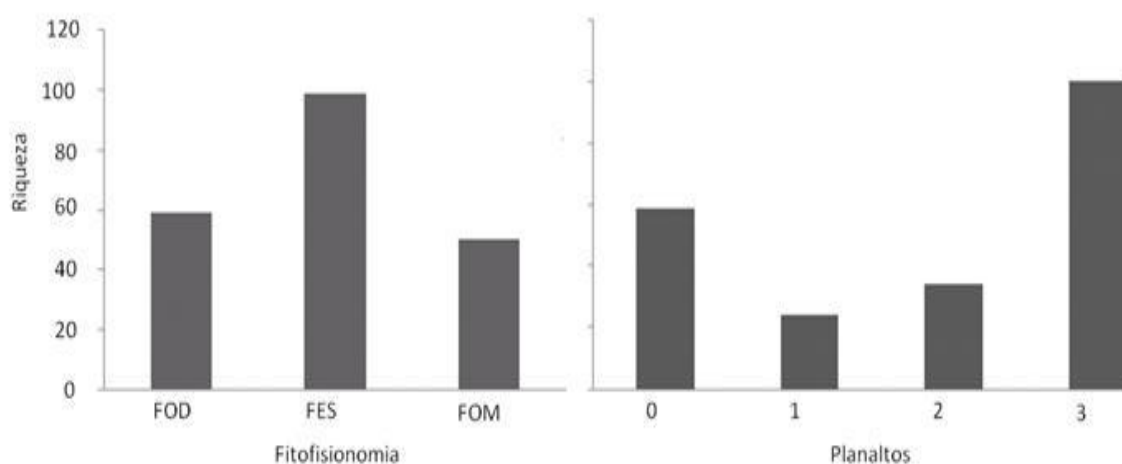


Figura 6. Riqueza total de espécies registradas para as diferentes fitofisionomias e unidades geográficas no Paraná, Brasil. As siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e os números determinam o planalto (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto).

Com relação ao número de espécies com ocorrência em uma única formação (espécies exclusivas a uma fitofisionomia e/ou unidade geográfica), a FES e o terceiro planalto possuem o maior número de espécies exclusivas. A Floresta Ombrófila Densa, planície litorânea, Floresta Ombrófila Mista e os dois primeiros planaltos possuem um número inferior de riqueza de espécies (Fig. 7).

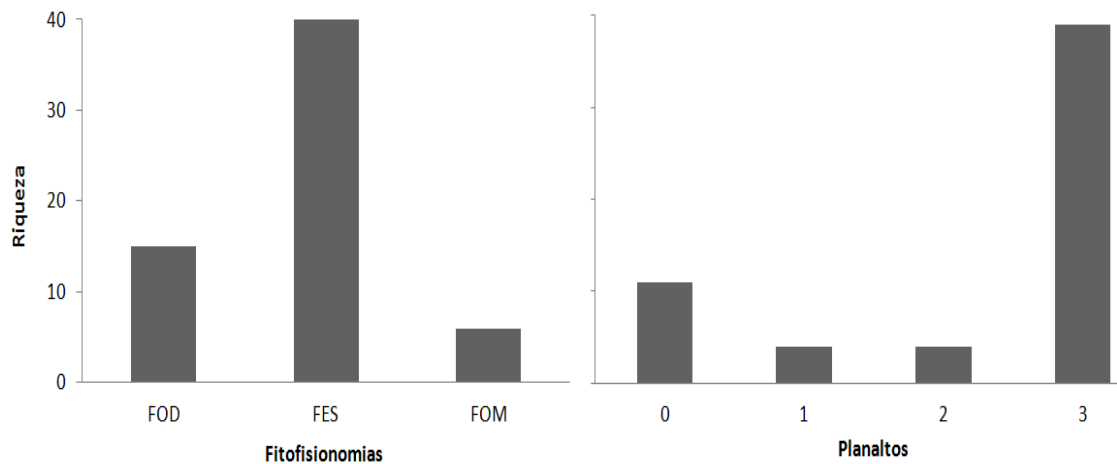


Figura 7. Riqueza específica de espécies registradas para as diferentes fitofisionomias e unidades geográficas no Paraná, Brasil. As siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e os números as unidades geográficas (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto).

Ao analisar a ocorrência de Culicidae no Paraná (Tab. V) observa-se um padrão de distribuição *lognormal* dos dados, com a maioria das espécies ocorrendo em menos de quatro, com predominância de ocorrência em uma ou duas comunidades.

Para espécies de importância epidemiológica, *Culex* (*Cux.*) Grupo Coronator, *Oc.* (*Och.*) *crinifer* e *Oc.* (*Pro.*) *serratus*, são as mais amplamente distribuídas, ocorrendo em todas as unidades geográficas e fitofisionômicas. *Sabethes* (*Pey.*) *aurescens* não foi registrada na Floresta Estacional Semidecidual e, por consequência, no terceiro planalto.

Além dessas, outras espécies ocorreram em todas as formações vegetais, como por exemplo, *An.* (*Ker.*) *bellator*, *Cq.* (*Ryn.*) *chrysonotum*, *Ps.* (*Jan.*) *champerico* e *Gc.* (*Hor.*) *fluviatilis*, não ocorreram nas comunidades localizadas no 1º planalto paranaense. Já *Hg.* (*Con.*) *leucocelaenus*, *Oc.* (*Och.*) *scapularis*, *Cx.* (*Cux.*) *quinquefasciatus* e *Ps.* (*Jan.*) *ferox* não ocorreram no segundo planalto, mas foram amostrados no primeiro e terceiro planaltos. *Sl. hortator* e *Li. durhamii* ocorreram nas três fitofisionomias (Tab. V).

Espécies de ocorrência simultânea, em áreas de Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Densa: *An. (Ano.) mediopunctatus*, *Ru. (Run.) reversa* e *Wy. (Prl.) confusa*, estão presentes na planície litorânea e 3° planalto. A espécie incriminada como vetor do protozoário da malária no litoral do Estado, *An. (Ker.) cruzii*, é encontrada em todos os domínios de Floresta Ombrófila (Densa e Mista).

Tabela V. Ocorrência das espécies registradas em mais de uma fitofisionomia e unidade geográfica no Paraná, Brasil. Os nomes das espécies foram ordenados de acordo com a ocorrência e frequência das espécies nos planaltos e fitofisionomias.

Espécies	Planaltos				Fitofisionomia		
	0	1	2	3	FOD	FOM	FES
<i>Culex (Culex) Grupo Coronator</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ochlerotatus (Ochlerotatus) crinifer</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ochlerotatus (Protoculex) serratus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sabethes (Peytonulus) aurescens</i>	X	X	X		X	X	
<i>Haemagogus (Conopostegus) leucocelaenus</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Ochlerotatus (Ochlerotatus) scapularis</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) venezuelensis</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Culex (Culex) quinquefasciatus</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Psorophora (Janthinosoma) ferox</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Runchomyia (Runchomyia) cerqueirai</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Sabethes (Sabethes) purpureus</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Shannoniana fluviatilis</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Anopheles (Kerteszia) bellator</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) galvaei</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) chrysonotum</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Psorophora (Janthinosoma) albipes</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Psorophora (Janthinosoma) champerico</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Georgecraigius (Horsfallius) fluviatilis</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Sabethes (Sabethinus) melanonymphe</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Sabethes (Sabethoides) tridentatus</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Sabethes (Sabethes) albiprivus</i>	X		X	X	X		X
<i>Anopheles (Kerteszia) cruzii</i>	X		X		X	X	
<i>Sabethes (Sabethes) shannoni</i>	X		X		X	X	
<i>Wyeomyia (Phoniomyia) galvaei</i>	X		X		X	X	
<i>Wyeomyia shannoni</i>	X		X		X	X	
<i>Limatus durhamii</i>	X			X	X	X	X
<i>Mansonia (Mansonia) humeralis</i>	X			X	X	X	X
<i>Sabethes (Peytonulus) soperi</i>	X			X	X	X	X
<i>Sallumia hortator</i>	X			X	X	X	X
<i>Wyeomyia (Phoniomyia) incaudata</i>	X			X	X	X	X

Tabela V. Continuação. Espécies	Planaltos			Fitofisionomia			
	0	1	2	3	FOD	FOM	FES
<i>Wyeomyia (Phoniomyia) pilicauda</i>	X			X	X		X
<i>Anopheles (Anopheles) fluminensis</i>	X			X			X
<i>Anopheles (Anopheles) mediopunctatus</i>	X			X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi</i>	X			X			X
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) fasciolata</i>	X			X			X
<i>Culex (Aedinus) amazonensis</i>	X			X			X
<i>Ochlerotatus (Protomacleaya) terreus</i>	X			X			X
<i>Wyeomyia (Phoniomyia) lopesi</i>	X			X			X
<i>Wyeomyia (Prosopolepis) confusa</i>	X			X			X
<i>Wyeomyia (Triamyia) aporonoma</i>	X			X			X
<i>Runchomyia (Runchomyia) reversa</i>	X			X			X
<i>Runchomyia (Runchomyia) theobaldi</i>	X			X			X
<i>Sabethes (Peytonulus) identicus</i>	X			X			X
<i>Wyeomyia (Miamiya) limai</i>	X			X			X
<i>Wyeomyia (Phoniomyia) quasilongirostris</i>		X	X	X		X	X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) strodei</i>		X	X			X	X
<i>Culex (Culex) declarator</i>		X	X			X	X
<i>Culex (Culex) nigripalpus</i>		X	X			X	X
<i>Mansonia (Mansonia) titillans</i>		X	X			X	X
<i>Mansonia (Mansonia) wilsoni</i>		X	X			X	X
<i>Trichoprosopon pallidiventer</i>		X	X			X	X
<i>Chagasia fajardi</i>			X	X		X	X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) evansae</i>			X	X		X	X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) lutzii</i>			X	X		X	X
<i>Psorophora (Janthinosoma) albigena</i>			X	X		X	X
<i>Psorophora (Janthinosoma) discucians</i>			X	X		X	X
<i>Ochlerotatus (Chrysoconops) fulvus</i>			X	X			X
<i>Ochlerotatus (Protomacleaya) argyrothorax</i>			X	X			X
<i>Onirion personatum</i>			X	X			X
<i>Wyeomyia (Miamiya) oblita</i>			X	X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) triannulatus</i>				X		X	X

As siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e os números as unidades geográficas (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto).

A distribuição espacial e fitogeográfica de registros indica que no terceiro planalto, região de Floresta Estacional Semidecidual, pode encontrar as espécies *An. (Nys.) darlingi*, *An. (Nys.) albitarsis*, *An. (Nys.) argyritarsis*, *Ma. (Man.) pseudotitillans*,

Sa. (Sab.) chloropterus e *Ps. (Pso.) ciliata*. Nas em formações de planície da Floresta Ombrófila foi registrado *Cx. (Mel.) ribeirensis* (Tab. VI).

Tabela VIII. Ocorrência das espécies de Culicidae registradas em uma fitofisionomia e/ou unidade geográfica no Paraná, Brasil. A ordenação dos nomes deu-se pela ocorrência entre os planaltos e fitofisionomias, em caracteres crescentes, de leste a oeste do Estado.

Espécies	Planaltos				Fitofisionomia		
	0	1	2	3	FOD	FOM	FES
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) hermanoi</i>	X				X		
<i>Culex (Melanoconion) ribeirensis</i>	X				X		
<i>Culex (Melanoconion) sacchettae</i>	X				X		
<i>Culex (Microculex) imitator</i>	X				X		
<i>Mansonia (Mansonia) fonsecai</i>	X				X		
<i>Psorophora (Janthinosoma) lutzii</i>	X				X		
<i>Sabethes (Sabethes) shannoni</i>	X				X		
<i>Sabethes (Sabethoides) glaucodaemon</i>	X				X		
<i>Wyeomyia (Miamiya) sabethea</i>	X				X		
<i>Wyeomyia (Phoniomyia) davisi</i>	X				X		
<i>Wyeomyia (Phoniomyia) fuscipes</i>	X				X		
<i>Wyeomyia (Wyeomyia) abebela</i>	X				X		
<i>Wyeomyia serratoria</i>	X				X		
<i>Wyeomyia undulata</i>	X				X		
<i>Culex (Culex) eduardoi</i>		X					X
<i>Mansonia (Mansonia) iguassuensis</i>		X					X
<i>Mansonia (Mansonia) amazonensis</i>			X				X
<i>Psorophora (Janthinosoma) circumflava</i>			X				X
<i>Sabethes (Peytonulus) whitmani</i>			X				X
<i>Limatus flavisetosus</i>			X				X
<i>Sabethes (Sabethoides) conditus</i>			X				X
<i>Wyeomyia (Phoniomyia) muehlensi</i>				X		X	
<i>Anopheles (Anopheles) intermedius</i>				X			X
<i>Anopheles (Anopheles) punctimacula</i>				X			X
<i>Anopheles (Anopheles) tibiamaculatus</i>				X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis</i>				X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) antunesi</i>				X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) argyritarsis</i>				X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) benarrochi</i>				X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) oswaldoi</i>				X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) parvus</i>				X			X
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) rondoni</i>				X			X
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) albicosta</i>				X			X
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) juxtamansonia</i>				X			X
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) lynchi</i>				X			X

Tabela VI. Continuação.

Espécies	0	1	2	3	FOD	FOM	FES
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) nitens</i>				X			X
<i>Coquillettidia (Rynchotaenia) shannoni</i>				X			X
<i>Culex (Culex) bidens</i>				X			X
<i>Culex (Culex) chidesteri</i>				X			X
<i>Culex (Culex) coronator</i>				X			X
<i>Culex (Culex) mollis</i>				X			X
<i>Culex (Culex) saltanensis</i>				X			X
<i>Limatus pseudomethysticus</i>				X			X
<i>Lutzia (Lutzia) bigoti</i>				X			X
<i>Mansonia (Mansonia) indubitans</i>				X			X
<i>Mansonia (Mansonia) pseudotitillans</i>				X			X
<i>Ochlerotatus (Chrysoconops) pennai</i>				X			X
<i>Psorophora (Grabhamia) cingulata</i>				X			X
<i>Psorophora (Grabhamia) confinnis</i>				X			X
<i>Psorophora (Janthinosoma) johnstonii</i>				X			X
<i>Psorophora (Janthinosoma) lanei</i>				X			X
<i>Psorophora (Janthinosoma) varipes</i>				X			X
<i>Psorophora (Psorophora) ciliata</i>				X			X
<i>Sabethes (Davismyia) petrocchiai</i>				X			X
<i>Sabethes (Sabethes) albiprivus</i>				X			X
<i>Sabethes (Sabethoides) chloropterus</i>				X			X
<i>Trichoprosopon digitatum</i>				X			X
<i>Trichoprosopon simile</i>				X			X
<i>Wyeomyia (Spilonympha) mystes</i>				X			X
<i>Wyeomyia (Wyeomyia) arthrostigma</i>				X			X
<i>Wyeomyia (Wyeomyia) medioalbipes</i>				X			X
<i>Wyeomyia occulta</i>				X			X

As siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e os números as unidades geográficas (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto).

A ordenação das comunidades na análise de agrupamento (correlação cofenética = 0,8336), não indicou, *a priori*, nenhuma estruturação geográfica, vegetacional, climática, latitudinal, longitudinal ou altitudinal das comunidades (Fig. 8). Observam-se bem definidos quatro conjuntos de municípios. O primeiro, referente à planície litorânea e Floresta Ombrófila Densa. O segundo composto de municípios de planaltos diferentes (2° e 3° planaltos) e Floresta Ombrófila Mista (Chopininho, São Mateus do Sul e Mariópolis). Os outros dois conjuntos são referentes a cidades inseridas na

fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual e no terceiro planalto. Os municípios de Cambé, Guaíra, Foz do Iguaçu e Porto Rico formam um conjunto, enquanto Cornélio Procópio, Inajá e Terra Roxa outro.

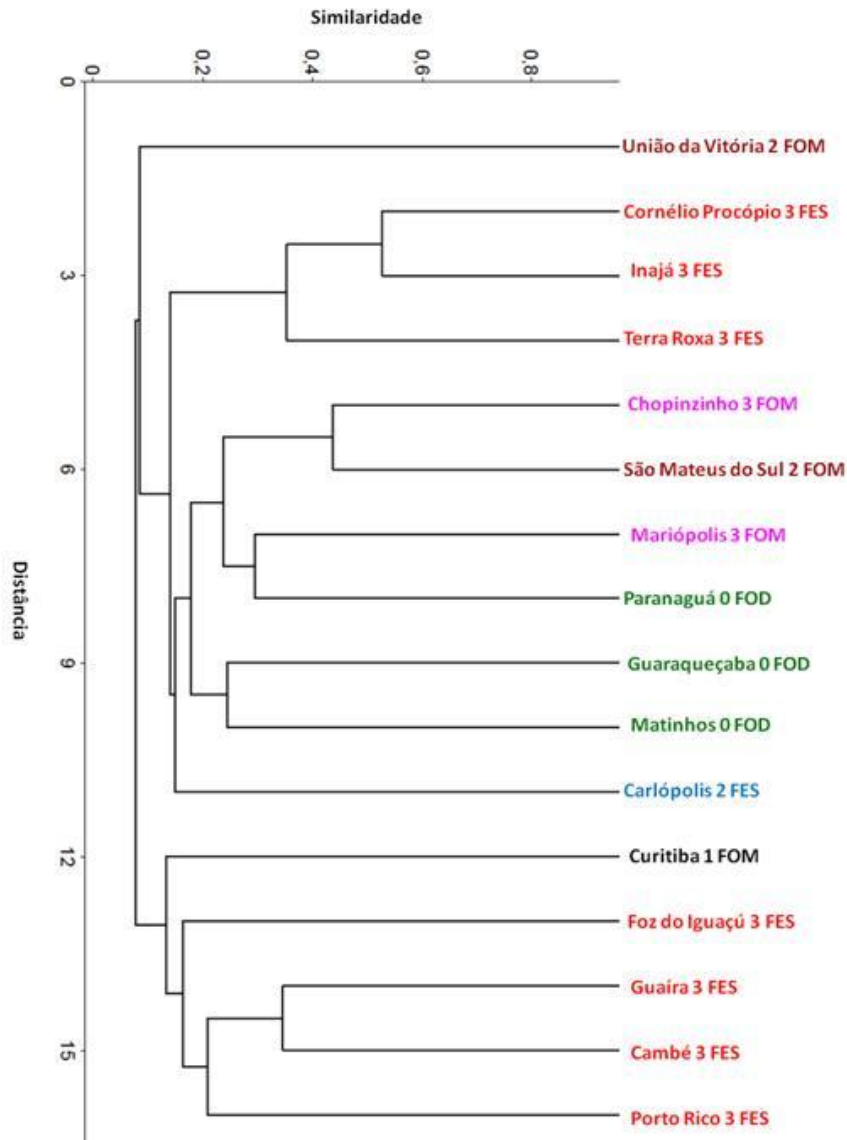


Figura 8. Ordenação das comunidades de Culicidae do Estado do Paraná através de Análise de agrupamento baseado na distância de Jaccard (correlação cofenética = 0,8503). Os números que seguem as cidades determinam o planalto (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto), e as siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e, as cores, distinguem as cidades de um mesmo planalto, mas com fitofisionomias diferentes.

A análise de coordenadas principais (PCO) gerou 16 eixos de variação (Fig. 9), sendo que os dois primeiros explicam cerca de 31% da variação contida nos dados. Distinguem-se no quadrante positivo do PCO1 (que explica 17% da variação) quatro

cidades do terceiro planalto caracterizadas com vegetação de Floresta Estacional Semidecidual (Foz do Iguaçu, Cambé, Guaíra e Porto Rico), juntamente com Curitiba. Outras três cidades, também com mesma geografia e características vegetacionais, agrupam-se no quadrante negativo (Cornélio Procópio, Inajá e Terra Roxa). Ainda, um grande grupo é formado por todas as cidades da planície litorânea (Floresta Ombrófila Densa), segundo planalto (Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa) e as cidades com formação vegetal de Floresta Ombrófila Mista do terceiro planalto. Este último agrupamento também se situa no quadrante negativo do PCO2 (14% de variação), oposto das formações do terceiro planalto, Floresta Estacional Semidecidual e Curitiba, no quadrante positivo.

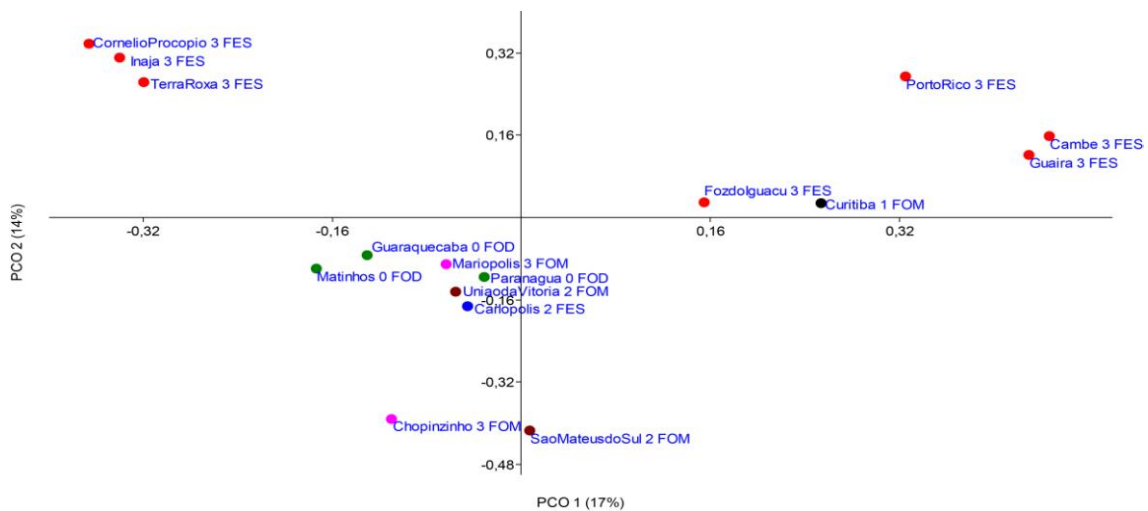


Figura 9. Escores dos municípios nos dois primeiros eixos de variação da análise de coordenadas principais (PCO) – PCO1=17% da variação total. PCO2 =14% da variação total. Os números que seguem as cidades determinam o planalto (0- planície litorânea; 1- primeiro planalto; 2- segundo planalto; 3- terceiro planalto), e as siglas correspondem a fitofisionomia (FOD- Floresta Ombrófila Densa; FOM- Floresta Ombrófila Mista; FES- Floresta Estacional Semidecidual) e, as cores, distinguem as cidades de um mesmo planalto, mas com fitofisionomias diferentes.

O resultado da PERMANOVA demonstra que os dois classificadores utilizados são importantes na estruturação da comunidade (Tab. VII). A variável geográfica, representando os diferentes planaltos do Estado, influencia significativamente na

composição das comunidades de Culicidae, e a fitofisionomia (FOM, FOD e FES) em menor grandeza. Esses são fatores que podem limitar a ocorrência das espécies, muito embora a interação entre estas duas variáveis seja nula.

Tabela XII. Partição da contribuição relativa da fitofisionomia e da variação geográfica na estruturação de comunidades de Culicidae no estado do Paraná, pela análise de variância multivariada por permutação (PERMANOVA).

	GL	SS	MS	F	R ²	Pr(>F)
Planalto	1	0,5241	0,52412	1,9435	0,10996	0,03*
Fitofisionomia	2	0,8231	0,41155	1,5261	0,17268	0,05*
Planalto:fitofisionomia	1	0,4530	0,45302	1,6799	0,09505	0,08
Resíduos	11	2,96647	0,26967		0,62233	
Total	15	4,7666			1,00000	

GL – graus de liberdade; SS – soma dos quadrados; MS – quadrados médios; * - valores significativos.

A ausência da interação entre as variáveis fitofisionômicas e geográficas é evidenciada na análise de redundância parcial. A pRDA demonstra que os componentes espaciais (geográfico – distância linear entre os municípios) e a ambiental (variáveis climáticas) são descritores fracos para explicar a variação nas comunidades de Culicidae (Fig. 10). De maneira geral, a variação espacial explica 7% da variação, as variáveis climáticas, 5%, e a fração conjunta de explicação, entre espaço e ambiente 2%, essas porcentagens são indistinguíveis de variações aleatórias (Tab. VIII).

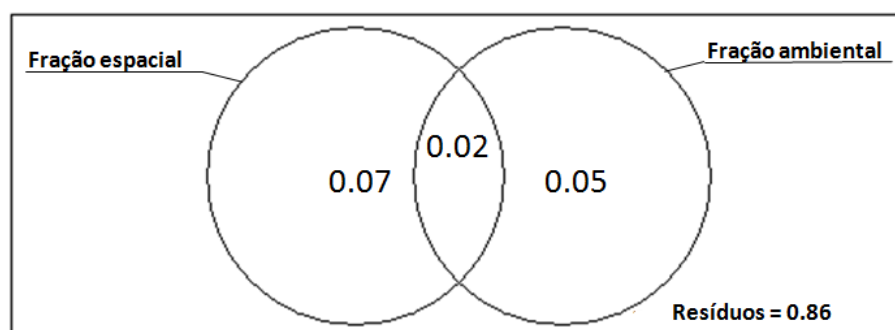


Figura 10. Contribuição relativa (% de explicação) das variáveis ambientais e espaciais, e os componentes partilhados para explicar a variabilidade da distribuição de Culicidae e componente não explicado.

Tabela VIII. Tabela de partição de variâncias (RDAP) das frações espaciais e ambientais.

	GL	R ²	R ² Ajustado
[a+b] Fração espacial	3	0,25619	0,07027
[b+c] Fração ambiental	3	0,24828	0,06035
[a+b+c] F. espacial + F. ambiental	6	0,46504	0,10840
[a] F. espacial / F. ambiental	3		0,04804
[b]	0		0,02219
[c] F. ambiental / F. espacial	3		0,03816
Resíduos			0,89160

5. DISCUSSÃO

A revisão dos últimos 44 anos de artigos publicados, tendo como foco o estudo da fauna de Culicidae no Estado do Paraná, permitiu delinear um cenário de ocorrência de um número expressivo de espécies que já foram coletadas, utilizando diferentes procedimentos e equipamentos de coleta e habitat. A riqueza de espécies registrada representa 38% da fauna de Culicidae descrita para o neotrópico (Amorim *et al.* 2002) e 40% de todas as espécies válidas em território Nacional (Guedes 2012).

Nos inventariamentos da fauna, o depósito de material testemunho em coleções científicas oficiais deve ser uma prática fundamental. Os exemplares catalogados em museus fornecem subsídios para documentação, comparação e confirmação de espécies, elaboração de estudos morfológicos, ecológicos e conservacionistas, e ainda como ferramenta de preservação do patrimônio biológico. Nossos resultados demonstram que um número expressivo de trabalhos não indica o depósito em coleções. Isso prejudica a reavaliação desse material e a obtenção de informações sobre determinadas áreas e espécies. Sendo assim, aproximadamente 88 espécies são registradas na literatura, mas não possuem exemplares disponíveis catalogados em coleções no Estado.

Na Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure, Culicidae é uma das famílias mais representativas em número de espécies e de indivíduos do estado do Paraná (Tissot & Silva 2008) e conta, atualmente, com mais de 17 mil exemplares, distribuídos em 22 gêneros e 100 espécies. Dessa maneira, recorreremos a estes registros para a confirmação da ocorrência e a determinação de espécies.

A espécie *Oc. (Pcx.) serratus*, coletado de leste a oeste do Estado (Tissot & Navarro-Silva 2004, Müller *et al.* 2008) pode ser indicado como um grupo de espécies (Forattini 2002), pois é bastante variável quanto à presença ou ausência da faixa

longitudinal pleural, constituída de elementos claros, que permitem a separação de espécies do complexo (Belkin *et al.* 1970). Portanto, alguns registros podem corresponder à outra espécie, *Oc. (Pcx.) nubilus* (Theobald 1903).

Também, a espécie *An. (An.) mediopunctatus* pode ser confundida com *An. (An.) costai* ou *An. (An.) forattinii* uma vez que as três espécies não podem ser identificadas por meio das características morfológicas de exemplares fêmeas adultas (Forattini 2002). Caso essas espécies venham a ser confirmadas e diferenciadas, o Estado terá a riqueza alterada e as áreas de distribuição dessas espécies melhor definidas.

Com o método de resgate de informação utilizado, foram registradas 188 espécies, distribuídas em 22 gêneros. Várias espécies estão associadas ao ciclo de transmissão de agentes etiológicos, como por exemplo, *Anopheles (Ker.) cruzii* e *Anopheles (Nys.) darlingi*, considerados vetores da malária em diferentes feições da vegetação e regiões do Paraná (Forattini 2002).

No primeiro caso, a espécie apresenta importância epidemiológica em áreas de Floresta Ombrófila Densa. Pois, além de já ter sido encontrada infectada com o *Plasmodium* sp. (Amaral 1942, Corrêa 1943), costuma estar presente em predominância em detrimento de outras espécies (Bona & Navarro-Silva 2008, Santos Neto & Lozovei 2008), podendo representar mais da metade dos Culicidae da amostra coletada (Guedes 2014).

A espécie *An. (Nys.) darlingi* apresenta grande tendência a domiciliação e está dispersa em praticamente todas as áreas de Floresta Estacional Semidecidual do terceiro planalto. No início do século XX foi incriminado como vetor no primeiro surto da enfermidade na região norte do Estado (Consolim 1974, Consolim *et al.* 1993, Ferreira & Luz 2003). Com a construção da hidroelétrica de Itaipu, em 1982, o número de casos de malária na região aumentou. Esse fato retornou a atenção à *An. (Nys.) darlingi*, vetor

primário do *Plasmodium* sp., que se encontrava em grande abundância, tendo em vista que os fatores ambientais tornaram-se propícios a sua procriação: o alagamento de vastas áreas para a formação do lago (Consolim *et al.* 1993, Teodoro *et al.* 1995).

A ampla distribuição das espécies *Oc. (Och.) crinifer* e *Oc. (Pcx.) serratus* pode ser explicada quanto às características do gênero em utilizar criadouros dispostos no solo, em recipientes, naturais e artificiais. Estas coleções hídricas podem ser de caráter temporário ou permanente, como áreas alagadas, charcos e pântanos (Forattini *et al.* 1993, Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

Já *Cx. (Cux.) Grupo Coronator*, pode nos remeter a uma imprecisa avaliação. Por se tratar de um complexo de pelo menos cinco espécies, os quais não são identificáveis, apenas pelas características dos espécimes fêmeas (Bram 1967), é possível que, devido às dificuldades diagnósticas, a área de distribuição dos representantes do complexo seja superestimada. Da mesma forma, ela pode ser subestimada se levarmos a efeito a biologia desta(s) espécie(s), o ecletismo para a escolha de criadouros e a tendência exofílica que contribuem para a dispersão das espécies (Forattini *et al.* 1995, Forattini 2002).

Embora *Sa. (Pey.) aurescens* seja frequente nos ambientes florestais do Paraná (Müller *et al.* 2009), no presente estudo, foi diagnosticada apenas para os ambientes de Floresta Ombrófila. Muito embora já fossem coletados em ambientes de Floresta Estacional Semidecidual (Zequi & Lopes 2001). Tal constatação pode ser resultado dos critérios adotados para a formulação da matriz de dados utilizada nas análises estatísticas (Item 3.3), tendo em vista que o registro da espécie em ambiente de FES deu-se pela coleta de imaturos.

A ausência de *An. (Ker.) bellator*, *Cq. (Ryn.) chrysonotum*, *Ps. (Jan.) champerico* e *Gc. (Hor.) fluviatilis* para o primeiro planalto paranaense, de *Oc. (Och.)*

scapularis, *Cx. (Cux.) quinquefasciatus*, *Hg. (Con.) leucocelaenus* e *Ps. (Jan.) ferox* no segundo planalto e de *Sl. hortator* e *Li. durhamii* em ambos os planaltos (1° e 2°), também pode ser explicada pelos critérios adotados para a formulação da matriz de dados. Levando em conta registros realizados por outros autores (Forattini & Sallum 1990, Consolim *et al.* 1993, Silva & Lozovei 1999, Silva *et al.* 2004, Guimarães *et al.* 2003, Barbosa *et al.* 2003, Tissot & Navarro-Silva 2004, Barbosa *et al.* 2007 Bona & Navarro-Silva 2008, Müller *et al.* 2008), e a ocorrência destas espécies nas formações vegetais de Floresta Ombrófila Densa, Mista e Floresta Estacional Semidecidual, a distribuição pode ser considerada mais ampla do que registrada neste estudo.

Além das especificidades biológicas requeridas por *An. (Ker.) bellator*, pode-se explicar de duas maneiras sua dispersão: passiva (Rachou *et al.* 1949), na qual são transportados por veículos de transportes coletivo, e ativa (Ferreira *et al.* 1969), considerando que o raio de voo pode chegar a 1.000 metros diários.

As espécies *Oc. (Och.) scapularis*, *Cx. (Cux.) quinquefasciatus*, *Cq. (Ryn.) chrysonotum*, *Gc. (Hor.) fluviatilis*, *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *Ps. (Jan.) ferox*, *Ps. (Jan.) champerico*, *Sl. hortator* e *Li. durhamii* são comuns em levantamentos em todas as áreas do Estado, é possível indicar que as exigências quanto a criadouros ou fontes de repasto sanguíneo são oferecidas em qualquer paisagem fitofisionômica (Forattini 2002).

A ocorrência das espécies em todas as fitofisionomias e a ausência de registro para determinadas unidades geográficas, como descritas acima, indica que estas espécies não dependem de formações geográficas, mas, possivelmente de características microclimáticas favoráveis, como a disponibilidade de criadouros e fontes de repasto sanguíneo.

A existência de *An. (Ker.) cruzii* nos domínios de Floresta Ombrófila é muitas vezes caracterizada pela elevada abundância (Guimarães *et al.* 2000, Bona & Navarro-Silva 2008, Guedes & Navarro-Silva 2014). Tendo em vista que o agente etiológico da malária já foi isolado nesta espécie, ressalta-se a importância epidemiológica deste anofelino (Forattini 2002). Seus criadouros naturais são do tipo fitotelmata, assim, a oferta de diversos exemplares de Bromeliaceae, juntamente com características climáticas sempre favoráveis, um regime hídrico constante e a existência de fontes de repasto sanguíneo (Marrelli *et al.* 2007), suporta sua presença comum em toda a extensão deste domínio florestal.

A não existência deste anofelino nas áreas de FES é ocasionada também pelo clima encontrado na área, na qual a flora está condicionada a um período de baixa precipitação pluviométrica, não permitindo assim a manutenção de volume adequado de água para o desenvolvimento de imaturos em Bromeliáceas.

As espécies exclusivas na Floresta Estacional Semidecidual têm significado epidemiológico na transmissão do agente etiológico da malária. O vetor principal no Estado e em todo território Nacional, *An. (Nys.) darlingi* (Rachou & Gaberlini-Júnior 1950), e os secundários *An. (Nys.) albitarsis* e *An. (Nys.) argyritarsis*, apresentam biologia semelhante, utilizam coleções líquidas permanentes como criadouros, margens de rios e lagos com vegetação abundante e não afetados diretamente pelo regime pluviométrico, mas, também podem utilizar pequenas depressões no solo ou em rochas capazes de reter água após a ocorrência de chuvas (Guimarães *et al.* 1997, Tadei *et al.* 1998, Forattini 2002). Estes dois cenários, são disponibilizados pela formação vegetal, geográfica e climática da área.

Sabethes (Sab.) chloropterus mantém algumas arboviroses entre populações de primatas não humanos, e também o vírus da febre amarela (Forattini 1965, Vasconcelos

2010). Apresenta um comportamento de oviposição ligado ao local de desenvolvimento das larvas, principalmente ocos de árvores (Forattini 2002), sendo que para isso, tendem a utilizar como criadouro árvores com diâmetro elevado, pois nestas, há maior possibilidade da preservação de água acumulada, levando em conta o regime climático limitado e característico da Floresta Estacional Semidecidual.

A espécie *Cx. (Mel.) ribeirensis* é encontrada em área da vegetação heterogênea do Sul do País, Floresta Ombrófila Densa (Roderjan *et al.* 1993). Os espécimes de *Culex* do subgênero *Melanoconion* demonstram capacidade de adaptação aos ambientes com alto grau de alteração, sendo *Cx. (Mel.) ribeirensis* dominante nestes ambientes (Forattini *et al.* 1978, Gomes *et al.* 1987). Foi descrito em áreas de planície litorânea e na encosta da Serra do Mar de São Paulo (Forattini & Sallum 1985, Forattini *et al.* 1991, Santos-Neto & Lozovei 2008).

Devido a esta capacidade de adaptação a ambientes antropizados, desenvolve seu ciclo de vida próximo das habitações humanas situadas perto de fragmentos florestais, podendo assim, habitar fragmentos de vegetação impactados ou em processo de regeneração (Forattini & Massad 1998). Dessa forma, também estabelece a conexão entre os hospedeiros e diversos arbovírus (Forattini 2002).

As possíveis variáveis que influenciam o estabelecimento de populações Culicidae e o sucesso na ocupação em diferentes áreas são determinadas pela escolha e adaptação de um conjunto de fatores locais, abióticos, (luminosidade, temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, luminosidade, variáveis físico-químicas, disponibilidade de criadouros, diferenças topográficas, entre outras) e bióticos (fontes de repasto sanguíneo, predação, competição, presença de impacto antrópico, presença de vegetação, entre outros) (Forattini *et al.* 1968, De Kruijf *et al.* 1973, Guimarães & Arlé 1984).

As variáveis espaciais refletem processos baseados na capacidade de dispersão das espécies e da aptidão na utilização dos recursos gerados a partir da heterogeneidade ambiental (Tilman 1987), suportando maior ou menor número de organismos (em abundância e/ou riqueza) (Townsend *et al.* 2006).

As duas formações de Floresta Ombrófila contêm riqueza similar, muito embora apenas cerca de 27% das espécies são compartilhadas. A planície litorânea apresenta a mesma divisão climática (zona tropical) e fitofisionômica, porém a Floresta Ombrófila Densa é a formação vegetal que provavelmente viabiliza maior multiplicidade de criadouros e fontes de repasto sanguíneo.

No terceiro planalto encontramos maior variação quanto ao clima (zona tropical, temperada e subtropical), formações vegetais (FES e FOM), e grandes bacias hidrográficas, que conferem condições propícias ao desenvolvimento de Culicidae, e juntamente com o grande esforço amostral nestas áreas, é registrado um número superior de espécies.

As variáveis utilizadas como descritores explicaram em parte a distribuição da composição das comunidades de Culicidae. Mas, a tendência de locais mais próximos apresentarem comunidades mais similares (Pandit *et al.* 2009), não foi totalmente corroborada.

Considerando o padrão de ocorrência das espécies é possível a existência de efeito de diluição na distribuição das comunidades. Dessa forma, há certa homogeneização da estrutura das comunidades em escala regional, gerando interpretações limitadas, tanto de fatores ligados ao nicho quanto a dispersão.

Assim, na escala estudada, os determinantes da dinâmica descritora das comunidades de Culicidae sugerem que a estrutura espacial, ligada a dispersão de

espécies, é influenciada também pela heterogeneidade ambiental de acordo com a especificidade de cada espécie.

Uma comunidade neutra deveria apresentar padrões aleatórios de espécies com ocorrência simultânea, respeitando nichos espaciais e limitações na capacidade de dispersão (Amareskake 2003, Gilbert *et al.* 2008). Este estudo rejeita a hipótese de uma comunidade ser estruturada de acordo com o modelo neutro puro (Leibold & McPeck's 2006), pois espécies co-ocorrem em diferentes fitofisionomias e planaltos, como por exemplo, *Cq. (Ryn.) chrysonotum*, *Gc. (Hor.) fluviatilis*, *Hg. (Con.) leucocelaenus* e *Ps. (Jan.) ferox*.

Uma variedade de condições possíveis de exercer efeito na estruturação das comunidades de Culicidae, em escala local, como os criadouros, o tamanho e volume de água, assim como a possibilidade de seca, podem variar consideravelmente em pequenas escalas espaciais e podem influenciar a riqueza e a densidade de espécies (Bradshaw & Holzapfel 1983, Paradaise & Dunson 1998, Paradaise 2004). A concentração de nutrientes nos criadouros pode influenciar a abundância microbiana (Walker *et al.* 1991) e assim o crescimento, desenvolvimento, sobrevivência e riqueza de espécies em determinadas áreas.

A abordagem utilizada no presente estudo, fundamentalmente reducionista, é concentrada apenas na riqueza como descritor da comunidade. Dessa maneira, medidas de manejo integrado de vetores (Danasekaran *et al.* 2014) e conservacionistas podem ficar restritas à apenas uma parcela da comunidade e não evidenciar, por exemplo, alterações mais sutis na composição de espécies que são vetores de algum agravo à saúde humana.

O desmatamento e o crescimento urbano contribuem para a fragmentação florestal, e têm impacto significativo na transmissão de agravos à saúde nos últimos

anos. Os remanescentes florestais podem diferir nos componentes bióticos e abióticos (Saunders *et al.* 1991), mesmo pertencendo a uma mesma formação vegetal ou geográfica.

Consequentemente, a fragmentação da floresta pode influenciar os padrões locais e regionais de diversidade (Murcia 1995, Ries *et al.* 2004). E, considerando a possibilidade do comportamento sinantrópico de alguns Culicidae, respostas biológicas, como resistência aos inseticidas e a adaptação às transformações ambientais de origem antrópica (Service 1991, 1993, Chaves & Koenraadt 2010, Chaves *et al.* 2011), são esperadas.

Estudos detalhados sobre o comportamento dinâmico dos padrões atuais representam um grande progresso e também fornecem previsões específicas que poderiam ser testados no campo.

A retomada da utilização de escala regional em estudos com Culicidae no Estado do Paraná e a perspectiva da utilização de parâmetros biológicos e ecológicos, envolvidos na estruturação e dinâmica das comunidades, contribuem para a tomada de decisão nas áreas de saúde pública e conservacionista.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Estado do Paraná foram registradas, com base na busca em artigos científicos e coleções biológicas, 40% da fauna de Culicidae do território Nacional, sendo 188 espécies, distribuídas em 22 gêneros.

As espécies *Oc. (Och.) crinifer* e *Oc. (Pro.) serratus* ocorrem em todas as formações geográficas e fitofisionômicas do Estado do Paraná.

As espécies *Oc. (Och.) scapularis*, *Cx. (Cux.) quinquefasciatus*, *Cq. (Ryn.) chrysonotum*, *Gc. (Hor.) fluviatilis*, *Hg. (Con.) leucocelaenus*, *Ps. (Jan.) ferox*, *Ps. (Jan.) champerico*, *Sl. hortator* e *Li. durhamii* podem ser coletadas em qualquer ponto do Estado, desde que o ambiente local forneça condições favoráveis para seu desenvolvimento.

O clima, regime hídrico local e o tipo de criadouros utilizados por *An. (Ker.) cruzii*, nos domínios de Floresta Ombrófila, restringe a ocorrência da espécie às áreas de planície litorânea e primeiro planalto. Muito embora, a área de distribuição deste anofelino possa ser ampliada de acordo com a alteração dos fatores limitantes.

A geografia do terceiro planalto paranaense, que apresenta extensa rede hidrográfica, propicia a reprodução e desenvolvimento de *An. (Nys.) darlingi*, *An. (Nys.) albitarsis*, *An. (Nys.) argyritarsis*, vetores do agente etiológico da malária no Estado.

Devido à capacidade de adaptação em ambientes antropizados, *Cx. (Mel.) ribeirensis* realiza a conexão entre os hospedeiros e agentes causadores de enfermidades no ciclo de transmissão de arboviroses. A ocorrência dessa espécie em áreas pertencentes ao Bioma de Mata Atlântica eleva a importância epidemiológica deste anofelino, tendo em vista a grande transformação da área florestal em áreas urbanas.

Não há evidência de que a dispersão altera a dinâmica que foi encontrada dentro da área estudada. Estes resultados indicam que as comunidades de mosquitos foram estruturadas pela história de vida e de habitat.

A variável geográfica influencia na composição as comunidades de Culicidae pois está diretamente relacionada a formação vegetal, na oferta de criadouros, e podem preservar minimamente as condições primitivas dos ambientes.

A grande maioria dos estudos realizados no Estado não informa ou não há depósito do material testemunho em coleções científicas. A coleção mais representativa de exemplares do Estado no território nacional é a Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure, a qual contém 22 gêneros e 100 espécies, ou seja, mais de 50% da fauna registrada publicada. Estes números explicitam a necessidade de se propagar a importância do depósito de material em coleções científicas.

O estudo da fauna de Culicidae deve levar em consideração tanto a importância da espécie para saúde pública, como o conhecimento amparado por análises ecológicas. Dessa maneira, as políticas públicas de prevenção de agravos associados a estes vetores são amparados por técnicas que permitem a utilização de conhecimento para a diagnose de problemas causados pela população humana e a preservação do meio ambiente.

Existe, ainda, a necessidade de se avaliar e particionar os efeitos adaptativos e históricos em escala local e regional para determinar quais os fatores que influenciam a dinâmica das comunidades de Culicidae. É fundamental na obtenção de um amplo panorama dos processos ecológicos envolvidos, o estudo de como descritores ambientais e espaciais se diferenciam ou reúnem espécies de Culicidae.

7. REFERÊNCIAS

- Ab'Sáber A 2003. *Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas*. Ateliê Editoria. São Paulo, 2ed. 159p.
- Amaral J 1942. Infecção natural de *Nyssorhynchus-Kerteszia* espécies *cruzii* e *bellator*. *Folia Med* 23: 171.
- Amareskake P 2003. Competitive coexistence in spatially structured environments: a synthesis. *Ecol Lett* 6: 1109-1122.
- Amorim DS, Silva VC, Balbi MIPA 2002. Estado do conhecimento dos Diptera neotropicais. *PriBES* 2: 29-36.
- Anderson MJ 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- Andrade RM, Rachou RG, Souza MA 1954. Observações preliminares sobre as variações estacionais de alguns fatores físico e químicos nas águas de criadouros de *Anopheles darlingi* no Sul do Brasil. *Rev Bras Mal e Doencas Trop* 6(3): 415-418.
- Anjos AF, Navarro-Silva MA 2008. Culicidae (Insecta: Diptera) em área de Floresta Atlântica, no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Sci Biol Sci* 30(1): 23-27.
- Aragão MB 1964. Distribuição geográfica e abundância das espécies de *Anopheles* (*Kerteszia*) (Diptera, Culicidae). *Rev Bras Mal e Doencas Trop* 16(1): 73-109.
- Aragão MB 1974. O comportamento dos anofelinos do subgênero *Kerteszia*, no sul do Brasil e o efeito do inseticida DDT. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 72(3/4): 147-148.
- Barbosa AA, Navarro-Silva MA, Calado D 2003. Atividade de Culicidae em remanescente florestal na região urbana de Curitiba (Paraná, Brasil). *Rev Bras Zool* 20(1): 69-63.
- Barbosa AA, Silva MAN, Sallum MAM 2007. *Mansonia* (*Mansonia*) *iguassuensis* sp. nov. (Diptera: Culicidae) from Brazil. *Zootaxa* 1527: 45-52.
- Barbosa OC, Teodoro U, Lozovei AL, Filho VLS, Spinosa RP, Lima EM, Ferreira MEMC 1993. Nota sobre culicídeos adultos coletados na região sul do Brasil. *Rev Saude Pbl* 27(3): 214-216.

- Belkin JN, Heinemann SJ, Page WA 1970. Mosquito Studies (Diptera, Culicidae) XXI. The Culicidae of Jamaica. *Contrib Amer Entomol Inst* 6(1): 1-458.
- Bona ACD, Navarro-Silva MA 2008. Diversidade de Culicidae durante os períodos crepusculares em bioma de Floresta Atlântica e paridade de *Anopheles cruzii* (Diptera: Culicidae). *Rev Bras Zool* 25(1): 40-48.
- Borcard D, Legendre P 2002. All-scale spatial analysis of ecological data by means of Principal coordinates of neighbor matrices. *Ecol Model* 153: 51-68.
- Borcard D, Legendre P, Drapeu P 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73: 1045-1055.
- Bradshaw WE, Holzapfel CM 1988. Drought and the organization of tree-hole mosquito communities. *Oecologia* 74: 507-514.
- Bram RA 1967. Classification of *Culex* subgenus *Culex* in the New World (Diptera: Culicidae). *Proc United States Museum* 120(3557): 1-122.
- Brown JH 1995. *Macroecology*. Chicago: University of Chicago Press, 284p.
- Calado DC, Navarro Silva MA 2001. Comunidade de mosquitos (Diptera, Culicidae) em recipientes antrópicos introduzidos em área rural e urbana da região metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. *Rev Braz Zool* 18(1): 51-60.
- Calado DC, Navarro-Silva MA 2005. Identificação de *Anopheles (Kerteszia) cruzii* Dyar & Knab e *Anopheles homunculus* Komp (Diptera, Culicidae, Anophelinae) através de marcadores moleculares (RAPD e RFLP). *Rev Bras Zool* 22(4): 1127-1133.
- Chase JM 2003. Community assembly: when should history matter? *Oecologia* 136(4): 489-498.
- Chaves LF, Hamer GL, Walker ED, Brown WM, Ruiz MO, Kitron UD 2011. Climatic variability and heterogeneity impact urban mosquito diversity and vector abundance and infection. *Ecosphere* 2: (70).
- Chaves LF, Koenraadt CJM 2010. Climate change and highland malaria: fresh air for a hot debate. *Q Rev Biol* 85: 27-55.
- Consoli RAGB, Lourenço-de-Oliveira R 1994. *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 228 p.

- Consolim J 1974. Sobre os Anofelinos do Rio Paraná. II. Comportamento do inseto em relação ao homem e à habitação. *Braz Arch Biol Tech* 17: 24-29.
- Consolim J, Fagundes MS 1981. Sobre os Anofelinos do Rio Paraná. IV - Infecção experimental de quatro espécies com *Plasmodium vivax*. *Braz Arch Biol Tech* 24(4): 417-423.
- Consolim J, Galvão JT 1973. Sobre os anofelino do Rio Paraná. I. Densidade e regime do rio. *Arq Biol Tecnol* 16: 174-181.
- Consolim J, Luz E, Vieira AM, Borba AM 1979. Alguns aspectos epidemiológicos sobre a persistência de transmissão de Malária no litoral Paranaense. III. Entrada e permanência de *Anopheles cruzii* na habitação humana. *Braz Arch Biol Tech* 22(2): 173-179.
- Consolim J, Pellegrini NJM, Luz E 1993. Culicídeos (Diptera, Culicidae) do Lago de Itaipú, Paraná. Brasil. I. Município de Foz do Iguaçu. *Acta Biol Par* 22: 83-90.
- Corrêa RR 1943. Da infecção natural, pela plasmodiose malárica, do “*Anopheles (Kerteszia) cruzii*” D.-K. 1908. *Folia Clin Biol* 13: 23-32.
- Costa Ribeiro MCV, Santos-Neto 2001. Primeiro registro de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) (Diptera, Culicidae) em Morretes, planície litorânea do Estado do Paraná, Brasil. *Rev Braz Zool* 1: 347-348.
- Cottenie K 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecol Lett* 8: 1175-1182.
- Danasekaran R, Mani G, Annadurai K, Ramasamy J 2014. Small bite, big threat: The burden of vector-borne diseases. *Iran J Pulb Health* 43(7): 1014-1015.
- De Kruijf HAM, Woodall JP, Tang AT 1973. The influence of accumulated rainfall and its pattern on mosquito (Diptera) populations in Brazil. *Bull Entomol Res* 63(2): 327-333.
- Ferreira E, Corrêa RR, Tomich A, Teles-de-Sá F 1969. Estudo sobre o raio de voo de *Anopheles (Kerteszia) cruzii* e *Anopheles (Kerteszia) bellator* em Guaratuba, litoral do Estado do Paraná, Brasil. *Rev Bras Mal e Doencas Trop* 21: 819-822.
- Ferreira S, Luz E 2003. Malária no Estado do Paraná. Aspectos históricos e prognose. *Acta Biol Paranaense* 32: 129-156.

- Forattini OP 1965. *Entomologia Médica* v. 3. São Paulo, Edusp, 416p.
- Forattini OP 2002. *Culicidologia Médica*, São Paulo, EDUSP, 864p.
- Forattini OP, Gomes AC, Galati EAB, Rabello EX, Iversson LB 1978. Estudos ecológicos sobre mosquitos Culicidae no Sistema da Serra do Mar, Brasil. 1 - Observações no ambiente extradomiciliar. *Rev Saude Pbl* 12: 297-325.
- Forattini OP, Gomes AC, Kakitani I, Marucci D 1991. Observações sobre domiciliação de mosquitos *Culex* (*Melanoconion*) em ambiente com acentuadas modificações antrópicas. *Rev Saude Pbl* 25: 257-266.
- Forattini OP, Kakitani I, Massad E, Marucci D 1993. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment. 2- Immature stages research at a rice irrigation system location in South-Eastern Brazil. *Rev Saude Pbl* 27: 227-236.
- Forattini OP, Kakitani I, Massad E, Marucci D 1995. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment. 10- Survey of adult behavior of *Culex nigripalpus* and other species of *Culex* (*Culex*) in South-Eastern Brazil. *Rev Saude Pbl* 29: 271-278.
- Forattini OP, Lopes OS, Rabelo EX 1968. Investigações sobre o comportamento de formas adultas de mosquitos silvestres no Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Saude Pbl* 2: 111-173.
- Forattini OP, Massad E 1998. Culicidae vectors and anthropic changes in a Southern Brazil natural ecosystem. *Ecosys Health* 4: 9-19.
- Forattini OP, Sallum MAM 1985. A new species of *Culex* (*Melanoconion*) from southern Brazil (Diptera: Culicidae). *Rev Saude Pbl* 19: 171-182.
- Forattini OP, Sallum MAM 1990. Redescription of *Culex* (*melanoconion*) *lopesi* Sirivanakarn and Jakob 1979, with the description of immature stages (Diptera: Culicidae). *Mosq Syst* 22(1): 57-66.
- Gilbert B, Srivastava DS, Kirby KR 2008. Niche partitioning at multiple scales facilitates coexistence among mosquito larvae. *Oikos* 177: 944-950.
- Gillett JD 1943. Notes on the subgenus *Coquillettidia* Dyar (Diptera, Culicidae). *Bull Entomol Res* 36: 425-38.

- Gomes AC, Forattini OP, Natal D 1987. Composição e atividade de mosquitos Culicidae. Emprego de armadilha CDC no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Saude Pbl* 21(5): 363-370.
- Guedes MLP 2012. Culicidae (Diptera) no Brasil: relação entre diversidade, distribuição e enfermidades. *Oecologia Australis* 16(2): 283-296.
- Guedes MLP, Navarro-Silva MA 2014. Mosquito community in dynamics landscapes from the Atlantic Forest biome (Diptera, Culicidae). *Rev Braz Entomol* 58(1): 88-94.
- Guimarães AE, Arlé M 1984. Mosquitos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.1. Distribuição estacional. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 79(3): 309-323.
- Guimarães AE, Lopes CM, Mello RP, Alencar J 2003. Ecologia de mosquitos (Diptera, Culicidae) em áreas do Parque Nacional do Iguazu, Brasil. 1 – Distribuição por habitat. *Cad Saude Pbl* 19(4): 1107-1116.
- Guimarães AE, Mello RP, Lopes CM, Alencar J, Gentile C 1997. Prevalência de Anofelinos (Diptera: Culicidae) no Crepúsculo Vespertino em Áreas da Usina Hidrelétrica de Itaipu, no Município de Guaíra, Estado do Paraná, Brasil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 92(6): 745-754.
- Guimarães AE, Mello RP, Lopes CM, Gentile C 2000. Ecology of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Areas of Serra do Mar State Park, State of São Paulo, Brazil. I – Monthly Frequency and Climatic Factors. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 95(1): 1-16.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Eletrônica* 4(1): 1-9.
- Harbach RE 2007. The Culicidae (Diptera): a review of taxonomy, classification and phylogeny. *Zootaxa* 1668: 591-638.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 25: 1965-1978.
- Hubbell SP 2001. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 448p.

- IAP - Instituto Ambiental do Paraná 1999. *Resumo das principais informações de unidades de conservação do estado do Paraná*. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Curitiba.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa da vegetação do Brasil*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, 1993.
- ITCF – Instituto de Terras, Cartografia e Florestas 1987. *Atlas do Estado do Paraná*. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná/Instituto de Terras, Cartografia e Florestas/Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 73p.
- Jongman RHG, Ter Braak CJF, Van Tongeren OFR 1995. *Data analysis in community and landscape ecology*. 2nd ed.,Cambridge, Cambridge Univ. Press, 127p.
- Koppen W 1936. *Das geographische System der Klimate*. Handbuch der Klimatologie, Bd. 1, Teil C), Berlin, 44p.
- Lambert ZV, Wildt AR, Durand RM 1988. Redundancy analysis - an alternative to canonical correlation and multivariate multiple-regression in exploring interest associations. *Psychol Bull* 104: 282-289.
- Leibold MA, Holyoak M, Mouquet M, Amarasekare PJ, Chase M, Hoopes MF 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecol Lett* 7: 601-613.
- Leibold MA, McPeck's MA 2006. Coexistence of the niche and neutral perspectives in community ecology. *Ecology* 87: 1399-1410.
- Lopes J, Lozovei AN 1995. Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do Norte do Estado do Paraná, Brasil. I-Coletas ao Longo do leito de ribeirão. *Rev Saude Pbl* 29(3): 183-191.
- Lopes J, Lozovei AN 1996. Ecologia de mosquitos (Diptera, Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do norte do Paraná, Brasil. II. Coletas com isca humana *Rev Bras Zool* 13(3): 585-596.
- Lopes J, Silva MAN, Borsato AM, Oliveira VDRB, Oliveira FJA 1993. *Aedes (Stegomyia) aegypti l.* e a culicideofauna associada em área urbana da Região Sul, Brasil. *Rev Saude Pbl* 27(5): 326-333.

- Lopes J, Zequi JAC, Nunes V, Oliveira O, Neto BPO, Rodrigues W 2002. Immature Culicidae (Diptera) Collected from the Igapó Lake located in the Urban area of Londrina, Paraná, Brazil. *Braz Arch Biol Techn* 45(4): 465-471.
- Lopes J 1997a. Ecologia de mosquitos (Diptera, Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do norte do estado do Paraná, Brasil. VI. Coletas de larvas no Peridomicílio. *Rev Bras Zool* 14(3): 571-578.
- Lopes J 1997b. Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do Norte do Estado do Paraná, Brasil. V - Coleta de larvas em recipientes artificiais instalados em mata ciliar. *Rev Saude Pbl* 31(4): 370-377.
- Lozovei AL 1998. Mosquitos Dendrícolas (Diptera, Culicidae) em Internódios de Taquara da Floresta Atlântica, Serra do Mar e do Primeiro Planalto, Paraná, Brasil. *Braz Arch Biol Techn* 41(4): 501-510.
- Lozovei AL 2001. Microhabitats de mosquitos (Diptera, Culicidae) em Internódios de Taquara na Mata Atlântica, Paraná, Brasil. *Iheringia Ser Zool* 90: 3-13.
- Lozovei AL, Luz E 1976. Diptera Culicidae em Curitiba e arredores. I. Ocorrência. *Arq Biol Tecnol* 19: 25-42.
- Lutz A 1905. Novas espécies de mosquitos do Brasil. *Imprensa Médica* 13(2): 26-29.
- Luz E, Consolim J, Vieira AM, Borba AM 1979. Alguns aspectos epidemiológicos da persistência de transmissão de malária no litoral Paranaense. I. Idade Fisiológica de *Anopheles cruzii* (Diptera, Culicidae). *Arq Biol Tecnol* 22(1): 63-88.
- Maack R 2012. *Geografia Física do Estado do Paraná*, 4 ed. Editora UEPG, Ponta Grossa, Paraná, 526p.
- Marrelli MT, Malafonte RS, Sallum MAM, Natal D 2007. *Kerteszia* subgenus of *Anopheles* associated with the Brazilian Atlantic rainforest: current knowledge and future challenges. *Malar J* 6:127 doi: 10.1186/1475-2875-6-127
- Mattos SS, Guedes AS, Xavier SH 1978. Uma espécie nova de *Culex* (*Culex*) que se cria em Umbelífera (Diptera, Culicidae). *Rev Bras Biol* 38(1): 31-35.
- McArdle BH, Anderson MJ 2001. Fitting multivariate models to community data: A comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82: 290-297.

- Motoki MT, Bourke BP, Bergo ES, Silva AM, Sallum MAM 2011. Systematic notes of *Anopheles konderi* and its first record in Paraná State, Brazil. *J Am Mosquito Contr* 27(3):191-200.
- Motoki MT, Wilkerson RC, Sallum MAM 2009. The *Anopheles albitarsis* complex with the recognition of *Anopheles oryzalimnetes* Wilkerson and Motoki, n. sp. and *Anopheles janconnae* Wilkerson and Sallum, n. sp. (Diptera: Culicidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104(6): 823-850.
- Müller GA, Kuwabara EF, Duque JE, Navarro-Silva MA, Marcondes CB 2009. New records of mosquito species (Diptera: Culicidae) for Santa Catarina and Paraná (Brazil). *Biota Neotropica*, 8(4): 7-15.
- Murcia C 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends Ecol Evol* 10: 58-62.
- Oka-Fiori C, Cordeiro Santos LJ 2006. *Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná – Escala base 1: 25.000, modelos reduzidos 1:5000/ Minerais do Paraná*. Universidade federal do Paraná, Curitiba, 63p.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H 2013. *Vegan* - Community Ecology Package. [updated 2010 Set 09; cited 2014 Jul 5]. Available from: <http://cran.r-project.org>, <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.
- Pandit SN, Kolasa J, Cottenie K 2009. Contrasts between habitat generalists and specialists: an empirical extension to the basic metacommunity framework. *Ecology* 90: 2253-2262.
- Paradise CJ 2004. Relationship of water and leaf litter variability to insects inhabiting treeholes. *J N Am Benthol Soc* 23: 793-805.
- Paradise CJ, Dunson WA 1998. Relationship of atmospheric deposition to the water chemistry and biota of treehole habitats. *Environ Toxicol Chem* 17: 362-368
- Peres-Neto PR, Legendre P, Day S, Bocard D 2006. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology* 87: 2614-2625.
- Peryassú A 1922. Duas novas espécies de mosquitos do Brasil. *A Folha Médica* 3: 179.

- Pielou EC 1984. *The interpretation of ecological data; a primer on classification and ordination*. Wiley, New York, 261p.
- R. Development Core Team 2011. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [updated 2010 Set 09; cited 2014 Jul 5]. Available from: <http://www.R-project.org>.
- Rachou RG, Garbelini-Junior J 1950. Comprovação do *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root, 1926 como vetor de malária no Norte do Paraná. *Rev Bras Mal e Doencas Trop* 2(3): 272-277.
- Rachou RG, Lobo A, Luz E 1954. Atualização da distribuição geográfica dos anofelinos do Estado do Paraná. *Rev Bras Mal e Doencas Trop* 6(4): 525-532.
- Rachou RG, Ricciardi I 1951. Contribuição ao conhecimento da distribuição geográfica dos anofelinos no Brasil: Estado do Paraná (Distribuição por municípios e localidades). *Rev Bras Mal* 3(3): 423-447.
- Rachou RG, Ricciardi I, Luz E 1949. Da dispersão ativa e passiva de anofelinos do subgênero *Kerteszia*. *Rev Bras Mal e Doencas Trop* 1(3): 65-72.
- Ries LR, Fletcher RJ, Battin J, Sisk TD 2004. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. *Annu Rev Ecol Syst* 35: 491-522.
- Roderjan CV, Galvão F, Kuniyoshi YS, Hatschbach GG 2002. As unidades fitogeográficas do Paraná. *Ciência & Ambiente* 24: 75-91.
- Roderjan CV, Kuniyoshi YS, Galvão F 1993. As regiões fitogeográficas do estado do Paraná. *Acta For Bras* 1: 1-6.
- Rueda LM 2008. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 477-487.
- Sallum MAM, Kobayash KM, Forattini OP 2001. Description of Immature Stages of *Culex ocosa* Dyar & Knab, *Culex delpontei* Duret and *Culex pereyrai* Duret of the *Melanoconion* Subgenus (Diptera: Culicidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 96(7): 927-943.
- Sant'Ana AL, Lozovei AL 2001. Influência do ciclo lunar na atividade de voo de *Coquillettidia (Rhynchotaenia) venezuelensis* (Theobald) (Diptera, Culicidae) na Mata Atlântica, Serra do Marumbi, Morretes, Paraná, Brasil. *Rev Bras Zool* 18(2): 365-374.

- Santos-Neto LG, Lozovei AL 2008. Aspectos ecológicos de *Anopheles cruzii* e *Culex ribeirensis* (Diptera, Culicidae) da Mata Atlântica de Morretes, Paraná, Brasil. *Rev Bras Entomol* 52(1): 105-111.
- Saunders DA, Hobbs RJ, Margules CR 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conserv Biol* 5: 18-32.
- Service MW 1991. Agricultural development and arthropod borne diseases: a review. *Rev Saude Pbl* 25: 165-78.
- Service MW 1993. *Mosquito ecology: field sampling method*. Applied Science Publications, London, 988p.
- Silva AM 2002. Imaturos de mosquitos (Diptera, Culicidae) de áreas urbana e rural no norte do estado do Paraná, Brasil. *Iheringia Ser Zool* 92(4): 31-36.
- Silva AM, Menezes RMT 1996. Encontro de *Aedes scapularis* (Diptera: Culicidae) em criadouro artificial em localidade da região Sul do Brasil. *Rev Saude Pbl* 30: 103-104.
- Silva AM, Nunes V, Lopes J 2004. Culicídeos associados a entrenós de bambu e bromélias, com ênfase em *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera, Culicidae) na Mata Atlântica, Paraná, Brasil. *Iheringia Ser Zool* 94(1): 63-66.
- Silva MAN, Lopes J 1985. Dados sobre a potencialidade criadoura de Culicidae (Diptera) do Cemitério São Pedro - Londrina - Paraná. *Semina* 6(3): 133-139.
- Silva MAN, Lozovei AL 1998. Mosquitos (Diptera, Culicidae) capturados com isca humana em área preservada de Curitiba, Paraná. *Rev Bras Zool* 15(4): 965-976.
- Silva MAN, Lozovei AL 1999. Ocorrência de *Haemagogus (Conopostegus) leucocelaenus* (Dyar & Shannon) e *Toxorhynchites (Lynchiella) theobaldi* (Dyar & Knab) em ocos de árvore em capão de mata, Curitiba, Paraná, Brasil. *Rev Bras Zool* 16: (Supl. 1): 257-267.
- SOS MATA ATLÂNTICA 2000. *Atlas dos remanescentes Florestais de Mata Atlântica*. [homepage on the Internet] [updated 2012 Set 3; cited 2014 Jul 5]. Available from: <http://mapas.sosma.org.br/>.
- Tadei WP, Thatcher BD, Santos JMM, Scarpassa VM, Rodrigues IB, Rafael MS 1998. Ecologic observations on anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. *Amer J Trop Med Hyg* 59: 325-335.

Teodoro U, Guilherme ALF, Lozovei AL, Filho VLS, Fukushigue Y, Spinosa RP, Ferreira MEMC, Barbosa OC, Lima EM 1995. Culicídeos do lago de Itaipu, no rio Paraná, Sul do Brasil. *Rev Saude Pbl* 29(1): 6-14.

Teodoro U, Guilherme ALF, Lozovei AL, Filho VLS, Spinosa RP, Ferreira MEMC, Barbosa OC, Lima EM 1994. Mosquitos de ambientes peri e extradomiciliares na região sul do Brasil. *Rev Saude Pbl* 28(2): 107 -115.

Theobald FV 1901. *A Monograph of the Culicidae of the World*. Vol. II, Journal of the New York Entomological Society, London, 392p.

Tilman D 1987. The Importance of the Mechanisms of Interspecific Competition. *The American Naturalist* 129(5): 769-774.

Tissot AC, Navarro-Silva MA 2004. Preferência por hospedeiro e estratificação de Culicidae (Diptera) em área de remanescente florestal do Parque Regional do Iguazu, Curitiba, Paraná, Brasil. *Rev Bras Zool* 21(4): 877-886.

Tissot AC, Navarro-Silva MA 2008. Lista das espécies de Culicidae (Diptera) depositadas na Coleção de Entomologia Pe. J. S. Moure. *Rev Bras Entomol* 52(2): 263-268.

Townsend CR, Begon M, Harper JL 2006. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre, Artmed, 592p.

Vasconcelos PFC 2010. Yellow fever in Brazil: thoughts and hypotheses on the emergence in previously free areas. *Rev Saude Pbl* 44(6): 1144-1149.

Vavrek MJ 2011. *Fossil* - Palaeoecological and Palaeogeographical analysis tools. Palaeontologia Electronica, [updated 2014 Jan 9; cited 2014 Jul 5]. Available from: <http://matthewvavrek.com/programs-and-code/fossil/>

Veloso HP, Junior PF, Klein RM, Siqueira-Jaccoud 1956b. Os anofelinos do subgênero *Kerteszia* em relação á distribuição das bromeliáceas em comunidades florestais do município de Brusque, Estado de Santa Catarina. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 54(1): 1-86.

Veloso HP, Moura JV, Klein RM 1956a. Delimitação ecológica dos anofelíneos do subgênero *Kerteszia* na região costeira do sul do Brasil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 54(3): 517- 542.

Venables WN & Ripley BD 2002. *MASS - Modern Applied Statistics with S*. Springer [updated 2014 Fev 24; cited 2014 Jul 5]. Available from: http://www.planta.cn/forum/files_planta/modern_applied_statistics_with_s_192.pdf

Walker ED, Lawson DL, Merritt RW, Morgan WT, Klug MJ 1991. Nutrient dynamics, bacterial populations and mosquito productivity in tree hole ecosystems and microcosms. *Ecology* 72: 1529–1546.

Weither E, Keddy P 1999. *Ecological assembly rules. Perspectives, advances, retreats*. U.K., Cambridge University Press, 432 p.

WRBU - Walter Reed Biosystematics Unit [homepage on the Internet] [updated 2013 Oct 27; cited 2014 Jul 5]. Available from: <http://www.wrbu.org/>.

Zequi JAC, Lopes J 2001. Culicideofauna (Diptera) encontrada em entrenós de taquara de uma mata residual na área urbana de Londrina - Paraná, Brasil. *Zoologia* 18(2): 429-438.

Zequi JAC, Lopes J 2002. Ocorrência de *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root, 1926 (Diptera: Culicidae) às margens do Rio Paraná, no município de Porto Rico, Paraná, Brasil. *Biosaude* 4(1): 17-28.

Zequi JAC, Lopes J, Medri IM 2005. Imaturos de Culicidae (Diptera) encontrados em recipientes instalados em mata residual no município de Londrina, Paraná, Brasil. *Rev Bras Zool* 22(3): 656-661.

CAPÍTULO II

**Variação interpopulacional de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* L.
(Diptera, Culicidae) em três regiões do Brasil**

RESUMO

Entre as espécies de Culicidae que apresentam elevada relevância para saúde pública está *Stegomyia (Stegomyia) aegypti*, vetor do vírus da dengue em regiões Tropicais e Subtropicais. Diante da ausência de vacina eficaz contra os sorotipos da dengue, o controle do vetor é a principal estratégia utilizada na tentativa de redução dos casos de dengue. A utilização contínua de inseticidas para o controle do vetor, em longo prazo, seleciona indivíduos e reduz a sensibilidade ao princípio ativo utilizado. Como forma de verificar o quanto o fenótipo de uma população está sendo alterado pela pressão de seleção antrópica, a morfometria geométrica foi utilizada com objetivo de analisar as variações fenotípicas entre populações associado ao espaço, clima e grau de susceptibilidade ao inseticida organofosforado (Temephós). Para avaliar a variação fenotípica foram utilizadas fêmeas de *St. (Stg.) aegypti* de oito populações urbanas de municípios localizados nas regiões, Sul, Centro-Oeste e Norte do Brasil. As populações provenientes de campo foram obtidas através da coleta de ovos de *St. (Stg.) aegypti* por meio de armadilhas de oviposição. Os ovos foram criados em laboratório para obtenção dos adultos. Os espécimes tiveram a asa direita removida e fotografada após montagem entre lâmina e lamínula. A descrição geométrica da asa foi feita com base em 22 marcos anatômicos do tipo I. Foram mensurados 592 indivíduos com média de 66 exemplares por população. Para analisar a relação entre a susceptibilidade e as variações na forma alar foram gerados classificadores qualitativos (susceptível e resistente) de acordo com o *status* de susceptibilidade da população, sendo visualizado no espaço de forma pelos eixos canônicos (CVs). O grau de associação entre as variáveis ambientais e as de forma foi testado com uma *two-block partial least-squares Analysis*. Todas as nove populações de *St. (Stg.) aegypti* possuem diferenças na forma da asa ($\lambda_{Wilks} = 2,56 \times 10^{-145}$, $df1 = 352$, $df2 = 4274$, $F = 2,703 \times 10^{-19}$ $p < 0.0001$). As deformações na forma de *St. (Stg.) aegypti* são congruentes com outras variações morfométricas em Culicidae. As alterações na forma distribuem-se da base ao ápice da asa, e de maneira geral, visualiza-se a aproximação entre a base e a região mediana com expansão do ápice e o alongamento entre a base e o centro e a retração do ápice. A variação no formato das asas está espacialmente estruturada. Isso indica que a alteração no fenótipo dos indivíduos é uma resposta à pressão local do ambiente e da ação antrópica. Entre as populações com informação sobre a suscetibilidade foi possível encontrar dois padrões. Nas populações suscetíveis as asas são longas e com a margem anal dilatada, enquanto nas consideradas resistentes as asas são curtas e expandidas na margem apical. Para verificação do provável efeito da resistência à inseticidas na morfologia das asas, é necessário analisar populações com maior amplitude nos valores de resistência.

Palavras chave: *Aedes aegypti*, dengue, controle de vetores, morfologia.

ABSTRACT

Among the Culicidae species that present high relevance to public health is *Stegomyia (Stegomyia) aegypti*, vector of dengue virus in Tropical and Subtropical regions. Given the absence of effective vaccine against dengue serotypes, vector control is the main strategy used in an attempt to reduce dengue cases. The continuous use of insecticides for vector control, in long term, selects individuals and reduces the sensitivity to the active principle used. As a way to verify how much the phenotype of a population is being altered by anthropogenic selection pressure, geometric morphometrics was used in order to analyze phenotypic variations among populations associated with space, climate and degree of susceptibility to organophosphate insecticide (Temephós). To evaluate phenotypic variation, *Stegomyia (Stg.) aegypti* females from eight urban populations of municipalities located in the South, Midwest and North regions of Brazil were used. Populations from field were obtained by collecting *St. aegypti* eggs from oviposition traps. Eggs were reared in laboratory to obtain adults. Specimens had their right wing removed, mounted between a slide and photographed. The geometric description of the wing was based on 22 anatomical landmarks of type I. 592 individuals with an average of 66 individuals per population were measured. To analyze the relationship between susceptibility and wing shape variations, qualitative classifiers (susceptible and resistant) were generated according to the susceptibility status of population, being viewed in shape space formed by canonical axes (CVs). The degree of association between environmental variables and form was tested with a two-block partial least-squares analysis. All nine *St. (Stg.) aegypti* populations have differences in wing shape ($\lambda_{Wilks} = 2,56 \times 10^{-145}$, $df1 = 352$, $df2 = 4274$, $F = 2,703 \times 10^{-19}$ $p < 0.0001$). The deformations in *St. aegypti* shape are congruent with other morphometric changes in Culicidae. Changes in form are distributed from base to the apex of the wing, and generally, we view the proximity between base and the middle region with apex expansion and the stretch between base and the center and apex retraction. The variation in the shape of wings is spatially structured. This indicates that change in individual's phenotype is a response to local pressure of the environment and human action. Among populations with information about susceptibility it was possible to find two patterns. In susceptible populations, wings are long and with anal margin dilated, while those considered resistant, wings are short and expanded in the apical margin. To verify the likely effect of resistance to insecticides in wings morphology, it is necessary to analyze populations with greater amplitude in the resistance values.

Keywords: *Aedes aegypti*, dengue, morphology, vectors control.

1. INTRODUÇÃO

Possivelmente *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus 1762) é a espécie de Culicidae de maior importância epidemiológica nas regiões Tropicais e Subtropicais (Christophers 1960, Forattini 2002), pois é vetor de agentes etiológicos de arboviroses, inclusive da mais comum e amplamente distribuída, a dengue (Siqueira *et al.* 2005).

Originário da África, *St. (Stg.) aegypti* se dispersou pelas regiões tropicais e subtropicais do planeta a partir do século XVI, inicialmente por meio de navios negreiros, destinados ao tráfico de escravos (Teixeira *et al.* 1999). No Brasil, primeiros casos de dengue foram relatados no século XIX, na capital do Estado do Paraná, Curitiba, e no início do século XX, em Niterói, no Rio de Janeiro (Forattini 2002, Braga & Valle 2002). Após diversas epidemias de febre amarela urbana e dengue, políticas públicas erradicaram o *St. (Stg.) aegypti* em 1955 (Franco 1969). No entanto, no final da década de 1960, foi verificado que o vetor já estava novamente estabelecido em praticamente todo o território nacional, retrato que é preservado até o presente momento (Nobre *et al.* 1994, Braga & Valle 2002).

Stegomyia (Stg.) aegypti apresenta polimorfismos genéticos e morfológicos (Henry *et al.* 2010, Vidal & Suesdek 2012) que podem ser associados a mutações em genes de resistência, decorrentes da pressão da seleção exercida pela utilização de inseticidas (Luna *et al.* 2004, Brito *et al.* 2013, Brown *et al.* 2014). Isso implica que a ocorrência de *St. (Stg.) aegypti* pode estar estruturada espacialmente em diversas escalas, desde variações individuais até entre populações.

A quantificação da forma através da Morfometria Geométrica (GMM - *Geometric Morphometrics*) adotou um arcabouço teórico gerado da morfometria tradicional e do entendimento de processos morfológicos e evolutivos. Essa abordagem

tem permitido a descrição mais acurada de variações fenotípicas em diversas escalas, utilizando-se do tamanho e/ou forma de estruturas ou do organismo como um todo (Bookstein 1991, Richtsmeier *et al.* 2002, Viscosi & Cardini 2011). Em espécies de importância epidemiológica, como *St. (Stg.) aegypti*, a GMM pode ser utilizada para avaliar como as variações fenotípicas influenciam a capacidade e competência vetorial e sua correlação com fatores extrínsecos, tais como alterações ambientais e espaciais geradas pelo acaso ou pela ação do homem (Dujardin 2008).

No âmbito da entomologia médica o uso da GMM ainda é pouco aplicado, sendo utilizada abaixo do potencial de utilização do método (Dujardin 2008). Por exemplo, a utilização da GMM pode ser empregada no estudo das espécies de Culicidae, permitindo diferenciar espécies (Vidal *et al.* 2011), determinar dimorfismo sexual (Devicari *et al.* 2011, Dhivya & Manimegalai 2013) e distinguir populações (Henry *et al.* 2010, Morais *et al.* 2010, Demirci *et al.* 2012).

Tanto o tamanho quanto a forma dos indivíduos são fatores indicadores do valor adaptativo das espécies (Dujardin 2008). O aumento de tamanho pode proporcionar à *St. (Stg.) aegypti* maior capacidade vetorial (Strickman & Kittayapong 2003) e maior longevidade (Maciel-de-Freitas *et al.* 2007). Ainda, no gênero *Aedes*, indivíduos de maior tamanho são associados à elevada frequência e volume de sangue ingerido em repastos sanguíneos (Xue *et al.* 1995, Forattini 2002) e mais fecundos (Lounibos *et al.* 2002).

Para *St. (Stg.) aegypti* a forma, em um contexto geométrico, tem sido pouco considerada e associada ao tamanho geral do inseto (relação alométrica) ou correlacionada com alterações produzidas através de deriva genética ou seleção natural (Jirakanjanakit & Dujardin 2005, Jirakanjanakit *et al.* 2008). Como as alterações de forma possuem impacto direto na dinâmica de transição do vírus da dengue e/ou na

dispersão do vetor, torna-se epidemiologicamente relevante compreender as causas naturais dessa variação (Vargas *et al.* 2010).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Determinar a existência e o grau de variação fenotípica em populações de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* das regiões Sul, Centro-Oeste e Norte do Brasil.

2.2. Específicos

- Determinar a variação fenotípica em populações de *St. (Stg.) aegypti* através da forma da asa;
- Estimar a plasticidade fenotípica das populações utilizadas conforme variáveis climáticas e geográficas;
- Realizar a associação entre as possíveis variações na forma das asas e o grau de resistência a inseticidas que as populações de *St. (Stg.) aegypti* apresentavam no momento de coleta dos espécimes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para verificar a existência de variação fenotípica foram utilizados 592 indivíduos fêmeas de *St. (Stg.) aegypti* de oito populações pertencentes às áreas urbanas de oito municípios das regiões, Sul, Centro-Oeste e Norte do Brasil (Fig. 1) e uma população considerada controle (população Rockefeller, mantida Laboratório de Entomologia Médica e Veterinária da Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR, com condições controladas de alimentação, temperatura, umidade relativa e também isolada do contato com inseticidas) (Tab. I).



Figura 1. Brasil. Distribuição das populações de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* obtidas de oito municípios brasileiros (flo- Floraí; mar- Maringá; jac- Jacarezinho; ron- Rondonópolis; bga –Barra do Garças; sin- Sinop; jru- Jarú; gmi- Guajará-Mirim).

Tabela I. Número de exemplares de *Stegomyia (Stg.) aegypti* amostrados, razão de resistência (RR₉₅) e *status* de susceptibilidade ao larvicida organofosforado temephós em cada população analisada.

Estado	Município	Sigla	Latitude	Longitude	RR ₉₅	Status	N
Rondônia							
	Guajará Mirim	gmi	10° 48' 01"S	65° 22' 00"W	< 4	Resistente	67
	Jarú	jru	10° 26' 20"S	62° 27' 58"W	< 4	Resistente	60
Mato Grosso							
	Barra do Garças	bga	15° 53' 25"S	52° 15' 24"W	-	-	66
	Rondonópolis	ron	16° 28' 15"S	54° 38' 07"W	< 4	Resistente	65
	Sinop	sin	11° 51' 52"S	55° 30' 08"W	< 4	Resistente	66
Paraná							
	Floraí	flo	23° 19' 01"S	52° 18' 13"W	-	-	65
	Jacarezinho	jac	23° 09' 39"S	49° 58' 09"W	> 4	Susceptível	65
	Maringá	mar	23° 25' 31"S	51° 56' 18"W	> 4	Susceptível	70
-	Rockfeller	rok	-	-	0	Referência	70
Total							594

As populações foram obtidas através da coleta de ovos de *St. (Stg.) aegypti* por meio de armadilhas de oviposição realizadas entre os meses de junho de 2010 e março de 2012.

Os ovos foram mantidos em laboratório (Laboratório de Entomologia Médica e Veterinária da Universidade Federal do Paraná, Curitiba) para obtenção dos adultos. As criações foram conduzidas sob condições controladas de temperatura (25 ± 1 °C), umidade relativa (80 ± 10 UR%), fotoperíodo (12h:12h) e de alimentação, minimizando os efeitos das variações na plasticidade de cada população (Jirakanjanakit *et al.* 2007).

Após a obtenção dos adultos provenientes da primeira geração em laboratório (F1), uma amostra com aproximadamente cem indivíduos adultos foi retirada aleatoriamente, armazenada em *freezer* -80°C, para a posterior utilização para o estudo de GMM das asas. Também, a F1 foi utilizada para a realização dos bioensaios, descritos a seguir.

Para o estudo da morfometria geométrica das asas de *St. (Stg.) aegypti*, foram utilizados indivíduos previamente armazenados em *freezer* -80°C, e, após triagem, cada espécime foi imerso em solução de hipoclorito de sódio (KOH 10%) por cinco minutos para a retirada das escamas. Após este procedimento, os exemplares tiveram a asa direita removida, com o auxílio de estiletos, e montada em preparação semipermanente, entre lâmina e lamínula com solução de etanol 70%, para a obtenção das imagens.

As asas foram fotografadas, individualmente, em vista dorsal, utilizando o estereomicroscópio Zeiss Discovery V20 acoplado à câmera AxioCam ERc5s em aumento de 30x. Após a obtenção da imagem a lâmina foi descartada.

A descrição geométrica da asa foi realizada a partir das imagens e baseada em 22 marcos anatômicos (LM – *landmark*) (Fig. 2) do tipo I (Bookstein 1991). Todos os marcos foram inseridos na face dorsal, nos pontos de convergência e divergência das veias alares, distribuídos entre a base e o ápice (Tab. II) utilizando o programa TSPDig 2.04 (Rohlf 2006).

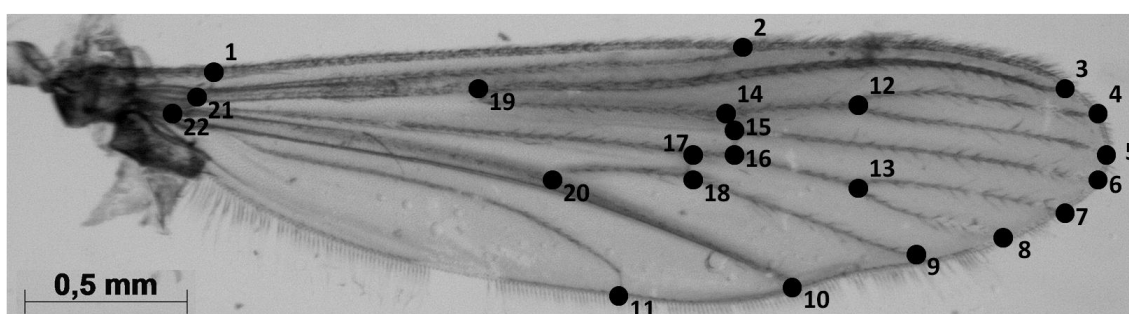


Figura 2. Posição dos 22 marcos anatômicos utilizados na asa direita de fêmeas de *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* utilizados para as análises morfométricas.

Tabela II. Descrição* dos 22 marcos anatômicos inseridos na asa de *St. aegypti*.

LM	Localização
1	Intersecção da veia costa (C) com umeral (h)
2	Intersecção da veia costa (C) e ápice da veia subcosta (Sc)
3	Ápice da veia rádio anterior (R ₁)
4	Ápice da segunda veia radial (R ₂)
5	Ápice terceira veia radial (R ₃)
6	Ápice da veia radial R ₄₊₅
7	Ápice da veia media anterior (M ₁₊₂)
8	Ápice da veia media posterior (M ₃₊₄)
9	Ápice da veia cubital anterior (CuA ₁)
10	Ápice da veia cubital posterior (CuA ₂)
11	Ápice da veia anal (A ₁)
12	Ramificação da veia rádio (R ₂₊₃) em R ₂ e R ₃
13	Bifurcação da veia média (M) nas medianas anterior (M ₁₊₂) e posterior (M ₃₊₄)
14	Base da veia radial R ₄₊₅
15	Intersecção da veia transversal rádio média (r-m) com a radial R ₄₊₅
16	Encontro da veia transversal rádio média (r-m) com veia média (M)
17	Encontro da veia transversal média-cúbito (m-cu) com a média (M)
18	Intersecção da veia transversal média-cúbito (m-cu) com a veia cubital anterior (CuA ₁)
19	Bifurcação da veia rádio (R) em rádio setorial (r1-rs)
20	Bifurcação da veia cúbito anterior (CuA) em cubital anterior CuA ₁ e CuA ₂
21	Encontro da veia umeral (h) e subcosta (Sc)
22	Intersecção da base da veia cúbito anterior (CuA) com a veia transversal árculo (Ar)

* Nomenclatura morfológica segundo Forattini (1996); LM – Marco anatômico.

Os marcos anatômicos foram alinhados em um sistema de coordenadas comum, com base em uma configuração de consenso, eliminando fatores não relativos à forma. A superposição de coordenadas foi realizada por meio da análise generalizada de *Procrustes* (GPA - *Generalized Procrustes Analysis*), na qual as coordenadas foram sobrepostas, rotacionadas, transladadas e escalonadas de modo que o critério de ajuste fosse minimizado (Goodall 1991, Klingenberg & McIntyre 1998, Rohlf 1999). Em todas as análises subsequentes a matriz de variáveis resposta utilizada foi a matriz de coordenadas de *Procrustes*.

Para determinar o grau de acurácia e evitar erros de medida decorrentes da alocação dos marcos anatômicos, (Klingenberg & Monteiro 2005) foi realizada a análise de variância (ANOVA) de *Procrustes* (*Procrustes ANOVA - Analysis of Variance*), utilizando-se de uma matriz obtida a partir de réplicas de uma mesma população.

A análise de componentes principais (PCA - *Principal Component Analysis*) realizada a partir da matriz de variância e covariância das coordenadas de Procrustes foi utilizada para representar os maiores eixos de variação da forma da asa entre populações, reduzindo as dimensões do espaço amostral aos principais componentes (PC's - *Principal Components*) (Mitteroecker & Gunz 2009).

A análise de variância multivariada (MANOVA - *Multivariate Analysis of Variance*) foi utilizada para testar se existem diferenças entre as populações com base na forma da asa (Fornel *et al.* 2010).

Para visualizar as variações interpopulacionais em um espaço reduzido, foi usada uma análise de variáveis canônicas (CVA - *Canonical Variate Analysis*) (Dhivya & Manimegalai 2013).

As deformações evidenciadas na PCA e a CVA são demonstradas em gráficos de *wireframes*, isto é, um modelo da asa estudada em que apenas as linhas e vértices estão representados.

Para testar o grau de alocação correta entre as diferentes populações, baseado na forma da asa, foi usado uma análise de função discriminante (DFA - *Discriminant Function Analysis*) com validação cruzada entre os pares de populações (Dhivya & Manimegalai 2013).

As variáveis climáticas de cada município foram obtidas através do banco de dados “Wordclim - Global Climate Data” (Bioclim), com 19 variáveis derivadas de valores mensais de temperatura e precipitação (Hijmans *et al.* 2005). Estas variáveis

climáticas (Tab. III) têm resolução de 10' no formato *raster*, para cada município, através das coordenadas geográficas no programa DIVA-GIS 7.4.0.

Tabela III. Variáveis climáticas utilizadas para a associação entre as variáveis ambientais e as de forma, obtidas do banco de dados climáticos Wordclim (Bioclim), através do programa DIVA-GIS 7.4.0 e sua descrição e resolução temporal.

Variável	Descrição	Resolução temporal
BIO1	Temperatura média anual	Anual
BIO2	Temperatura média diurna (média mensal (T. máx. – T. mín.))	Mensal
BIO3	Isotermia (BIO2-BIO7) *100	Anual
BIO4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão*100)	Sazonal
BIO5	Temperatura máxima do mês mais quente	Mensal
BIO6	Temperatura mínima do mês mais frio	Mensal
BIO7	Média da temperatura anual (BIO5-BIO6)	Anual
BIO8	Temperatura média do trimestre mais chuvoso	Trimestral
BIO9	Temperatura média do trimestre mais seco	Trimestral
BIO10	Temperatura média do trimestre mais quente	Trimestral
BIO11	Temperatura média do trimestre mais frio	Trimestral
BIO12	Precipitação anual	Anual
BIO13	Precipitação do mês mais chuvoso	Mensal
BIO14	Precipitação do mês mais seco	Mensal
BIO15	Sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação)	Sazonal
BIO16	Precipitação do trimestre mais chuvoso	Trimestral
BIO17	Precipitação do trimestre mais seco	Trimestral
BIO18	Precipitação do trimestre mais quente	Trimestral
BIO19	Precipitação do trimestre mais frio	Trimestral

A relação entre as populações no espaço climático foi produzida calculando-se a matriz de distância euclidiana a partir das variáveis climáticas standardizadas. A posição de cada população nesse espaço representa a extensão da variabilidade ambiental.

A distância geográfica linear entre os municípios foi obtida através do programa DIVA-GIS 7.4.0. Foram utilizadas as coordenadas geográficas do marco zero de cada município, obtidas pela ferramenta “info XY” do projeto *Species link* (Sistema de

Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a Integração do *Species Analyst* e do SinBiota – FAPESP - <http://smlink.cria.org.br/>).

O grau de associação entre as variáveis ambientais e as variáveis de forma foi testado com uma *Two-block Partial Least-Squares Analysis* (PLS) (Rohlf & Corti 2000, Bookstein *et al.* 2003). Esta análise avalia a correlação entre dois conjuntos de covariáveis, neste caso, variáveis de forma e variáveis ambientais (clima e distância geográfica). E, através de combinações lineares permutadas 1000 vezes, maximiza a covariação entre cada conjunto de dados (Klingenberg *et al.* 2003, Klingenberg 2009).

A razão de resistência ao inseticida organofosforado (Temephós) de seis das populações foi obtida a partir de bioensaios realizados no período de agosto de 2010 até março de 2012, com imaturos da F1 de *St. (Stg.) aegypti* no Laboratório de Entomologia Médica e Veterinária da Universidade Federal do Paraná, Curitiba PR, seguindo a metodologia dos bioensaios descrita em WHO 1992.

Para analisar a relação entre a susceptibilidade e as variações na forma alar foram gerados classificadores qualitativos de acordo com o *status* de susceptibilidade da população (Tab. I). Para a classificação “susceptível” foram considerados populações com a RR_{95} (razão de resistência 95%) abaixo de 4, e “resistentes” aquelas populações com RR_{95} acima de 4 (WHO 1992).

A relação entre a susceptibilidade de cada população e as variações na forma alar foi visualizada no espaço de forma, conforme os eixos canônicos (CVs - *Canonical Variables*).

As análises estatísticas foram realizadas nos softwares Morpho J (Klingenberg 2011), PAST (*Paleontological Statistics Software*) versão 1.88 (Hammer *et al.* 2001) e R v.2.1.2 (R Development Core Team, 2011), com o pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2013).

4. RESULTADOS

O estudo da morfometria geométrica da asa de *St. (Stg.) aegypti* teve um total de 594 indivíduos e uma média de 66 exemplares de cada uma das nove populações mensurados. Quanto ao *status* de resistência das populações ao inseticida Temephós, obteve-se o resultado para seis populações, sendo elas: Jacarezinho e Maringá, susceptíveis; Rondonópolis, Sinop, Barra do Garças, Jarú e Guajará-Mirim, resistentes.

Os erros de medida dos marcos anatômicos nas asas apresentam-se como aleatórios e com efeitos pequenos, tanto para a forma ($F_{80,7680} = 0,28$, $P = 0,90$, $QM = 0,00$, $SQ = 0,00$) quanto para o tamanho ($F_{2,192} = 0,04$, $P = 0,95$, $QM = 133,22$, $SQ = 266,45$).

A análise de componentes principais (PCA) gerou 40 eixos de variação (PCs). Os dois primeiros componentes (PC1 e PC2) explicam, satisfatoriamente, cerca de 35% da variação da forma.

O PC1 explica 20% da variação total. No quadrante positivo (Fig. 3), as alterações na forma aproximam a base (LMs 1, 21 e 22) com o centro da asa (LMs 2, 12 a 20), e distanciam o centro do ápice (LMs 3 a 10). Assim, os indivíduos de *St. (Stg.) aegypti* que se posicionam neste quadrante possuem a asa com a região basal e mediana curta e o ápice estirado.

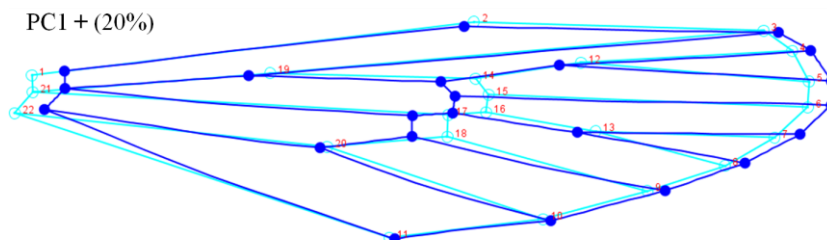


Figura 3. Wireframe das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), primeiro (PC1) componente principal, quadrante positivo. O wireframe em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma.

No quadrante negativo (Fig. 4), asa possui maior distância entre a região basal (LMs 1, 21 e 22) e central (LMs 2, 12 a 20), e, setor radial e mediano encurtados.

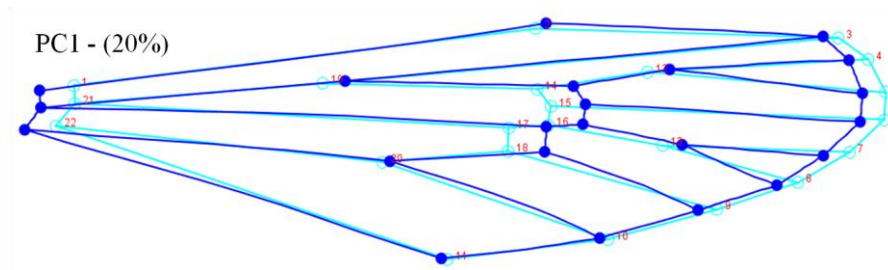


Figura 4. Wireframe das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), primeiro (PC1) componente principal, quadrante negativo. O wireframe em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma.

O segundo componente principal (PC2) explica 15% da variância. No quadrante positivo (Fig. 5) a configuração asa se torna estreita antero-posteriormente devido as alteração na forma.

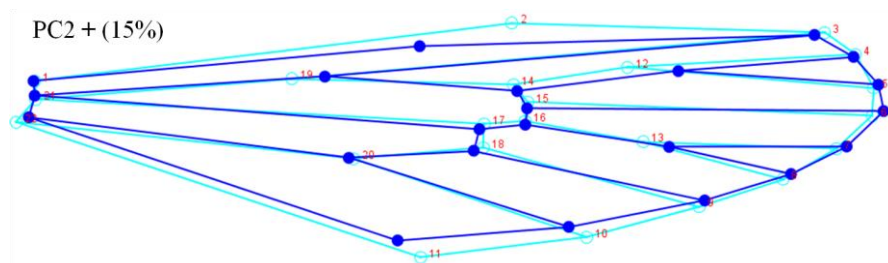


Figura 5. Wireframe das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), segundo (PC2) componente principal, quadrante positivo. O wireframe em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma.

No quadrante negativo deste segundo componente principal, o distanciamento entre as margens costal e anal amplia a lâmina alar no sentido antero-posterior (Fig. 6).

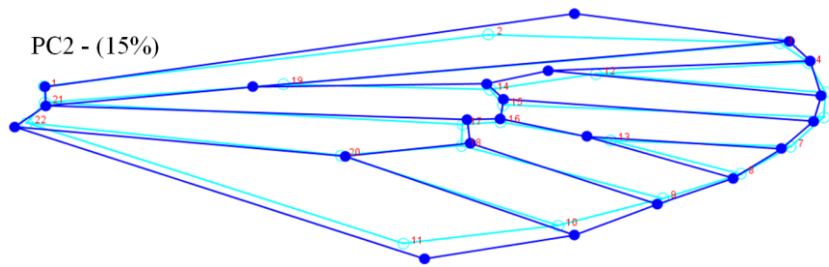


Figura 6. Wireframe das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), segundo (PC2) componente principal, quadrante negativo. O wireframe em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma.

Todas as nove populações de *St. (Stg.) aegypti* possuem diferenças na forma da asa ($\lambda_{Wilks} = 2,56 \times 10^{-145}$, $df1 = 352$, $df2 = 4274$, $F = 2,703 \times 10^{-19}$, $p < 0,0001$). A análise de variáveis canônicas diferencia todas as nove populações, onde, nos dois primeiros eixos, são explicados aproximadamente 56% da variação total (Fig. 7).

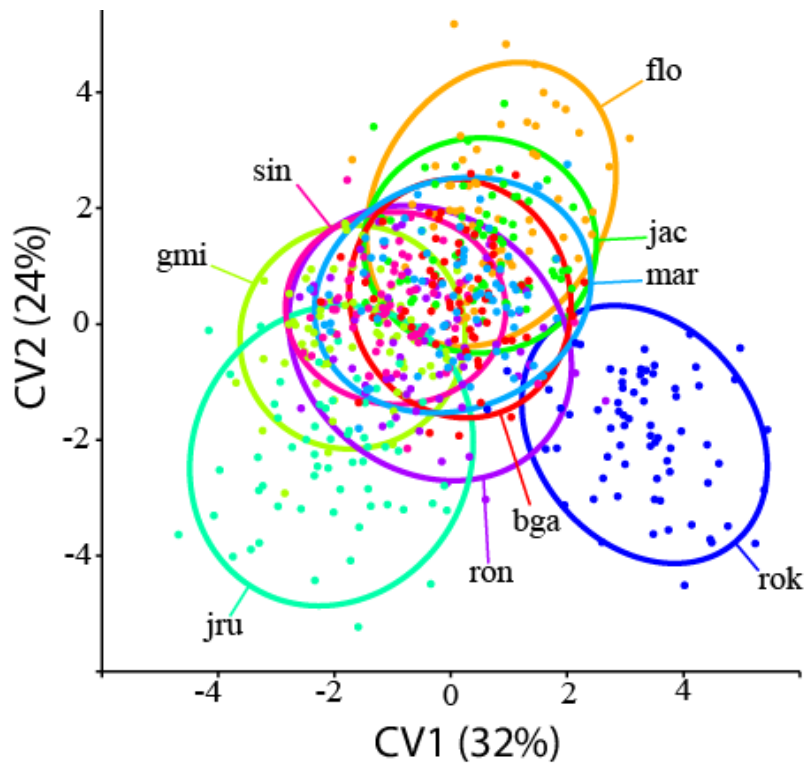


Figura 7. Análise de Variáveis Canônicas utilizando a forma das asas das nove populações estudadas. As cores representam as populações. (bga - Barra do Garças, flo - Florai, gmi - Guajará-Mirim, jac - Jacarezinho, jru - Jarú, mar - Maringá, rok - Rockefeller, ron - Rondonópolis, sin - Sinop). Ver figura 1 para a distribuição geográfica dessas populações.

As diferenças encontradas entre as populações, considerando a forma da asa, (utilizando a Análise de Variáveis Canônicas) (Fig. 7), são agrupadas, no primeiro eixo de variação, quadrante positivo, as populações, Rockfeller, Floraí, Barra do Garças, Jacarezinho e Maringá, e no quadrante negativo, as populações de Jarú, Sinop, Guajará Mirim e Rondonópolis. No CV2, no quadrante positivo, os municípios de Floraí, Maringá, Jacarezinho, Sinop e Guajará-Mirim se aproximam, e, no quadrante negativo, as populações de Jarú, Rondonópolis, Barra do Garças e Rockfeller.

As populações do CV1 positivo, (Rockfeller, Floraí, Barra do Garças, Jacarezinho e Maringá) apresentam asas com maior distância entre a base (LM 21 e 22) e o centro (LMs 2, 14 a 18) e também uma expansão antero-posterior da margem anal (Fig. 8). Assim os indivíduos alocados neste quadrante possuem asas mais longas e com a margem anal dilatada.

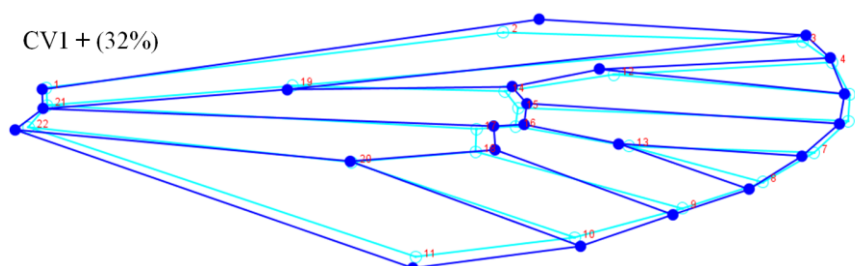


Figura 8. Wireframe das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de variáveis canônicas (CVA) primeira (CV1) variável canônica, quadrante positivo. O wireframe em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma.

As populações de Jarú, Sinop, Guajará Mirim e Rondonópolis, agrupadas no primeiro eixo de variação, quadrante negativo, apresentam a região basal e central, aproximadas e também a região costal e anal, assim a configuração asa se torna estreita antero-posteriormente (Fig. 9).

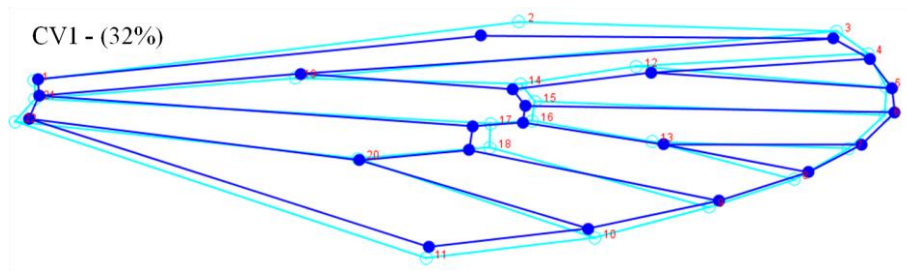


Figura 9. Wireframe das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de variáveis canônicas (CVA). Primeira (CV1) variável no quadrante negativo. O wireframe em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma das asas dos devidos quadrantes e escores.

No CV2 (24% de explicação), no quadrante positivo os municípios de Florai, Maringá, Jacarezinho, Sinop e Guajará-Mirim (Fig. 7) estão agrupados. Estas populações possuem indivíduos que exibem (Fig. 10) a asa expandida na margem costal e um distanciamento entre as regiões central e basal.

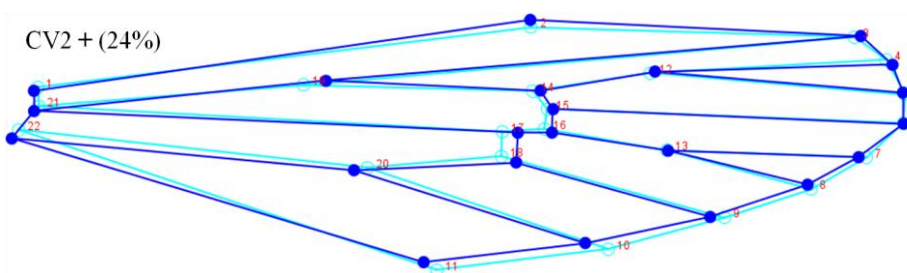


Figura 10. Wireframe das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de variáveis canônicas (CVA). Segunda (CV2) variável no quadrante positivo. O wireframe em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma das asas dos devidos quadrantes e escores.

No quadrante negativo deste componente de variação (Fig. 11), a configuração alar demonstra a aproximação entre a região basal e mediana (LMs 14 a 19) e a expansão da margem apical no sentido distal (LMs 9 a 11), configurando a asa mais curta e dilatada na margem anal.

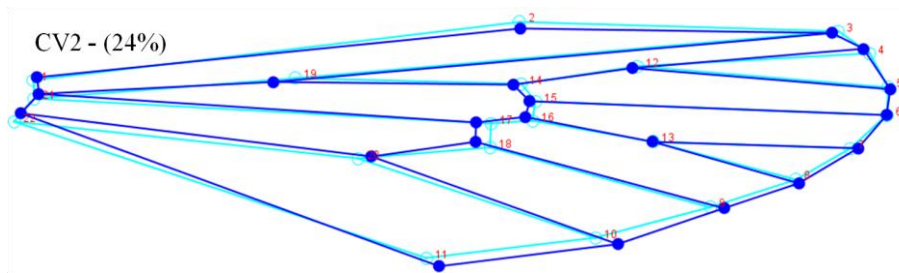


Figura 11. Wireframe das alterações na forma dos 22 marcos anatômicos (LMs) evidenciadas por meio de uma análise de variáveis canônicas (CVA). Segunda (CV2) variável no quadrante negativo. O wireframe em azul claro demonstra a configuração consenso, e o na cor escura demonstra as alterações na forma das asas dos devidos quadrantes e escores.

A posição dos indivíduos no espaço formado pelos eixos canônicos pode ser usada para determinar a qual população pertence o indivíduo. O grau de alocação correta entre as populações de *St. (Stg.) aegypti* (Tab. IV) variou entre 73% (entre Maringá e Sinop) e 99% (entre Rockfeller e Guajará-Mirim; Sinop e Rockfeller).

A análise de função discriminante (DFA), a população de laboratório, Rockfeller, que representa o controle, possui as maiores porcentagens de alocação correta (média de 98%) quando comparada com as populações silvestres.

Tabela IV. Distâncias de Mahalanobis entre as populações (triângulo inferior) e Percentuais de acerto e confiabilidade na separação das populações obtida através da validação cruzada da análise de função discriminante.

	bga	flo	gmi	jac	jru	mar	rok	ron	sin
bga	-	89	96	92	92	85	98	79	85
flo	3,72	-	95	85	97	92	98	85	89
gmi	4,04	4,18	-	98	92	88	99	93	87
jac	3,34	3,31	4,53	-	96	78	97	83	91
jru	4,52	5,47	4,08	4,81	-	91	98	84	87
mar	2,66	3,48	3,39	2,97	4,38	-	96	86	73
rok	4,61	5,07	5,57	4,95	5,76	4,44	-	95	99
ron	2,43	3,86	3,41	3,18	3,65	2,76	4,48	-	79
sin	2,48	3,69	2,97	3,51	3,88	2,06	5,04	2,41	-

bga - Barra do Garças, flo - Floraí, gmi - Guajará-Mirim, jac - Jacarezinho, jru - Jarú, mar - Maringá, rok - Rockfeller, ron - Rondonópolis, sin - Sinop. *P-values from permutation tests (10000 permutation rounds) < 0,001.

Nenhuma das variáveis ambientais consideradas, que representam as diferentes condições de desenvolvimento de *St. (Stg.) aegypti*, foi correlacionada com a distância de forma ($r = -0,33$, $p = 0,95$ mantel parcial). Porém, a distribuição geográfica das populações tem relação com as variações interpopulacionais na forma ($r = 0,67$, $p = 0,003$ mantel parcial).

Quando analisamos os agrupamentos já formados na CVA de acordo com o *status* de susceptibilidade ao inseticida, constata-se a tendência das populações resistentes de se agruparem em eixos negativos dos dois primeiros componentes principais (Fig. 12), e das populações susceptíveis nos eixos positivos. Contudo, não existe estruturação geográfica quanto ao valor da razão de resistência das mesmas populações.

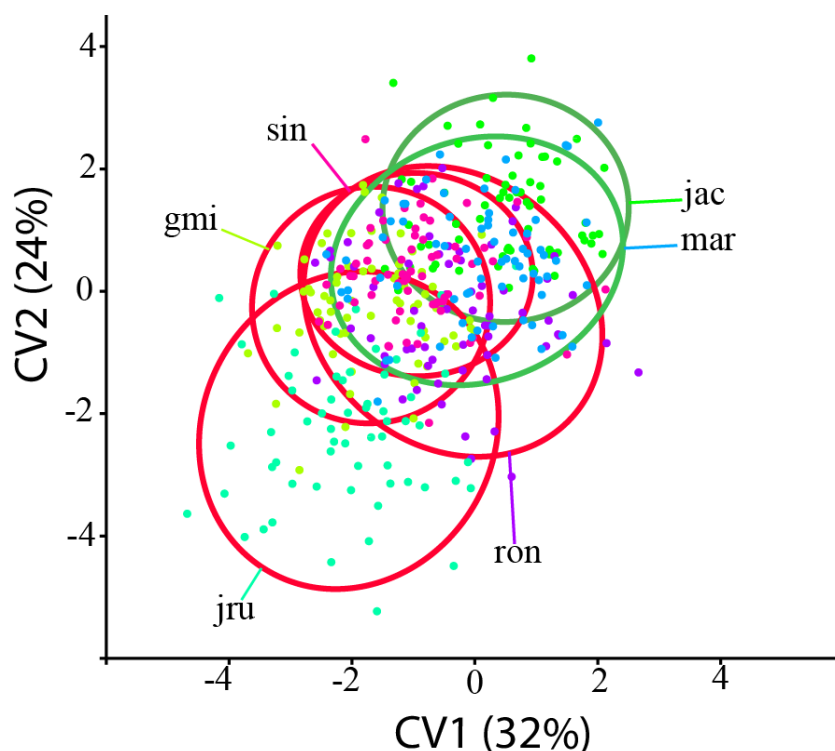


Figura 12. Análise de Variáveis Canônicas e o *status* de susceptibilidade a inseticida organofosforado, representados em dois níveis, populações susceptíveis (em verde) e populações resistentes (em vermelho). Populações amostradas: Guajará-mirim (gmi), Jacarezinho (jac), Jarú (jru), Maringá (mar), Rondonópolis (ron) e Sinop (sin). Ver figura 1 para a distribuição geográfica dessas populações.

A PLS (*Two-block Partial Least-Squares Analysis*) gerou sete eixos, sendo que o primeiro contém 97% (P-value < 0.0001) da covariação total e o coeficiente geral de associação entre os dois blocos de variáveis de $RV_{\text{coefficient}} = 0,1973$. As variáveis que apresentaram valores extremos são ligadas à distribuição de chuvas, à oscilação de temperatura e à distância geográfica (Tab. V).

De acordo com estes valores obtemos a separação das populações apenas no segundo bloco de variáveis do PLS 1 (Fig. 13), sendo que as populações do estado do Paraná (Maringá, Jacarezinho e Floraí) agruparam-se no quadrante positivo. Essas populações estão agrupadas também numericamente pelas variáveis latitude e precipitação trimestral.

Tabela V. Coeficientes do PLS1. Incluindo as 19 variáveis climáticas extraídas do Bioclim e latitude e longitude as populações.

Variável	Descrição	PLS1
BIO1	Temperatura média anual	0,000629
BIO2	Temperatura média diurna	0,005343
BIO3	Isotermia	0,015582
BIO4	Sazonalidade da temperatura	0,35194
BIO5	Temperatura máxima do mês mais quente	0,004488
BIO6	Temperatura mínima do mês mais frio	-0,00612
BIO7	Média da temperatura anual	0,010613
BIO8	Temperatura média do trimestre mais chuvoso	0,005523
BIO9	Temperatura média do trimestre mais seco	-0,00213
BIO10	Temperatura média do trimestre mais quente	0,004387
BIO11	Temperatura média do trimestre mais frio	-0,00442
BIO12	Precipitação anual	-0,09774
BIO13	Precipitação do mês mais chuvoso	-0,07273
BIO14	Precipitação do mês mais seco	0,067926
BIO15	Sazonalidade da precipitação	-0,02434
BIO16	Precipitação do trimestre mais chuvoso	-0,23379
BIO17	Precipitação do trimestre mais seco	0,241159
BIO18	Precipitação do trimestre mais quente	0,429675
BIO19	Precipitação do trimestre mais frio	0,280733
Lat	Latitude	0,66234
Long	Longitude	-0,20154

As populações no quadrante negativo, Barra do Garças, Sinop e Rondonópolis, são correlacionadas com variáveis de temperatura, precipitação e longitude, sendo que esta última variável discrimina as populações de Jarú e Guajará-Mirim, que são as cidades ao Norte do Brasil.

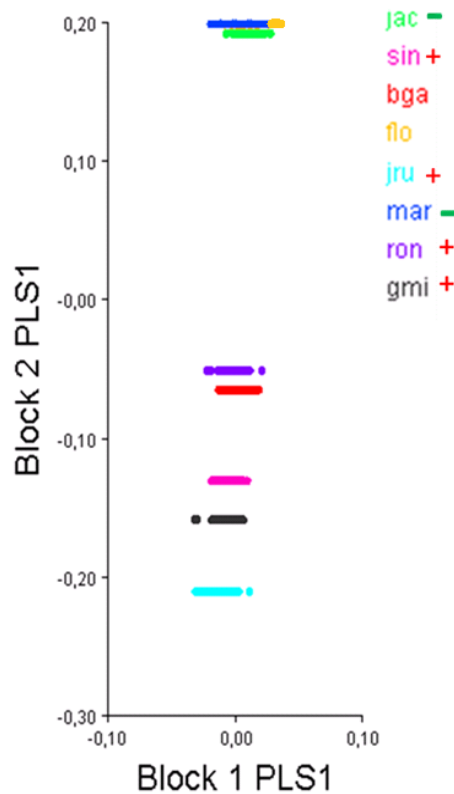


Figura 13. Primeiro eixo da análise PLS (two-block partial least-squares Analysis). Correlação entre as variáveis de forma (Block 1 PLS1) e variáveis abióticas (Block 2 PLS1): Barra do Garças (bga), Guajará-mirim (gmi), Jacarezinho (jac), Jarú (jru), Maringá (mar), Rondonópolis (ron) e Sinop (sin); sinais negativos (verde - susceptível) e positivos (vermelho - resistente) ao lado de cada população representam o *status* de susceptibilidade.

5. DISCUSSÃO

As populações de *St. (Stg.) aegypti*, em áreas urbanas, estão submetidas a pressões de seleção provocadas pelas ações de controle e utilização de inseticidas, com maior intensidade, associadas ao número de casos de dengue na população humana (Silva *et al.* 2012). No entanto, os métodos de controle químicos são ameaçados pela diminuição da suscetibilidade aos inseticidas (Hoy 1998). A resistência a estes saneantes domissanitários é hereditária, e, portanto, sujeita à seleção natural (Labbé *et al.* 2007). Na ausência dessa pressão de seleção, os indivíduos portadores dos alelos resistentes geralmente são encontrados em menor número em relação aos susceptíveis e, neste caso, os resistentes também apresentam uma menor aptidão para sobrevivência (Bourguet *et al.* 2008).

Outro componente que deve ser considerado na amplitude de distribuição espacial de Culicidae é a migração do vetor auxiliada pela ação antrópica. Podemos exemplificar tal fato com a entrada em 1986 da espécie *Stegomyia albopicta* (Skuse 1895) em território brasileiro, associado com a importação de pneus usados provavelmente da Ásia (Forattini 1986). Esta espécie, com o passar do tempo, aumentou a sua área de distribuição no território brasileiro (Forattini 2002).

Quando as pressões de seleção e adaptação atuam sinergicamente em conjunto nas populações de Culicidae, podem causar alterações de ordem genética e morfológica em determinados indivíduos. Estas alterações podem ser mensuradas, quantificadas e avaliadas utilizando a morfometria geométrica (Dujardim 2008).

A diferença na forma das asas observada nas populações estudadas foi constatada, ou seja, *St. (Stg.) aegypti* tem variação fenotípica interpopulacional. Essa variação, por espacialmente estruturada, indica que possivelmente é resposta a pressões locais, como a utilização de métodos de controle deste Culicidae pelo uso de inseticidas.

As deformidades encontradas não se restringem a um setor específico da asa e distribuem-se da base ao ápice. As retrações e dilatações entre o ápice e o centro da asa que foram descritas com este estudo são congruentes com outras variações morfométricas em Culicidae pelo uso da GMM (Jirakanjanakit *et al.* 2007, Devicari *et al.* 2011, Vidal & Suesdek 2012). Mas, a utilização de maior número de marcos anatômicos (n = 22), nos permitiu detectar detalhes nos três setores (base, centro e ápice) da asa de *St. (Stg.) aegypti* ainda não descritos. Em resumo, alterações na forma da asa dividem-se em um encurtamento entre a base e a região mediana e a expansão do ápice, e o alongamento entre a base e o centro e a retração do ápice.

A forma alar é uma característica hereditária (Dujardin 2008, Devicari *et al.* 2011), já o tamanho alar, é significativamente influenciado por condições ambientais (Demirci *et al.* 2012), como oferta de alimento (Jirakanjanakit *et al.* 2007), umidade relativa do ar (Vargas *et al.* 2010) e temperatura (Tsuda & Takagi 2001) durante o ciclo de vida. Como os adultos mensurados foram obtidos através de condições de desenvolvimento larval constantes e controladas, de fato, as alterações na forma alar relatadas não são decorrentes dessas variáveis.

Quanto às diferenças das asas de *St. (Stg.) aegypti*, a forma demonstra que os indivíduos das populações Rockfeller, Florafá, Barra do Garças, Jacarezinho e Maringá possuem asas mais longas e com a margem anal dilatada. Diferente de Jarú, Sinop, Guajará Mirim e Rondonópolis que apresentam asas mais curtas e uma expansão na margem apical.

Essa divisão entre as populações também é evidenciada quando o tamanho do corpo é correlacionado com a longevidade e a fecundidade (Silver & Renshaw 1999), podendo afetar indiretamente a eficácia como vetores (Dujardin 2008). A longevidade é um parâmetro essencial na transmissão de doenças, pois aumenta o tempo de um

possível contato entre hospedeiro e vetor (Demirci 2012). Dessa maneira o tamanho e a forma são aspectos do fenótipo de um organismo que fornecem uma ligação entre o genótipo e ambiente (Ricklefs & Miles 1994, Jirakanjanakit & Dujardin 2005).

Entre as populações analisadas, sete apresentavam informações sobre a susceptibilidade ao Temephós e foi possível agrupar em dois conjuntos: as consideradas resistentes, com razão de resistência (RR_{95}) superior a quatro, e as susceptíveis, com RR_{95} inferior a quatro. Nas populações avaliadas a ampliação da razão de resistência não foi suficiente para atuar como elemento de discriminação.

As susceptíveis, Rockfeller, Jacarezinho e Maringá, apresentam asas longas e com a margem anal dilatada. As consideradas resistentes, Rondonópolis, Sinop, Jarú e Guajará-Mirim possuem asas curtas e expansão na margem apical. Estes conjuntos também estão situados em áreas com características climáticas diferentes.

Apesar da população de Rondonópolis apresentar o valor da RR_{95} superior, em relação às de Sinop e Guajará-Mirim, a forma das asas é semelhante. No entanto, verificamos que as populações de *St. (Stg.) aegypti* com asas mais longas e largas são susceptíveis ao inseticida Temephós.

A morfometria geométrica é uma ferramenta útil e precisa para detectar variações na forma da asa e pode fazer o diagnóstico da susceptibilidade aos inseticidas de populações de *St. (Stg.) aegypti*. Uma possibilidade para a avaliação do efeito da resistência sobre o tamanho das asas seria analisar populações com nível de resistência mais elevado em relação às analisadas no presente estudo, e também, avaliar o tamanho alométrico das asas de *St. (Stg.) aegypti* para assim relacionar a forma das asas e o tamanho dos indivíduos com a susceptibilidade a inseticidas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações na forma das asas das diferentes populações de *St. (Stg.) aegypti* estão distribuídas da base ao ápice, em toda a superfície da asa. Essas deformações dividem-se em um encurtamento entre a base e a região mediana e a expansão do ápice, e o alongamento entre a base e o centro e a retração do ápice.

As asas de *St. (Stg.) aegypti*, dos indivíduos das populações Rockfeller, Florai, Barra do Garças, Jacarezinho e Maringá possuem asas mais longas e com a margem anal dilatada e os espécimes provenientes dos municípios de Jarú, Sinop, Guajará-Mirim e Rondonópolis apresentam asas mais curtas e uma expansão na margem apical.

Foi possível discriminar populações de *St. (Stg.) aegypti* submetidas à condições climáticas de temperatura e à precipitação elevadas, como Jarú, Guajará-Mirim, Barra do Garças, Sinop e Rondonópolis. A variação no formato das asas está espacialmente estruturada, indicando a possibilidade de respostas fenotípicas a pressões locais do ambiente e da ação antrópica.

Entre as populações com informação sobre a suscetibilidade foi possível encontrar dois padrões. Nas populações susceptíveis, as asas são longas e com a margem anal dilatada, enquanto nas consideradas resistentes as asas são curtas e com a expansão da margem apical.

A população de Rondonópolis, embora com razão de resistência superior em aproximadamente duas vezes às demais populações também consideradas resistentes, apresentou o mesmo padrão de formato de asa: asas curtas e expansão na margem apical.

7. REFERÊNCIAS

- Braga IA, Valle D 2007. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 16(2): 113-118.
- Berticat C, Bonnet J, Duchon S, Agnew P, Weill M, Corbel V 2008. Costs and benefits of multiple resistance to insecticides for *Culex quinquefasciatus* mosquitoes. *BMC Evol Biol* 8: 104.
- Bookstein FL 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*, Cambridge University Press, Cambridge, 435pp.
- Bookstein FL, Gunz P, Mitteroecker P, Prossinger H, Schaefer K, Seidler H. 2003. Cranial integration in *Homo*: singular warps analysis of the midsagittal plane in ontogeny and evolution. *J Hum Evol* 44: 167-187.
- Bourguet D, Delmotte F, Franck P, Guillemaud T, Reboud X, Vacher C, Walker A 2013. Heterogeneity of selection and the evolution of resistance. *Trends Ecol Evol* 28: 110-118.
- Brito LP, Linss JGB, Lima-Camara TN, Belinato TA, Peixoto AA, Lima JBP, Valle D, Martins AJ 2013. Assessing the effects of *Aedes aegypti* kdr mutations on Pyrethroid resistance and its fitness cost. *PLoS ONE* [serial on the Internet]. 2013 April [cited 2013 Mar 14]; 8(4): [about 10p.]. Available from: [http://www.plosone.org/article/](http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0060878&representation=PDF)
- Brown JE, Evans BR, Zheng W, Obas V, Barrera-Martinez L, Egizi A, Zhao H, Caccone A, Powell JR 2014. Human impacts shaped historical and recent evolution in *Aedes aegypti*, the dengue and yellow fever mosquito. *Evolution* 68(2): 514-25. doi: 10.1111/evo.12281
- Christophers SR 1960. *Aedes aegypti* (L.) *The yellow fever mosquito – Its life history, bionomics and structure*, Cambridge University Press, London, 750p.
- Demirci B, Lee Y, Lanzaro GC, Alten B 2012. Altitudinal genetic and morphometric variation among populations of *Culex theileri* Teobald (Diptera: Culicidae) from northeastern Turkey. *J Vector Ecol* 37(1): 197-209.

- Devicari M, Lopes AR, Suesdek L 2011. Dimorfismo sexual alar em *Aedes scapularis* (Diptera: Culicidae). *Biota Neotropica* 11(2): 1-5
- Devicari M, Rios Lopes A, Suesdek L 2011. Dimorfismo sexual alar em *Aedes scapularis*. *Biota Neotropica* 11(2): 1-5.
- Dhivya R, Manimegalai K 2013. Wing Shape Analysis of the Japanese encephalitis vector *Culex gelidus* (Diptera: Culicidae) at the Foot Hill of Southern Western Ghats, India. *World J Zool* 8(1): 119-125. doi: 10.5829/idosi.wjz.2013.8.1.7277.
- Dujardin JP 2008. Morphometrics applied to medical entomology. *Infect Genet Evo* 8: 875-890. doi:10.1016/j.meegid.2008.07.011.
- Franco O 1969. Reinfestação do Pará por *Aedes aegypti*. *Rev Bras Mal e Doencas Trop* 21(4): 729-731.
- Forattini OP 1986. Identificação de *Aedes (Stegomyia) albopictus* no Brasil. *Rev Saude Pbl* 10: 244-245.
- Forattini OP 1996. *Culicidologia Médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia*, vol. II, São Paulo, EDUSP, 864p.
- Forattini OP 2002. *Culicidologia Médica: Principios Gerais, Morfologia, Glossário Taxonômico*, vol. I, São Paulo, EDUSP, 864p.
- Fornel R, Cordeiro-Estrela P, Freitas TRO 2010. Skull shape and size variation in *Ctenomys minutus* (Rodentia: Ctenomyidae) in geographical, chromosomal polymorphism, and environmental contexts. *Biol J Linn Soc* 101: 705-720.
- Goodall CR 1991. Procrustes methods in the statistical analysis of shape. *J Roy Stat Soc B* 53(2): 285-339.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Eletrônica* 4(1): 1-9.
- Henry A, Thongsripong P, Fonseca-Gonzalez I, Jaramillo-Ocampo N, Dujardin JP 2010. Wing shape of dengue vectors from around the world. *Infect Genet Evol* 10(2): 207-214.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 25: 1965-1978.

- Hoy MA 1998. Myths, models and mitigation of resistance to pesticides. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 353: 1787-1795.
- Jirakanjanakit N, Dujardin JP 2005. Discrimination of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) laboratory lines based on wing geometry. *South Asian J Trop Med Pbl Health* 36(4): 1-4.
- Jirakanjanakit N, Leemingsawat S, Dujardin JP 2008. The geometry of the wing of *Aedes (Stegomyia) aegypti* in isofemale lines through successive generations. *Infect Genet Evol* 8: 414-421.
- Jirakanjanakit N, Leemingsawat S, Thongrungrat S, Apiwathnasorn C, Singhaniyom S, Bellec C, Dujardin JP 2007. Influence of larval density or food variation on the geometry of the wing of *Aedes (Stegomyia) aegypti*. *Trop Med Int Health* 2(11): 1354-1360. doi:10.1111/j.1365-3156.2007.01919.x
- Klingenberg CP 2011. Morpho J: an integrated software package for geometric morphometrics. *Mol Ecol Resour* 11: 35-357. doi:10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x
- Klingenberg CP, McIntyre GS 1998. Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods. *Evolution* 52(5): 1363-1375.
- Klingenberg CP, Mebus K, Auffray JC 2003. Developmental integration in a complex morphological structure: how distinct are the modules in the mouse mandible? *Evol Dev* 5: 522-531.
- Klingenberg CP, Monteiro LR 2005. Distances and directions in multidimensional shape spaces: implications for morphometric applications. *Syst Biol* 54(4): 678-688.
- Klingenberg CP 2009. Morphometric integration and modularity in configurations of landmarks: tools for evaluating a-priori hypotheses. *Evol Dev* 11: 405-421.
- Labbé P, Berticat C, Berthomieu A, Unal S, Bernard C, Weill M, Lenormand T 2007. Forty years of erratic insecticide resistance evolution in the mosquito *Culex pipiens*. *PLoS Genet* 3(11): 2190-2199.
- Lounibos LP, Suarez S, Menéndez Z, Nishimura, N, Escher RL, O'Connell SM, Rey JR 2002. Does temperature affect the outcome of larval competition between *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *J Vector Ecol* 27: 86-95.

- Luna JED, Martins MF, Anjos AF, Kwabara EF, Navarro-Silva MA 2004. Susceptibilidade de *Aedes aegypti* aos inseticidas temephós e cipermetrina, Brasil. *Ver Saúde Publ* 38(6): 842-843.
- Maciel-de-Freitas R, Codeço CT, Lourenço de Oliveira R 2007. Body size associated survival and dispersal rates of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro. *Med Vet Entomol* 21(3) 284-292.
- Mitteroecker P, Gunz P 2009. Advances in geometric morphometrics. *Evol. Biol.* 3: 235-247.
- Morais SA, Moratore C, Suesdek L, Marrelli MT 2010. Genetic-morphometric Variation in *Culex quinquefasciatus* from Brazil and La Plata, Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 105(5): 672-676.
- Nobre A, Antezana D, Tauil PL 1994. Febre Amarela e Dengue no Brasil: epidemiologia e controle. *Rev Bras Med Trop* 27: 59-66.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H 2013. *Vegan* - Community Ecology Package. [updated 2010 Set 09; cited 2014 Jul 5]. Available from: <http://cran.r-project.org>, <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.
- R. Development Core Team 2011. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [updated 2010 Set 09; cited 2014 Jul 5]. Available from: <http://www.R-project.org>.
- Richtsmeier JT, Deleon VB, Lele SR 2002. The promise of geometric morphometrics. *Yearbook Phys Anthropol* 45: 63-91. doi10.1002/ajpa.10174.
- Ricklefs RE, Miles DB 1994. Ecological and evolutionary inferences from morphology: an ecological perspective. In: Wainwright PC, Reilly SM (eds.). *Ecological Morphology*. University of Chicago Press, USA, 13-41p.
- Rohlf FJ 1999. Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *J Classif* 16: 197-223.
- Rohlf FJ 2006 tpsDig version 2.10. New York: Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

- Rohlf FJ, Corti M 2000. The use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Syst Biol* 49: 740-753.
- Silva CM, Coutinho GSL, Olea RSG 2012. A luta humana contra o *Aedes aegypti*. *Cad Pesq* 19(3): 107-115.
- Silver JB, Renshaw M 1999. Are mosquitoes from lower latitudes smaller? *Med Vet Entomol* 13: 219-223.
- Siqueira JB, Martelli CMT, Coelho GE, Simplício ACR, Hatch D 2005. Dengue and the dengue hemorrhagic fever, Brazil, 1981-2002. *Emerg Infect Dis* 11(1): 48-53.
- Strickman D, Kittayapong P 2003. Dengue and its vectors in Thailand: calculated transmission risk from total pupal counts of *Aedes aegypti* and association of wing-length measurements with aspects of the larval habitat. *Am J Trop Med Hyg* 68(2): 209-217.
- Teixeira MG, Barreto ML, Guerra Z 1999. Epidemiologia e Medidas de Prevenção do Dengue. *Informe Epidemiológico do Sistema Único de Saúde (IESUS)* 8(4): 5-33.
- Tsuda Y, Takagi M 2001. Survival and development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under a seasonally changing environment in Nagasaki, Japan. *Environ Entomol* 30: 855-860.
- Vargas REM, Ya-umphan P, Phumala-Morales N, Komalamisra N, Dujardin JP 2010. Climate associated size and shape changes in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Thailand. *Infect Genet Evol* 10: 508-585.
- Vidal PO, Peruzin MC, Suesdek L 2011. Wing diagnostic characters for *Culex quinquefasciatus* and *Culex nigripalpus* (Diptera, Culicidae). *Rev Entomol Bras* 55(1): 134-137.
- Vidal PO, Suesdek L 2012. Comparison of wing geometry data and genetic data for assessing the population structure of *Aedes aegypti*. *Infect Genet Evol* 12(3): 591-596. doi: 10.1016/j.meegid.2011.11.013.
- Viscosi V, Cardini A 2011. Leaf morphology, taxonomy and geometric morphometrics: a simplified protocol for beginners. *PLoS ONE* 6(10): e25630. doi:10.1371/journal.pone.0025630

WHO - World Health Organization 1992. *Vector resistance to pesticides*. Geneva, Technical Report Series 818, 68p.

Xue RD, Barnard DR, Schreck CE 1995. Influence of body size and age of *Aedes albopictus* on human host attack rates and the repellency of deet. *J Am Mosquito Contr* 11: 50-53.