



**Universidade de Brasília**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Programa de Pós-Graduação em Ecologia**

**Efeitos de matrizes ambientais sobre assembleias de drosofilídeos  
(Insecta, Diptera) de mata de galeria**

**Pedro de Paula Emerich**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia

**Orientadora: Profa. Dra. Rosana Tidon**

Brasília, Março de 2011

## Sumário

Agradecimentos.....	2
Lista de figura.....	4
Lista de tabelas.....	6
Resumo.....	7
Abstract.....	8
Introdução.....	9
Objetivos.....	16
Metodologia.....	17
Área de estudo.....	17
Desenho amostral, método de coleta e de identificação.....	19
Análise de dados.....	22
Resultados.....	24
Discussão.....	44
Drosofilídeos associados à monocultura de soja.....	44
Sazonalidade.....	47
Região e ambiente.....	49
Assembleia de drosofilídeos.....	52
Espécies potencialmente indicadoras.....	53
Considerações finais.....	54
Conclusão.....	57
Referências.....	57

## Agradecimentos

- À minha família, em especial:
  - Pai, por ser minha base ética, moral e afetiva. Pensador, filósofo, cientista, racional e comunista.
  - Mãe, por estar sempre presente em todos os momentos, mimando e protegendo.
  - Irmãos (Natália Tainá e Roberto), por fazerem da minha família, **a melhor que existe!!!!**
  - À Tata, por ser uma mãe.
  - Ao meu avô (em memória), o mais sábio biólogo que conheci.
- Aos meus amigos, em especial meus cinco e verdadeiros amigos, que estiveram presentes em todos os momentos da minha vida, compartilhando as alegrias e as tristezas: Aldemir, André, Erick, Felipe e Samuel.
- À minha orientadora, Rosana Tidon, por caminhar junto comigo nessa longa jornada, ensinando, incentivando, cobrando, e acreditando, mesmo quando tudo parecia perdido. Agradeço pela oportunidade de ter integrado uma equipe tão unida, uma família.
- À equipe do Laboratório de biologia evolutiva da UNB, por serem também meus orientadores (Nilda, Jonas, Sabrina, Henrique, Francisco, Jéssica, Natacha, PH).
- Ao Jonas e Henrique por serem companheiros também de futebol.
- Ao Johnny, pela parceria no campo e no laboratório.
- Em especial a Renata Mata, excelente pesquisadora, pelo apoio nas análises estatísticas e resultados, sem o qual eu não teria terminado o trabalho.

- Aos colegas biólogos, que compartilharam essa vida acadêmica, principalmente aos que se tornaram grandes amigos fora da UNB.
- Aos professores pelo ensino de excelência e ao Programa de Pós Graduação em Ecologia pela oportunidade e logística.
- À administração da Estação Ecológica de Águas Emendadas, em especial, ao Henrique Arakawa e ao Eneas pela amizade e incentivo à nossa pesquisa. Também ao seu Miguel, mateiro e patrimônio da Esecae.
- Às pessoas que me incentivaram a chegar até aqui e que não estão mais presentes em minha vida.

## Lista de Figuras

- Figura 1.** Estação Ecológica de Águas Emendadas e as ocupações em seu entorno.....16
- Figura 2.** Mata de Galeria em contato com cerrado *sensu stricto* na região de estudo “Reserva”.....19
- Figura 3.** Mata de Galeria em contato com monocultura de soja na região de estudo “Fazenda”.....19
- Figura 4.** Desenho amostral utilizado nas áreas de estudo. Em cada área foram estabelecidos transectos (linhas vermelhas) abrangendo um gradiente entre a mata de galeria e a matriz (cerrado ou monocultura), cada um deles com cinco armadilhas (quadrados brancos).....20
- Figura 5.** Abundância média e intervalo de confiança de espécies neotropicais de drosofilídeos em diferentes regiões e ambientes nas estações chuvosa e seca. Pl = plantação, Ce = cerrado, Mpl = mata de galeria com matriz de plantação e Mce = mata de galeria com matriz de cerrado. ....29
- Figura 6.** Abundância média e intervalo de confiança de espécies exóticas de drosofilídeos em diferentes regiões e ambientes nas estações chuvosa e seca. Pl = plantação, Ce = cerrado, Mpl = mata de galeria com matriz de plantação e Mce = mata de galeria com matriz de cerrado.... ....30
- Figura 7.** Riqueza e composição de espécies dos drosofilídeos coletados em toda a área de estudo, nas estações seca e chuvosa.....31
- Figura 8.** Curvas de rarefação e desvio padrão das assembléias de drosofilídeos em diferentes ambientes. Pl = plantação, Ce = cerrado, Mpl = mata de galeria com matriz de plantação e Mce = mata de galeria com matriz de cerrado. Na

curva de Mce não foi acrescentada as barras de desvio padrão, visto que esta se sobrepõe as barras de desvio padrão de Pl e de Mpl.....32

**Figura 9.** Abundância relativa de drosofilídeos neotropicais (em branco) e exóticos (em preto) em quatro ambientes do DF, nas estações chuvosa e seca. Pl = plantação, Ce = cerrado, Mpl = mata de galeria com matriz de plantação e Mce = mata de galeria com matriz de cerrado.....35

**Figura 10.** Ordenação por Análise Multidimensional não Métrica (nMDS) com base nas abundâncias de drosofilídeos, mostrando a similaridade entre amostras coletadas nas regiões “Reserva” (em azul) e “Fazenda” (em verde).....36

**Figura 11.** Ordenação por Análise Multidimensional não Métrica (nMDS) com base nas abundâncias de drosofilídeos, mostrando a similaridade entre amostras coletadas nas nos ambientes Plantação (em rosa), cerrado (em laranja), mata na plantação (em marrom) e mata na reserva (em verde).....37

**Figura 12.** Figura 12 – Análise cluster dos gradientes feitos na Reserva (Estação Ecológica de Águas Emendadas) e na Fazenda. Ce2 = cerrado mais longe da mata, Ce1 = cerrado mais próximo da mata, Tce = borda entre cerrado e mata com matriz de cerrado, Mce1 = mata com matriz de cerrado mais próxima da borda, Mce2 = mata com matriz de cerrado mais distante da borda, Pl2 = plantação mais distante da borda, Pl1 = plantação mais próxima da borda, Tpl = borda entre plantação e mata com matriz de plantação, Mpl1 = mata com matriz de plantação mais próxima da borda, Mpl2 – mata com matriz de plantação mais distante da borda..... 39

## Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Abundância de drosofilídeos coletados na Fazenda e Estação Ecológica (ESECAE), em diferentes estações do ano e ambientes. Pl= Plantação, Tpl = Transição entre plantação e mata de galeria da plantação, Mpl = Mata de galeria de adjacente à plantação, Ce = cerrado, Tce = Transição entre cerrado e mata de galeria, Mce = Mata de galeria adjacente ao cerrado.....24
- Tabela 2.** Parâmetros estatísticos da abundância de drosofilídeos em diferentes regiões (fazenda e estação ecológica ESECAE) e ambientes do DF (legendas conforme figura 1), nas estações chuvosa e seca .....26
- Tabela 3.** Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas comparando a abundância de drosofilídeos de espécies neotropicais e exóticas entre diferentes estações (seca e chuvosa), regiões (fazenda e reserva), e vegetações (aberta = plantação e cerrado e fechada = matas.....27
- Tabela 4.** Análise de Similaridade (ANOSIM), mostrando a variação nas assembléias de drosofilídeos entre as regiões (fazenda e estação ecológica) e ambientes (Ce = cerrado, Pl = plantação, Mce = mata em matriz de cerrado e Mce = mata em matriz de plantação).....38
- Tabela 5.** Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER), mostrando quais espécies mais contribuiu para a diferenciação das assembléias das regiões (fazenda e estação ecológica).....40
- Tabela 6.** Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER), mostrando quais espécies mais contribuiu para a diferenciação das assembléias dos ambientes (plantação, cerrado, mata em matriz de plantação e mata em matriz de cerrado).....41

## Resumo

A fragmentação consiste na divisão de uma área contínua em partes menores, resultando em perda e isolamento dos habitats naturais. No bioma Cerrado, onde já se perdeu mais de 50% da cobertura vegetal original, essa prática é ocasionada principalmente por atividades agropecuárias. Para se compreender os efeitos desse processo sobre assembleias naturais de moscas da família Drosophilidae, foram analisadas matas de galeria inseridas em matrizes de cerrado e de monocultura de soja. Todos os ambientes (cerrado, monocultura e matas inseridas em matrizes de cerrado e de monocultura) foram inventariados e comparados quanto à riqueza, abundância e composição de assembleias de drosofilídeos. Foi constatado que a plantação possui riqueza menor e abundância maior que áreas naturais, sendo composta em sua maioria por espécies exóticas e neotropicais de ampla distribuição. A composição da assembleia mostrou-se diferente em todos os ambientes, sendo que nas matas da fazenda a espécie que mais contribuiu foi a exótica *D. simulans*; e na mata da reserva foi a neotropical *D. stutervanti*. Espécies exóticas mostraram-se mais associadas a ambientes mais quentes e secos, o que sugere uma maior resistência ao ressecamento, característica provavelmente associada ao seu sucesso de invasão. Este estudo recomenda a revisão das políticas ambientais, levando-se em consideração estudos científicos. Mudanças em matrizes naturais, como a supressão do Cerrado, podem propiciar a extinção de várias espécies e o estabelecimento de espécies invasoras, causando prejuízos ambientais e econômicos.



## Abstract

Fragmentation is a process in which continuous areas are converted into other smaller , resulting in loss and isolation of natural habitats. In the Brazilian Savannah, where over 50% of the original vegetation was lost, the fragmentation is caused mainly by agricultural activities. To understand the effects of this process on the drosophilid natural assemblages, we analyzed different gallery forests surrounded by natural savanna and soy plantation matrices. All environments (natural savanna, soy plantation, and gallery forests placed into natural savanna and soy plantation matrices) were analyzed and compared in terms of richness, abundance and composition of drosophilid assemblages. The plantation had the lowest richness, but a highest abundance than natural areas, consisting mostly of exotic and widespread neotropical species. The drosophilid assemblage composition was different among environments. In the forest surrounded by plantation, the exotic *D. simulans* was the dominant, whereas the neotropical *D. stutervanti* was the most important in the gallery forest placed into savanna matrix. Exotic species were more associated to warmer and drier environments, which suggests a greater desiccation resistance, a feature probably related to its successful invasion. This study recommends a review of environmental politics, integrated with scientific studies. Changes in natural matrices, such as the removal of vegetation, can lead to species loss and promote the establishment of invasive species, causing environmental and economic damage.

## Introdução

O Cerrado é o segundo bioma da América do Sul em extensão, e um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000). É a formação savânica de maior riqueza de espécies, composta por um complexo mosaico de fitofisionomias que varia desde campos limpos até matas de galeria (Eiten, 1972; Oliveira & Marquis, 2002). No geral, essas características são determinadas por vários fatores, como por exemplo, umidade, nutrientes disponíveis no solo, regime de fogo e herbivoria (Cole, 1986; Mistry, 2000). Esse bioma abrange uma área de aproximadamente dois milhões de km<sup>2</sup>, porém estima-se que mais da metade já foi de alguma forma modificada, sendo poucas as áreas legalmente protegidas: 2,2% em unidades de conservação de proteção integral e apenas 1,9% em unidades de conservação de uso sustentável (Klink & Machado, 2005). Mesmo as áreas protegidas, principalmente as próximas de centros urbanos, são impactadas pelo uso do solo em seu entorno, como as atividades agropecuárias.

As pastagens de gramíneas de origem africana cobrem atualmente uma área de 500.000 km<sup>2</sup> (equivalente ao território da Espanha) enquanto que as monoculturas, principalmente de soja, cobrem outros 100.000 km<sup>2</sup>. Para a conservação restam somente 33.000 km<sup>2</sup>, área claramente insuficiente quando comparada com os principais usos da terra no Cerrado (Klink & Machado, 2005). Além do mais, estimativas atuais indicam que a taxa de expansão da atividade agrícola sobre áreas nativas do Cerrado é de 3% ao ano (Henriques, 2003). No atual ritmo de degradação, no ano de 2030 restarão apenas fragmentos desse bioma restritos às unidades de conservação (Machado *et al.*, 2004).

As mudanças e destruição deste bioma trouxeram como consequência muitos danos ambientais, a citar a fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono e, possivelmente, modificações climáticas regionais (Klink & Machado, 2005).

A fragmentação consiste na divisão de uma área contínua em partes menores, resultando em perda e isolamento dos habitats naturais. Apesar de as fragmentações serem fenômenos tanto naturais como antrópicos, este último é o que vem preocupando os ambientalistas, pois acontece em ritmo acelerado e contínuo. Dentre as principais causas destacam-se a expansão urbana, o avanço das fronteiras agrícolas e a exploração ilegal dos recursos naturais. Atualmente não se sabe quais são os processos ecológicos perdidos com a fragmentação antrópica, pois poucos estudos de longo prazo têm sido desenvolvidos, principalmente para o bioma Cerrado (Sano *et al.*, 2008).

A diminuição de uma área limita a coexistência de espécies sensíveis à alteração no habitat. Alguns animais, a citar a onça pintada, podem requerer uma área de vida de até 152 km<sup>2</sup> (Reis *et al.*, 2006). As populações isoladas, que não possuem capacidade de deslocar-se entre os fragmentos, estão mais propensas à extinção, pois sofrem os efeitos deletérios devido à estocasticidade (Freeman & Herron, 2009). A eliminação de determinados habitats também tem efeito sobre espécies raras, que apresentam distribuição restrita e alto índice de endemismo (Sano *et al.*, 2008).

A diminuição e supressão de áreas habitáveis podem vir a causar “efeito de reunião”, onde populações excedentes móveis tendem a migrar para áreas remanescentes, aumentando a competição por recursos (Sano *et al.*, 2008). Já para outras espécies pode ocorrer o processo inverso, com o processo de fragmentação

gerando barreiras e/ou isolamentos que impedem a dispersão e colonização dos indivíduos para outras áreas. Tem-se como exemplo as grandes plantações que isolam pequenos fragmentos naturais e as áreas urbanas consolidadas, que inviabilizam a passagem de animais, bem como a dispersão de gametas e de sementes das plantas (Sano *et al.*, 2008). O modelo de biogeografia de ilhas, proposto por MacArthur & Wilson (1967), pode ser utilizado como base para entender a dinâmica e ecologia dos fragmentos. Essa teoria sugere que o tamanho e o isolamento das áreas remanescentes, assim como a taxa de imigração, alteram a riqueza local de espécies. A teoria de metapopulações proposta por Levins (1969) também é utilizada, uma vez que considera como fator essencial para manutenção das populações o fluxo de indivíduos multidirecional entre as populações isoladas.

Outra consequência do processo de fragmentação é o surgimento de bordas. Seus efeitos são mais intensos em fragmentos que apresentam uma maior relação perímetro/área, alterando assim o microclima da região de borda. Isso descaracteriza o ambiente que antes possuía aspectos singulares e promovia o estabelecimento de espécies especialistas. A mudança no ambiente modifica a estrutura da comunidade, visto que desfavorece a sobrevivência de espécies anteriormente presentes no local e viabiliza o estabelecimento de espécies invasoras, mais adaptadas às novas condições (Primack & Rodrigues, 2002; Sano *et al.*, 2008). Quanto maior o perímetro dos fragmentos, maior a borda e, conseqüentemente, maiores os efeitos das pressões antrópicas sobre eles. A modificação das características originais do ambiente pode também ser mensurada pela distância de penetração do efeito de borda, ou seja, o quanto esse efeito adentra o fragmento em direção a área núcleo. No entanto, essa distância depende dos parâmetros analisados e dos organismos em consideração,

podendo variar de acordo com vários fatores, como estação do ano, topografia, hora do dia e idade da borda (Laurance & Bierregaard, 1997).

Em geral, quanto maior o contraste entre a estrutura dos fragmentos e da matriz, maior é a intensidade dos efeitos de borda e da matriz sobre a fauna e a flora. Segundo Forman (1995), a matriz pode ser definida como a unidade dominante da paisagem (espacial e funcionalmente), que controla a dinâmica da paisagem, ou como uma área heterogênea, contendo uma variedade de unidades de não-habitat que apresenta condições menos favoráveis às espécies do habitat estudado. Alguns organismos, como os insetos fitófagos, tendem a aumentar suas populações com o aumento do efeito de borda. Já outros organismos, como algumas aves e morcegos, ocorrem restritamente dentro dos fragmentos, sendo afetados negativamente pelo efeito de borda. A permeabilidade da matriz é decorrente da sua complexidade estrutural e do tipo e intensidade de seu uso, e essas diferentes formas de utilização, assim como as características internas dessas matrizes, influenciam diretamente nas estruturas das assembleias ali encontradas (Colli *et al.*, 2003).

O isolamento afeta a dispersão entre os fragmentos, comprometendo a persistência das populações. A interrupção do fluxo gênico entre as populações pode diminuir a frequência genotípica de heterozigotos, diminuindo conseqüentemente a diversidade genética na população, tornando-as vulneráveis a eventos estocásticos (Freeman, 2009). Logo, é necessário que um fragmento tenha tamanho suficiente para manter uma População Mínima Viável, a qual garante 95% de chance de sobrevivência dos indivíduos de uma população em um dado tempo (Primack & Rodrigues, 2002). A riqueza de espécies também costuma ser afetada pelo tamanho da área, embora essa relação não seja consistente em todos os grupos (Colli *et al.*, 2003).

As moscas da família Drosophilidae constituem atualmente um grupo de aproximadamente 4.000 espécies (Bächli, 2011). Em geral, alimentam-se de microorganismos decompositores como bactérias e leveduras, presentes em frutos, flores, fungos entre outros (Carson, 1971). Devido ao rápido ciclo de vida e à facilidade em se coletar e se manter linhagens em laboratório, os drosofilídeos são considerados excelentes modelos para estudos, principalmente genéticos e evolutivos. A utilização de drosofilídeos para estudos ecológicos é recente se comparada a outros grupos, no entanto vem ganhando grandes dimensões por gerar resultados significativos nas mais diversas áreas (Powell, 1997), como bioindicação (Mata *et al.*, 2008), aquecimento global (Balanyà *et al.*, 2007), invasão biológica (Mata *et al.*, 2010), entre outras.

Os drosofilídeos apresentam, em geral, alta riqueza e abundância, e ocorrem em todas as regiões biogeográficas, em diversos tipos de ecossistemas. O endemismo de algumas espécies é notável em diversas regiões, devido as suas adaptações a características ambientais diferenciadas. Já outras espécies possuem distribuição cosmopolita, em grande parte devido à associação com o homem (Parsons, 1983). No Cerrado, apesar da crescente e rápida destruição do bioma, poucos estudos foram feitos e pouco se conhece a respeito da diversidade de drosofilídeos. Em pouco mais de 15 anos de estudo na região identificou-se aproximadamente 120 espécies de drosofilídeos, sendo destas 110 endêmicas da região neotropical (Chaves & Tidon, 2008; Roque & Tidon, 2008).

Ambientes florestais das regiões tropicais possuem maior diversidade de drosofilídeos que ambientes savânicos. As espécies neotropicais normalmente apresentam preferência por uma única fitofisionomia, sendo as matas de galerias mais ricas, enquanto as exóticas coabitam tanto as formações savânicas quanto florestais. Nas florestas, a predominância de espécies neotropicais ocorre de janeiro a julho, enquanto a

de exóticas ocorre de agosto a dezembro. A abundância de drosofilídeos é suscetível às flutuações ambientais, destacando-se intensidade luminosa, precipitação, umidade relativa e temperatura (Tidon, 2006).

Áreas fragmentadas, dependendo de seu tamanho, formato e as atividades desenvolvidas ao seu redor, podem possuir diferentes graus de perturbação. Mata e colaboradores (2008) mostraram que áreas florestais não perturbadas apresentam maior riqueza e abundância de drosofilídeos neotropicais e especialistas, enquanto tanto as espécies exóticas quanto neotropicais com hábitos generalistas são mais encontradas em florestas perturbadas, savanas e áreas urbanas. Tal fato evidencia que drosofilídeos são adequados para se estudar os efeitos de perturbações, pois são abundantes, fáceis de trabalhar e respondem rapidamente aos distúrbios antropogênicos (Ferreira & Tidon, 2005).

Atualmente a degradação dos ecossistemas nativos e a dispersão de espécies exóticas são as maiores e mais amplas ameaças à biodiversidade (Klink & Machado, 2005). As grandes transformações ocorridas nas paisagens do Cerrado e o status de ameaça de muitas de suas espécies têm provocado o surgimento de iniciativas de conservação por parte do governo, de organizações não governamentais (ONGs), pesquisadores e do setor privado (Klink & Machado, 2005).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), lei N°. 9985 criada em 2000, institui as unidades de conservação no País. São reservas protegidas que visam, entre outras finalidades, contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos, além de proteger as espécies ameaçadas de extinção. As Unidades de Conservação de Uso Sustentável são as que permitem a exploração sustentável do ambiente e as unidades de Proteção Integral as que só permitem o uso

indireto dos seus atributos naturais, tais como pesquisa e visitação, mantendo os ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana.

São também consideradas áreas protegidas por lei as APP's e as Reservas Legais. As Áreas de Preservação Permanente (APP's), instituídas pela lei N°. 4771/65 e regulamentadas pela Resolução 303 do CONAMA, são áreas que devem ser mantidas em caráter permanente, podendo sua supressão ser feita somente por utilidade pública ou interesse social, caso não haja alternativa. Deve ser mantido ao redor de todos os corpos hídricos, no mínimo, um raio de 30 metros de área preservada, assim como em veredas, restingas, dunas, morros, entre outros. As reservas legais, igualmente instituídas pela Lei N. 4771/65, são áreas localizadas no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas. Esta área varia de acordo com o bioma e o tamanho da propriedade sendo, no mínimo, 80% da propriedade rural localizada na Amazônia Legal, 35% da propriedade rural localizada no bioma Cerrado dentro dos estados que compõem a Amazônia Legal e 20% nas propriedades rurais localizadas nas demais regiões do país.

A preservação de áreas não se restringe àquelas protegidas por lei. A reserva da Biosfera, por exemplo, inclui áreas de ecossistemas reconhecidos pelo Programa o Homem e a Biosfera, da UNESCO, as quais possuem características importantes em nível mundial para a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável. Para o êxito de sua implementação, a Reserva da Biosfera considera não somente uma única área homogênea, e sim um zoneamento de seu território constituído de três elementos: Zonas-Núcleo, constituídas de unidades de conservação de proteção integral; Zonas-Tampão, estabelecidas no entorno das zonas-núcleo com o objetivo de



funcionarem como áreas de amortecimento; e Zonas de Transição, visando integrar as zonas mais internas da reserva com as áreas externas, onde predominam atividades antrópicas mais intensas. No âmbito do Distrito Federal constituem zonas-núcleo da reserva da biosfera o Parque Nacional de Brasília, a Estação Ecológica de Águas Emendadas e o conjunto de áreas protegidas inseridas na APA - Gama e Cabeça de Veado (Reserva da Biosfera do Cerrado, 2011).

Os objetivos do presente estudo são:

1 – Inventariar as espécies de drosofilídeos em diferentes ambientes (cerrado, mata de galeria em matriz de cerrado, plantação e mata de galeria em matriz de plantação) do DF.

2 - Comparar a riqueza e abundância de drosofilídeos em diferentes estações, regiões e ambientes.

3 - Verificar se existe diferença na composição de espécies entre regiões, ambientes, bem como ao longo do gradiente ambiental.

4 - Analisar quais espécies de drosofilídeos caracterizam áreas abertas de cerrado, plantações e matas de galeria.

## Material e Métodos

### Áreas de estudo

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE: 15°34'S; 47°39'W) e em duas fazendas próximas a ela (Figura 1). Essa unidade de conservação abrange uma área de 10.547,21 ha situada a nordeste do Distrito Federal, a aproximadamente 50 km do centro de Brasília. Além de conter ecossistemas de grande relevância ecológica, ocorre nesta reserva a junção de nascentes de duas grandes bacias hidrográficas da América do Sul, a Tocantins-Araguaia e a Platina, que partem de uma única vereda de 6 km de extensão, caracterizando um fenômeno incomum (Fonseca *et al.*, 2008). O clima pode ser classificado em Aw (clima de savana com temperatura superior a 18 °C) e/ou Cw (tropical de altitude, com temperatura variando entre 18 e 22 °C) segundo Köppen. A precipitação da região varia entre 750 mm a 2.000 mm/ano, sendo que aproximadamente 90% das precipitações ocorrem entre setembro e abril (Fonseca *et al.*, 2008).



Figura 1 – Estação Ecológica de Águas Emendadas e ocupações em seu entorno.

Atendendo a exigências de sua lei de criação, a qual diz que Estações Ecológicas têm como objetivo a preservação da natureza e a pesquisa científica (SNUC L. 9985/2000), a ESECAE foi cenário de diversas publicações científicas, por apresentar uma das áreas protegidas de maior biodiversidade do Brasil Central. Juntamente com o Parque Nacional de Brasília e APA Gama e Cabeça de Veado, a ESECAE faz parte do seleto grupo de unidades de conservação de relevante interesse de preservação, as chamadas Reservas da Biosfera. Apesar disso, a Estação Ecológica sofre diversos tipos de pressão antrópica, como a ocorrência de loteamentos e assentamentos urbanos em seu entorno, além de grandes áreas cultiváveis (Fonseca *et al.*, 2008).

Nos limites dessa unidade de conservação podem ser observadas ocupações formadas por propriedades rurais com cultivos de grãos (soja, milho e feijão, principalmente) e com pecuária (avicultura industrial) em grande escala (mais de 1.000 ha). Os cultivos são realizados de forma empresarial e de maneira convencional, com o uso intenso de insumos (Fonseca, 2008). Dessas propriedades destacam-se duas Fazendas, as quais são objetos do estudo em questão, situadas nas coordenadas (15°37'27.00"S; 47°31'0.50"W) e (15°33'49.20"S; 47°32'24.60"W). Estas apresentam como atividade econômica monoculturas de soja não irrigadas, com o plantio efetuado no começo do período da chuva e a colheita ocorrendo, em média, quatro meses após o plantio. O solo é fertilizado principalmente com fosfato e a plantação recebe constantemente pulverizações de herbicidas, fungicidas e inseticidas, entre outros defensivos agrícolas. Durante a estação seca a terra fica “nua”, desprovida de qualquer tipo de vegetação. Observa-se nesse período um ressecamento severo do solo, advindo da alta incidência solar e baixa umidade da região. Por determinação da Legislação ambiental brasileira essas áreas são obrigadas a conter vegetações naturais em torno dos

cursos d'água em seu interior, denominadas Áreas de Preservação Permanente (APP), as quais também fizeram parte deste estudo.

### **Desenho amostral, métodos de coleta e de identificação**

Foram escolhidas duas áreas de mata de galeria em contato com cerrado *sensu stricto* dentro da unidade de conservação (região: RESERVA) (Figura 2), onde há pouca interferência antrópica, e duas áreas de mata de galeria fora dessa unidade (região: FAZENDA), em contato com sistemas agrícolas de monoculturas (uma delas mostrada na Figura 3). Foram analisados dez transectos em cada região (cinco por área), cada um composto por cinco armadilhas distantes 20 metros entre si e dispostas em um gradiente que se inicia no interior de uma matriz (cerrado preservado ou agricultura) e termina no interior da mata de galeria. Os transectos, a fim de se evitar qualquer interferência de atração das moscas entre as armadilhas, tiveram uma distância mínima de 100 metros (Figura 4). Para medir a diferença de composição das assembleias em relação à variação temporal, foram feitas coletas no período chuvoso, nos meses de janeiro e fevereiro, e no período de seca, nos meses de agosto e setembro. Ao todo foram colocadas 200 armadilhas, totalizando 40 pontos.



Figura 2 – Mata de Galeria em contato com cerrado *sensu stricto* na região de estudo “Reserva”.

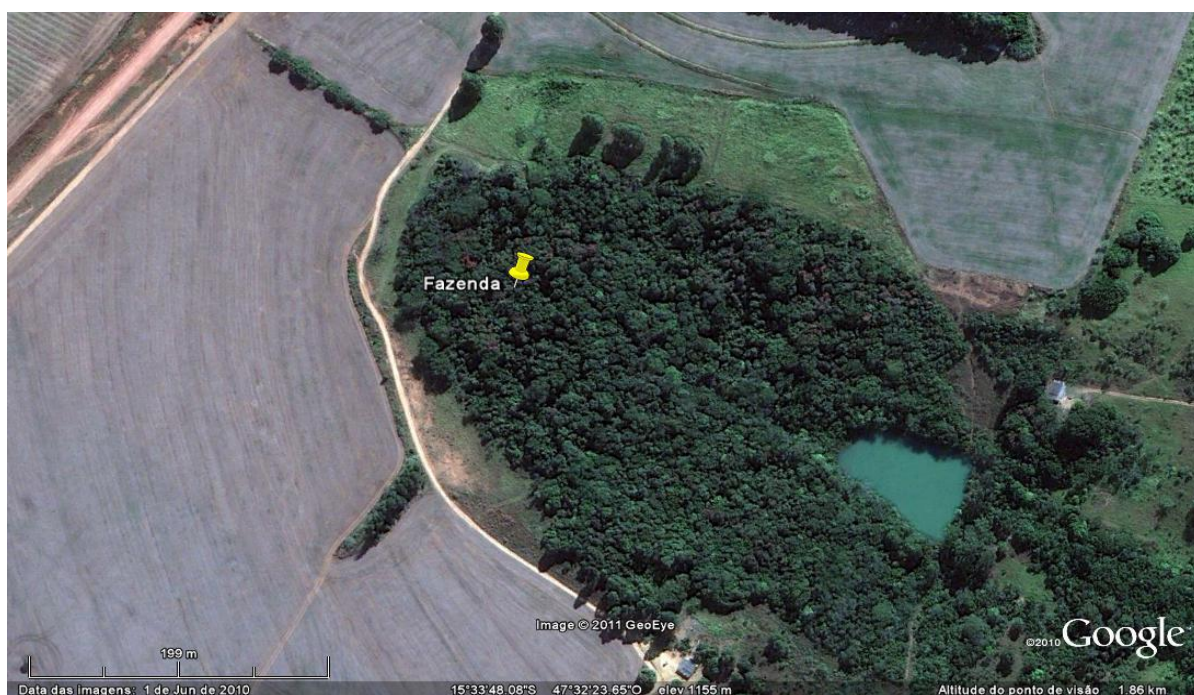


Figura 3 – Mata de Galeria em contato com monocultura de soja na região de estudo “Fazenda”.

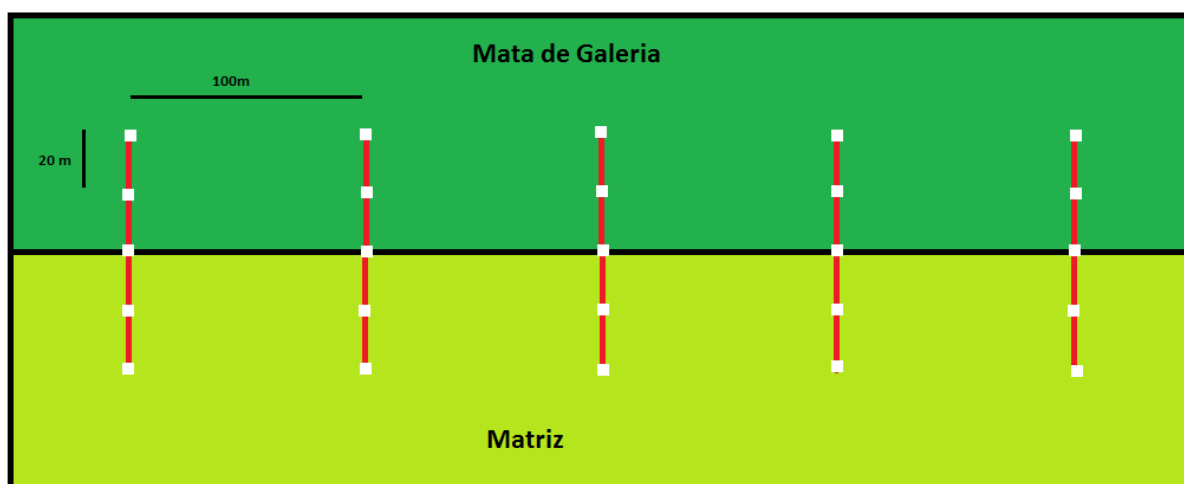


Figura 4 – Desenho amostral utilizado nas áreas de estudo. Em cada área foram estabelecidos transectos (linhas vermelhas) abrangendo um gradiente entre a mata de galeria e a matriz (cerrado ou monocultura), cada um deles com cinco armadilhas (quadrados brancos).

Para a captura dos drosofilídeos foram utilizadas armadilhas constituídas de uma câmara de retenção de indivíduos adultos e um recipiente para a isca de banana fermentada por *Saccharomyces cerevisiae* (Tidon-Sklorz & Sene, 1988). As armadilhas foram colocadas no campo e retiradas após três dias no mesmo horário em que foram colocadas. Em laboratório, as moscas capturadas foram triadas e sexadas. A identificação foi feita através da morfologia externa, com auxílio de estereomicroscópio, utilizando-se chaves de identificação, descrições de espécies e, para espécies crípticas ou de difícil identificação, análise das genitálias masculinas. As espécies, depois de identificadas, foram depositadas na coleção do Laboratório de Biologia Evolutiva do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

## **Análise de Dados**

Tanto a riqueza entre as áreas quanto a eficiência da metodologia de amostragem foram analisadas através curvas de rarefação e acumulação de espécies (Krebs, 1999), com 1000 aleatorizações, geradas com base na matriz de dados de abundância em cada área. Para tal, utilizou-se o programa ESTIMATES v. 8.2.0.

Diferenças entre as Regiões (reserva e fazenda) e os Ambientes (plantação, cerrado, mata de galeria em matriz de plantação e mata de galeria em matriz de cerrado), baseando-se na abundância de drosofilídeos, foram aferidas utilizando-se análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas. O intervalo de confiança das médias das variáveis em cada Região e Ambiente foi utilizado para se verificar quais deles variavam entre si ( $\alpha= 0,05$ ). Utilizou-se para estas análises o programa PRIMER, v. 5.

A comparação da composição de assembleias entre as regiões, ambientes e gradientes ambientais foi efetuada com técnicas de estatística multivariada não paramétrica. A análise multidimensional não-métrica (non-Metric Multidimensional Scaling – nMDS), com o índice de similaridade de Morisita, foi utilizada para apresentar relação entre os sítios amostrais em uma ordenação, baseando-se na abundância das espécies. Vários índices de similaridade, como o de Jaccard e de Bray-Curtis, levam em conta somente a presença e ausência de espécies, dando pouco peso às espécies mais abundantes (Magurran, 2004). O índice de Morisita, diferentemente da grande maioria dos outros índices, é menos influenciado pela riqueza de espécies e pelo tamanho da amostra (Wolda, 1981 *apud* Magurran, 1988). Para minimizar o peso das espécies mais abundantes sobre as raras, os dados de abundância foram transformados por raiz quadrada (square-root).

Diferenças estatísticas nas composições das assembleias foram feitas a partir de análises de similaridade (Analysis of Similarity – ANOSIM). Essa análise produz uma estatística (valor de R) baseada na matriz de dissimilaridade entre as amostras, a qual varia entre 1 e -1. Quanto mais próximo de 1 maior a diferença entre as unidades amostrais, e quanto mais próximo de 0, menor a diferença. A significância dessa estatística é determinada por um teste de permutação. A diferença entre as unidades amostrais foi determinada pelo valor de R global (teste multivariado) e a significância desse valor (Clarke & Warnick, 2001).

Após a verificação de diferenças significativas entre as amostras, identificou-se quais espécies mais contribuíram para essa dissimilaridade. Para tal utilizou-se a análise das porcentagens de similaridade (Similarity Percentages Analysis – SIMPLER). A porcentagem de similaridade média de cada espécie foi utilizada como critério para identificar as espécies que mais contribuíram para a similaridade dentro das assembleias e a dissimilaridade entre as assembleias. Para as análises supracitadas, utilizou-se o programa PRIMER v5 (Clarke & Gorley, 2001).

A similaridade com índice de Morisita foi utilizada para analisar o quanto as assembleias de drosofilídeos refletem a variação entre os ambientes. O grau de similaridade entre os ambientes foi gerado pela análise de agrupamento e representado em um dendograma, utilizando-se programa estatístico PAST v. 2.02.



## Resultados

Neste estudo foram identificados 11931 indivíduos, distribuídos em 40 táxons subgenéricos, sendo 34 ao nível de espécie. Destes, 34 são classificados como endêmicos da região neotropical e seis como exóticos. Os táxons mais abundantes foram *Drosophila cardini* (42,7%), *Zaprionus indianus* (16,8%), *D. stutervanti* (13,7%), *D. simulans* (12,5%) e o subgrupo *D. willistoni* (7,8%), totalizando 93% de toda a amostra. Sessenta e sete por cento dos indivíduos coletados e identificados representam espécies neotropicais e 33% espécies exóticas (Tab. 1). A descrição estatística das amostras analisadas, tais como medidas de tendência central, dispersão, e normalidade, é mostrada na Tabela 2. Segundo o teste Shapiro-Wilk, quase nenhum dos ambientes mostrou normalidade dos dados, ( $p > 0,05$ ), justificando a transformação desses últimos.

Durante a estação chuvosa, a plantação foi o ambiente com maior abundância (67%) e riqueza (20) de drosofilídeos. Na estação seca, tanto a abundância (4,5%) como a riqueza (6) da plantação foram as menores dentre todos os ambientes. Cinco espécies de drosofilídeos foram coletadas exclusivamente na plantação: *D. ararama*, *D. cardinoides*, *D. paranaensis*, *D. polymorpha* e *D. busckii*, sendo essa última uma espécie exótica (Tab.1). Todas as espécies exóticas levantadas no presente estudo ocorreram na plantação, destacando-se com maior abundância *Z. indianus* ( $n=1700$ ) e *D. simulans* ( $n=865$ ). Dentre as neotropicais, *D. cardini* foi a espécie dominante ( $n=4408$ ), representando 91% de todos os indivíduos coletados na plantação (Tab. 1).

A ANOVA de Medidas Repetidas mostrou diferenças significativas em todos os fatores avaliados ( $p < 0,01$ , Tab. 3). O principal fator associado às variações nas abundâncias de drosofilídeos foi a estação, seguido pelo efeito da região e vegetação (aberta: cerrado e monocultura; e fechada: matas de galeria).

Tabela 1: Abundância de drosofilídeos coletados na Fazenda e Estação Ecológica (ESECAE), em diferentes estações do ano e ambientes. Pl= Plantação, Tpl = Transição entre plantação e mata de galeria da plantação, Mpl = Mata de galeria de adjacente à plantação, Ce = cerrado, Tce = Transição entre cerrado e mata de galeria, Mce = Mata de galeria adjacente ao cerrado.

	Estação Chuvosa							Estação Seca							TOTAL
	FAZENDA			ESECAE				FAZENDA			ESECAE				
Neotropicais	Pl	Tpl	Mpl	Ce	Tce	Mce	Total	Pl	Tpl	Mpl	Ce	Tce	Mce	Total	TOTAL
<i>D. ananassae</i>	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>D. austrosaltans</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. ararama</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. capricorni</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	4	5
<i>D. cardini</i>	4408	361	271	19	5	13	5077	1	3	2	2	0	16	24	5101
<i>D. cardinoides</i>	31	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	31
<i>D. elliptica</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. flexa</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. guaru</i>	1	1	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>D. maculifrons</i>	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>D. mediotriata</i>	19	0	5	0	2	1	27	0	0	0	0	0	2	2	29
<i>D. mercatorum</i>	52	7	3	2	1	0	65	1	0	0	8	3	0	12	77
<i>D. milleri</i>	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>D. nebulosa</i>	23	15	22	11	10	14	95	0	3	11	2	2	12	30	125
<i>D. neoelliptica</i>	0	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>D. nigricruria</i>	2	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>D. paraguayensis</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. paranaensis</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. polymorpha</i>	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>D. prosaltans</i>	0	1	0	1	3	1	6	0	1	1	0	0	2	4	10

	Estação Chuvosa							Estação Seca							
	FAZENDA			ESECAE				FAZENDA			ESECAE				TOTAL
	Pl	Tpl	Mpl	Ce	Tce	Mce	Total	Pl	Tpl	Mpl	Ce	Tce	Mce	Total	
<b>Neotropicais</b>															
<i>D. pseudosaltans</i>	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>D. stutervanti</i>	234	199	209	203	253	530	1628	2	4	7	1	1	1	16	1644
<i>D. repleta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
<i>Sg. D. willistoni</i>	7	118	254	14	102	423	918	6	4	3	0	0	0	13	931
<i>Gr. D. tripunctata</i>	1	1	1	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Gr. D. annulimana</i>	1	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Gr. D. coffeata</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gr. D. guarani</i>	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Gr.D. saltans</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>R. bivisualis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2
<i>R. brasiliensis</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>R. obesa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3
<i>D. sp1</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. sp2</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Exóticas</b>															
<i>D. busckii</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. immigrans</i>	5	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>D. malerkotiana</i>	136	27	39	29	18	62	311	0	0	1	0	0	1	2	313
<i>D. simulans</i>	865	38	110	19	8	33	1073	18	92	201	14	18	77	420	1493
<i>S. latifasciaeformis</i>	90	3	4	6	2	0	105	0	0	0	0	0	1	1	106
<i>Z. indianus</i>	1700	13	23	152	11	9	1908	1	19	37	14	6	21	98	2006
<b>Abundância Total</b>	7580	788	950	463	420	1097	11298	29	126	263	46	35	134	633	11931
<b>Riqueza</b>	20	16	17	17	16	13	37	6	7	8	8	7	10	15	40

Tabela 2. Parâmetros estatísticos da abundância de drosofilídeos em diferentes regiões (fazenda e estação ecológica ESECAE) e ambientes do DF (legendas conforme figura 1), nas estações chuvosa e seca.

	CHUVOSA				SECA			
	FAZENDA		ESECAE		FAZENDA		ESECAE	
	Pl	Mpl	CE	Mce	Pl	Mpl	CE	Mce
<b>Número de armadilhas</b>	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>Espécies neotropicais</b>								
Mediana	156	23,5	7	16,5	0	0,5	0,5	0
Média	239,15	38,65	12,85	49,65	0,5	1,2	0,9	1,7
Desvio Padrão	247,15	56,37	15,93	58,60	1,36	1,67	1,16	3,48
Skewness	1,93	3,54	2,28	1,31	3,86	1,60	1,32	3,26
Kurtosis	3,81	13,75	5,93	0,48	15,97	2,31	1,27	11,98
Shapiro-Wilk Statistic	0,77**	0,53**	0,73**	0,76**	0,41**	0,76**	0,78**	0,55**
<b>Espécies exóticas</b>								
Mediana	113	4	3,5	2,5	0	2,5	0	1,5
Média	139,85	8,85	10,3	5,2	0,95	11,95	1,4	5
Desvio Padrão	121,36	11,78	14,96	6,76	1,57	19,65	2,33	8,44
Skewness	0,58	1,60	1,85	1,84	2,26	1,99	2,39	2,58
Kurtosis	-1,18	1,67	2,12	3,59	5,31	3,44	5,90	7,17
Shapiro-Wilk Statistic	0,87*	0,74**	0,66*	0,77**	0,66**	0,65**	0,64**	0,63**

\* p<0,05; \*\* p<0,01

Tabela 3: Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas comparando a abundância de drosofilídeos de espécies neotropicais e exóticas entre diferentes estações (seca e chuvosa), regiões (fazenda e reserva), e vegetações (aberta = plantação e cerrado e fechada = matas).

<b>Neotropicais</b>	<b>SS</b>	<b>GL</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>
Estação	281988	1	281988	33,217*
Região	1148648,8	1	1148648,8	13,551*
Vegetação	65650,5	1	65650,5	7,745*
Estação x Região	116802,1	1	116802,1	13,759*
Estação x Vegetação	68268,9	1	68268,9	8,042*
Vegetação x Região	140837,6	1	140837,6	16,615*
Estação x Região x Vegetação	140363,3	1	140363,3	16,534*

<b>Exóticas</b>	<b>SS</b>	<b>GL</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>
Estação	52526,3	1	52526,3	26,983*
Região	48755,3	1	48755,3	24,938*
Vegetação	37118,6	1	37118,6	18,986*
Estação x Região	40100,6	1	40100,6	20,600*
Estação x Vegetação	56437,7	1	56437,7	28,992*
Vegetação x Região	34898,6	1	34898,6	17,850*
Estação x Região x Vegetação	44722,7	1	44722,7	22,974*

\*  $p < 0,01$

A abundância de drosofilídeos na plantação foi significativamente maior na estação chuvosa que na estação seca (Fig. 5 e 6). Nos outros ambientes avaliados (cerrado, mata com matriz de plantação e mata com matriz de cerrado), as abundâncias de drosofilídeos não diferiram significativamente entre as duas estações. A diferença significativa entre as regiões (Fig. 5 e 6) foi influenciada pela alta abundância de moscas da plantação, ambiente que só está presente na região da fazenda. Dentro da região “Fazenda” os ambientes (plantação e mata da fazenda) são diferentes entre si na estação chuvosa, enquanto dentro da região “Reserva” os ambientes não são estatisticamente diferentes (Fig. 5 e 6).

A riqueza de drosofilídeos também variou bastante entre as estações: 15 espécies na estação seca e 37 na estação chuvosa. Três espécies (*D. repleta*, *R. bivisualis* e *R. obesa*) foram coletadas exclusivamente na estação da seca, enquanto outras 25 foram coletadas somente na chuvosa. Doze espécies foram encontradas nas duas estações, sendo destas quatro exóticas (Fig. 7).

A curva de rarefação (Fig. 8) mostrou uma diferença significativa na riqueza de drosofilídeos entre os diferentes ambientes. O cerrado apresentou a maior riqueza e a plantação a menor, sendo a riqueza das matas intermediárias a esses dois ambientes. Observando o desvio padrão de cada ambiente, infere-se que a riqueza do ambiente cerrado é significativamente diferente de todos os outros. A riqueza das matas das diferentes regiões (reserva e fazenda) difere da riqueza de suas respectivas matrizes (cerrado e monocultura), mas essas não diferem entre si. A inclinação da plantação mostrou-se a mais estabilizada entre as curvas.

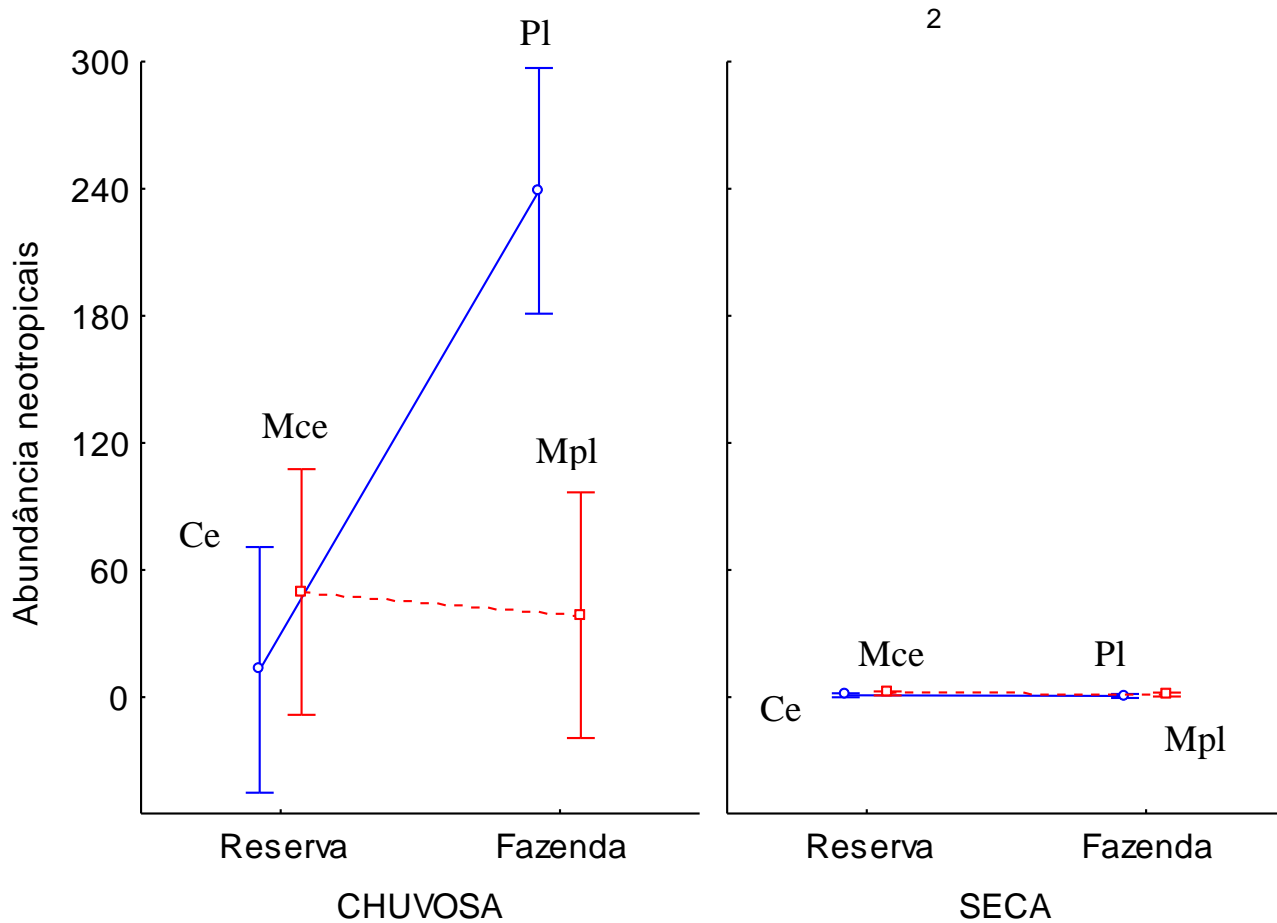


Figura 5 – Abundância média e intervalo de confiança de espécies neotropicais de drosofilídeos em diferentes regiões e ambientes nas estações chuvosa e seca. Pl = plantação, Ce = cerrado, Mpl = mata de galeria com matriz de plantação e Mce = mata de galeria com matriz de cerrado.

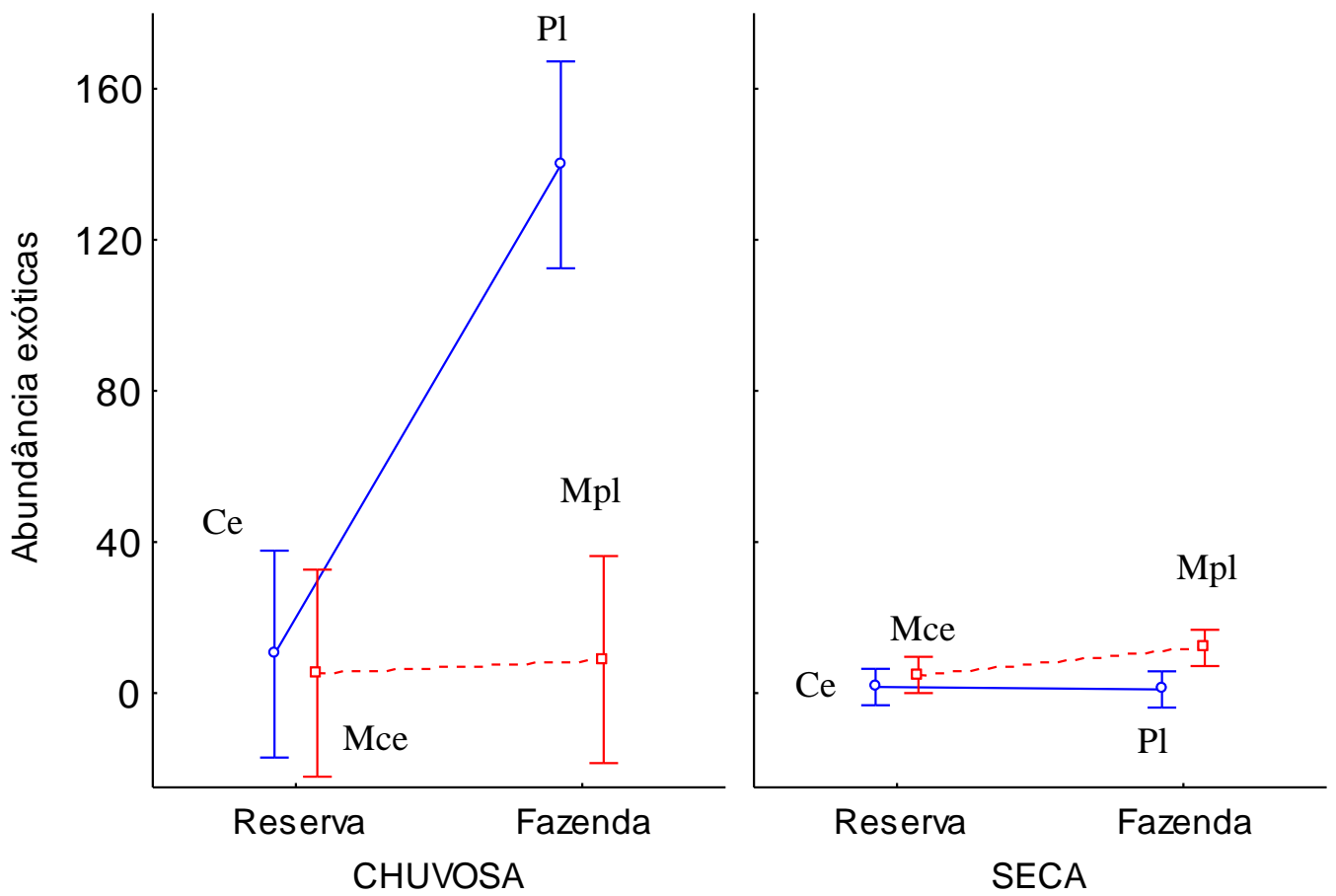
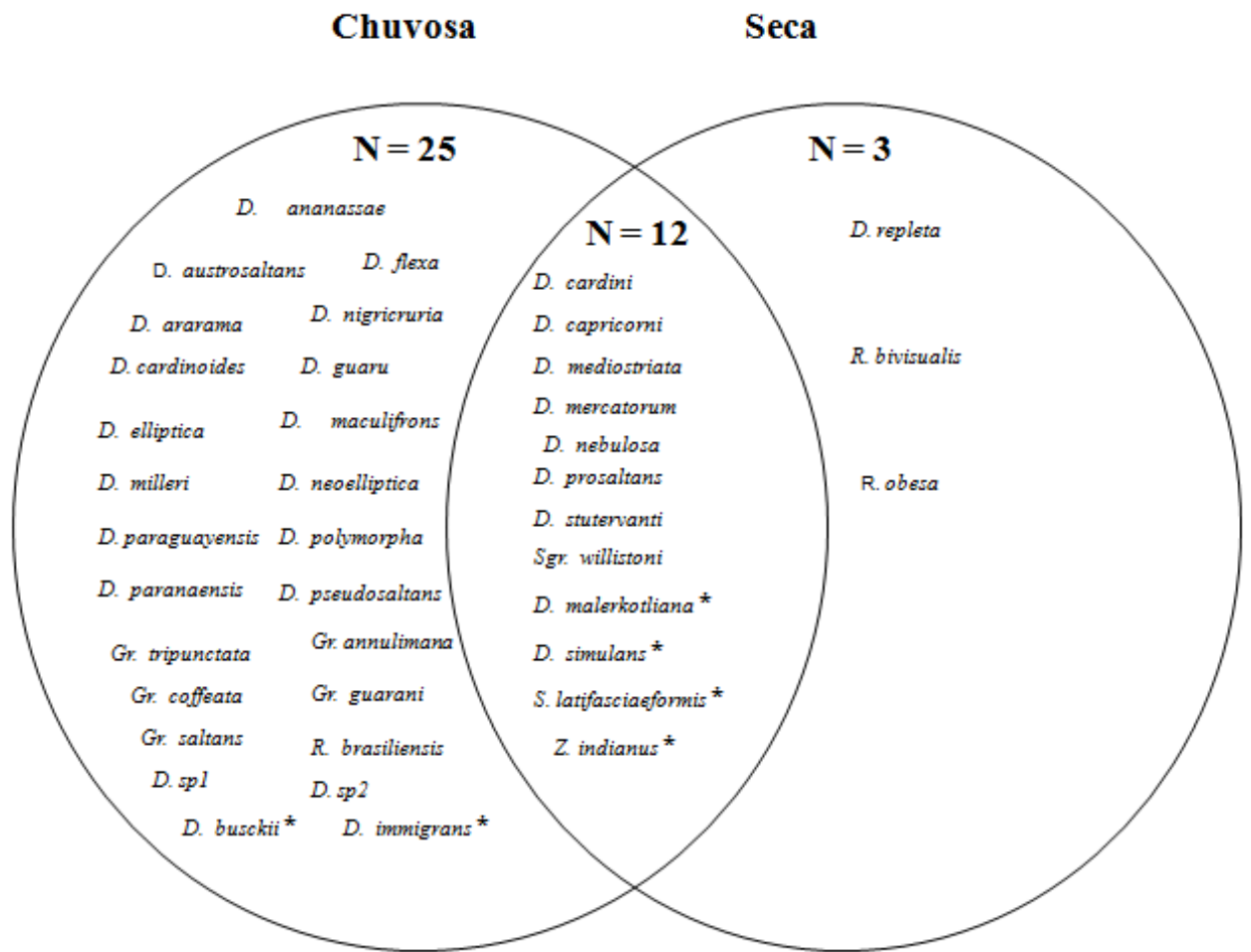


Figura 6 – Abundância média e intervalo de confiança de espécies exóticas de drosofilídeos em diferentes regiões e ambientes nas estações chuvosa e seca. Pl = plantação, Ce = cerrado, Mpl = mata de galeria com matriz de plantação e Mce = mata de galeria com matriz de cerrado.





\*Espécies exóticas

Figura 7. Riqueza e composição de espécies dos drosofilídeos coletados em toda a área de estudo, nas estações seca e chuvosa.

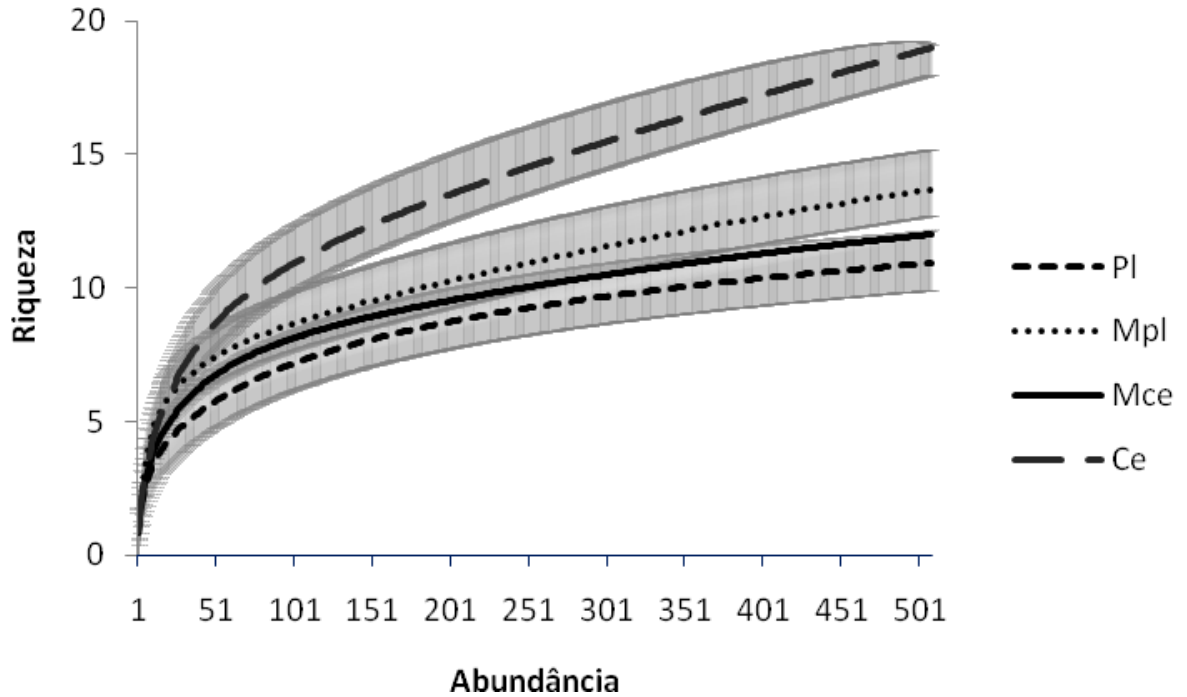


Figura 8. Curvas de rarefação e desvio padrão das assembléias de drosofilídeos em diferentes ambientes. Pl = plantação, Ce = cerrado, Mpl = mata de galeria com matriz de plantação e Mce = mata de galeria com matriz de cerrado. Na curva de Mce não foi acrescentada as barras de desvio padrão, visto que esta se sobrepõe as barras de desvio padrão de Pl e de Mpl.

A abundância relativa de espécies neotropicais foi maior que a de exóticas em todos os ambientes analisados na estação chuvosa, e na estação seca o padrão foi invertido, com maior abundância de espécies exóticas.. Na estação chuvosa espécimens neotropicais representaram mais que 80% da amostra nas matas de galeria; no cerrado, onde a dominância de drosofilídeos neotropicais foi a menor, 55% dos espécimens coletados pertence a esta categoria. Na estação seca a abundância de espécimens neotropicais nas matas foi abruptamente reduzida, enquanto a redução no cerrado foi mais amena. Comparando-se as matas, as situadas na reserva apresentaram maior

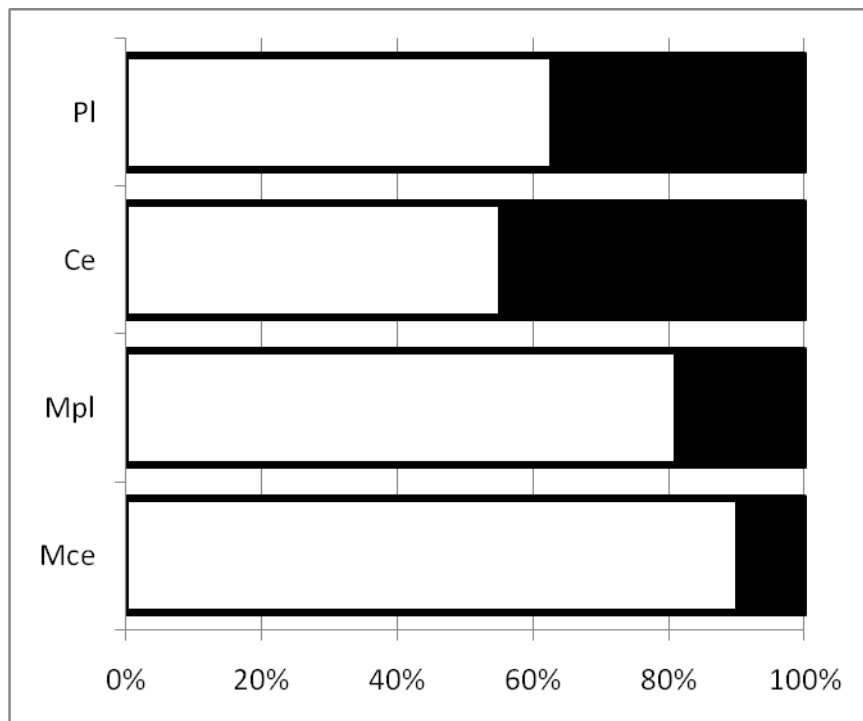
abundância de espécies neotropicais que as situadas na fazenda, nas duas estações (Fig. 9).

A ordenação dos dados obtidos pela análise multidimensional não métrica (nMDS) mostrou uma diferença entre as assembleias de drosofilídeos da Fazenda e da Reserva (Fig. 10). A ordenação dos pontos dos ambientes sugere diferenças entre a plantação, mata com matriz de monocultura e mata com matriz de cerrado; os pontos de cerrado ficaram dispersos na superfície da figura (Fig. 11). Já a ordenação dos pontos do gradiente aparentemente não apresentou agrupamento notável, não sendo possível distinguir diferentes assembleias ao longo de um transecto que vai desde o interior das matas ao interior da matriz. Tais resultados foram corroborados com a análise de similaridade. Tanto as Regiões quanto os Ambientes apresentaram diferenças significativas ao nível de 0,01. Na comparação entre os ambientes, as maiores diferenças, representadas por “R”, foram encontradas entre as matas e suas respectivas matrizes (Mce x Ce e Mpl x Pl). As matas inseridas em diferentes matrizes também se mostraram diferentes estatisticamente. Segundo a ANOSIM não houve uma diferença ao longo do gradiente, mostrando que as assembleias não se diferenciam gradualmente entre as matas e suas matrizes (Tab. 4).

O dendograma de similaridade entre as áreas (Fig. 12), baseado no índice de Morisita, mostrou agrupamentos similares aos da nMDS, no entanto foi possível observar o quão similar são as unidades amostrais. As áreas da Fazenda mostraram-se bem diferentes das áreas da Estação Ecológica. As áreas na Fazenda agruparam-se com similaridade de 65%, sendo que a similaridade entre as plantações foi de 99% e das matas 95%. Na ESECAE, as áreas foram agrupadas com valor superior a 65%, sendo que as áreas de cerrado apresentaram similaridade superior a 98% e as matas 88%.

As diferentes contribuições de cada espécie na diferenciação das assembleias, evidenciadas pelo SIMPER, estão representadas nas Tabelas 5 e 6. Entre as Regiões (Fazenda e Reserva), a espécie com maior contribuição foi *D. cardini* (25%). Essa espécie, juntamente com *D. simulans* e *Z. indianus*, foi mais abundante na Fazenda, enquanto *D. sturtevantii* foi mais abundante na Reserva. Com relação aos ambientes, *D. sturtevantii* foi a espécie que mais contribuiu para a identidade da assembleia da mata de galeria da Reserva (49%), *D. cardini* para a assembleia de plantação (41%), e *Z. indianus* para a assembleia de cerrado (36%).

Estação chuvosa



Estação seca

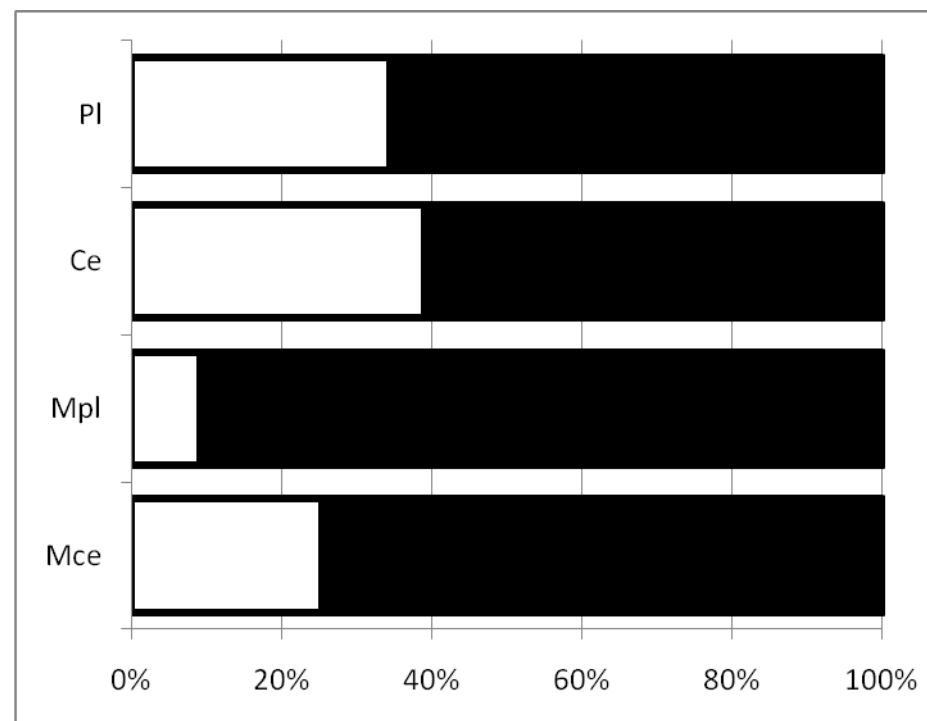


Figura 9. Abundância relativa de drosofilídeos neotropicais (em branco) e exóticos (em preto) em quatro ambientes do DF, nas estações chuvosa e seca. Pl = plantação, Ce = cerrado, Mpl = mata de galeria com matriz de plantação e Mce = mata de galeria com matriz de cerrado.

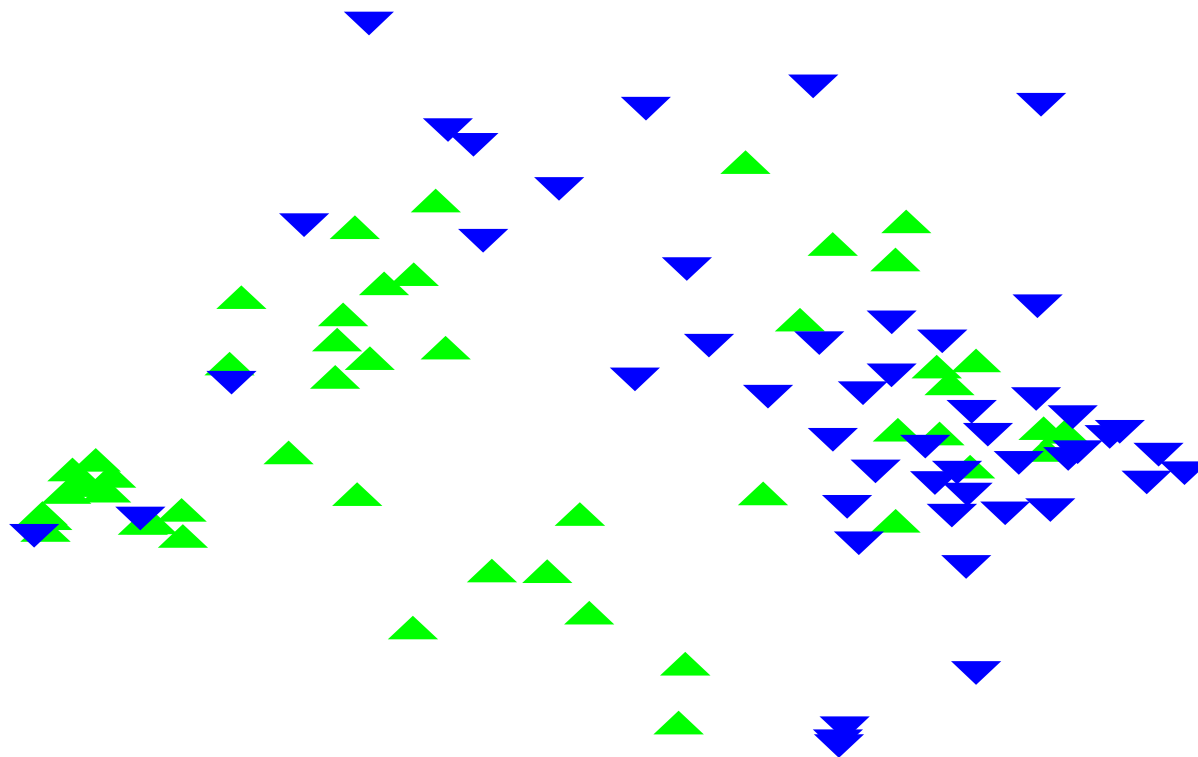


Figura 10. Ordenação por Análise Multidimensional não Métrica (nMDS) com base nas abundâncias de drosofilídeos, mostrando a similaridade entre amostras coletadas nas regiões “Reserva” (em azul) e “Fazenda” (em verde).

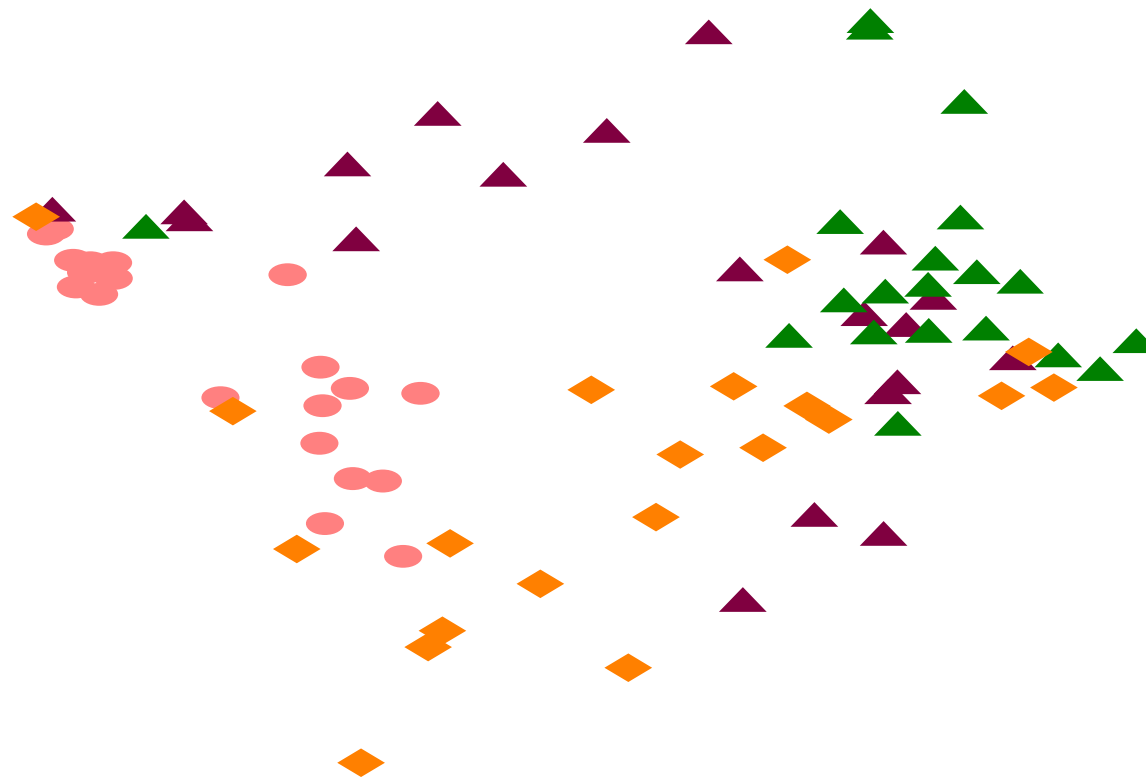


Figura 11. Ordenação por Análise Multidimensional não Métrica (nMDS) com base nas abundâncias de drosofilídeos, mostrando a similaridade entre amostras coletadas nos ambientes Plantação (em rosa), cerrado (em laranja), mata na plantação (em marrom) e mata na reserva (em verde).

Tabela 4: Análise de Similaridade (ANOSIM), mostrando a variação nas assembléias de drosofilídeos entre as regiões (fazenda e estação ecológica) e ambientes (Ce = cerrado, Pl = plantação, Mce = mata em matriz de cerrado e Mce = mata em matriz de plantação).

<b>Unidades comparadas</b>	<b>Valor de R</b>
<b>Região</b>	
Fazenda X Reserva	0,246*
<b>Ambiente</b>	
Pl x Mpl	0,478*
Ce x Mce	0,467*
Pl x Ce	0,268*
Mpl x Mce	0,177*
<b>Gradiente</b>	
Pl2 x Pl1	-0,054
Pl1 x Tpl	0,423*
Tpl x Mpl1	-0,045
Mpl1 x Mpl2	-0,067
Ce2 x Ce1	-0,032
Ce1 x Tce	0,093
Tce x Mce1	0,004
Mce1 x Mce2	-0,028

\* p<0,01



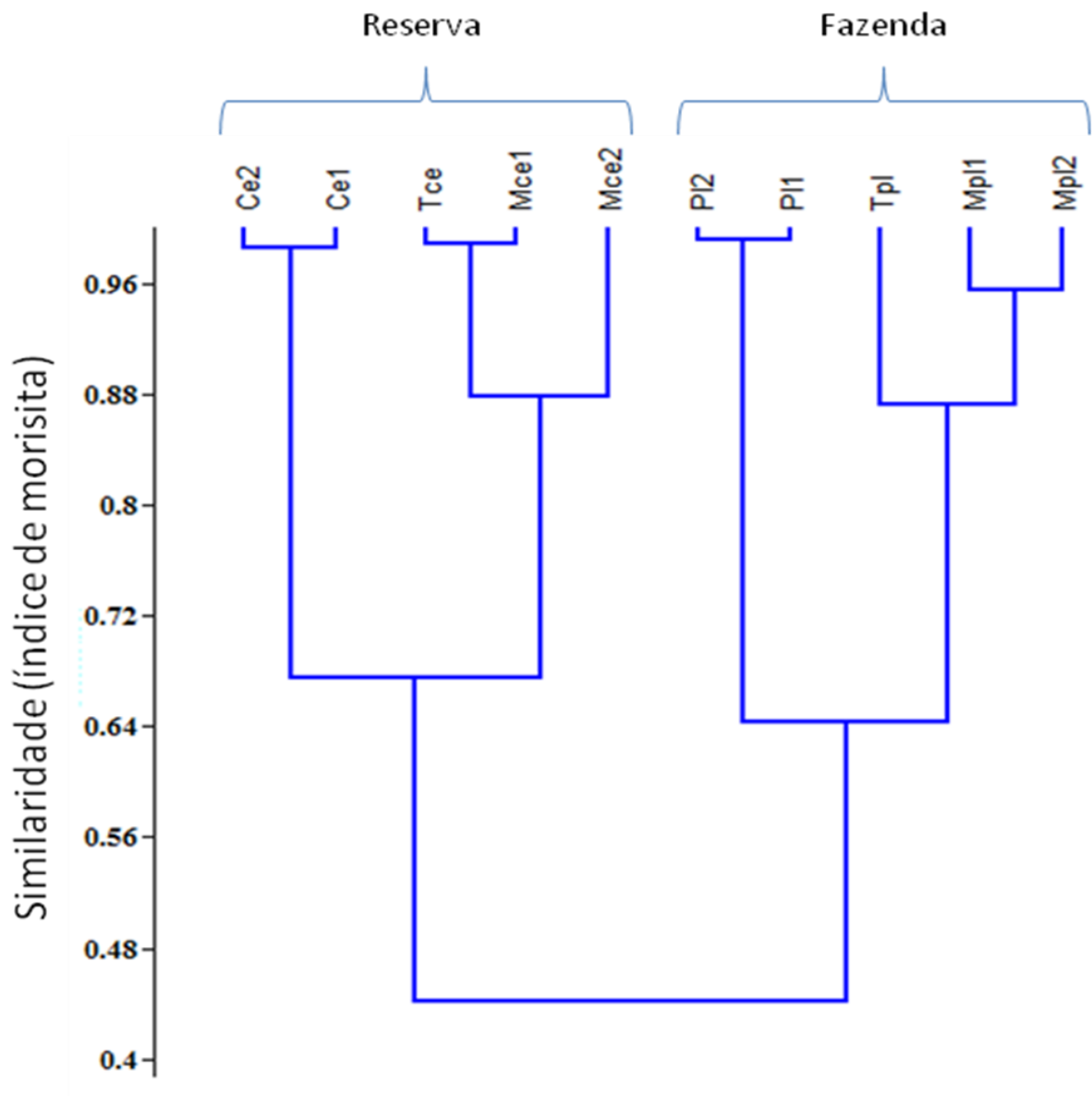


Figura 12 – Análise de agrupamento dos gradientes feitos na Reserva (Estação Ecológica de Águas Emendadas) e na Fazenda. Ce2 = cerrado mais longe da mata, Ce1 = cerrado mais próximo da mata, Tce = transição entre cerrado e mata com matriz de cerrado, Mce1 = mata com matriz de cerrado mais próxima da borda, Mce2 = mata com matriz de cerrado mais distante da borda, Pl2 = plantação mais distante da borda, Pl1 = plantação mais próxima da borda, Tpl = transição entre plantação e mata com matriz de plantação, Mpl1 = mata com matriz de plantação mais próxima da borda, Mpl2 – mata com matriz de plantação mais distante da borda.

Tabela 5: Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER), mostrando quais espécies mais contribuíram para a diferenciação das assembleias das regiões (fazenda e estação ecológica).

<b>SIMPER REGIÃO</b>					
<b>Fazenda</b>	Similaridade média: 44,01				
Espécies	Abundância média	Similaridade média (SM)	Desvio padrão SM	Contribuição (%)	Cont. acumulada (%)
<i>D. cardini</i>	7,67	11,27	0,91	25,60	25,60
<i>D. simulans*</i>	4,38	9,99	1,38	22,69	48,29
<i>Z. indianus*</i>	4,75	7,39	1,14	16,79	65,07
<i>D. stutervanti</i>	2,77	6,58	1,03	14,94	80,02
<i>D. willistoni</i>	1,59	3,65	0,61	8,29	88,31
<i>D. malerkotliana*</i>	1,59	2,72	0,85	6,17	94,48
<b>Reserva</b>	Similaridade média: 39,39				
Espécies	Abundância média	Similaridade média (SM)	Desvio padrão SM	Contribuição (%)	Cont. acumulada (%)
<i>D. stutervanti</i>	3,36	15,66	1,19	39,76	39,76
<i>Z. indianus*</i>	1,55	6,23	0,80	15,82	55,58
<i>D. simulans*</i>	1,28	4,26	0,76	10,83	66,41
<i>D. cardini</i>	0,78	3,59	0,60	9,12	75,53
<i>D. malerkotliana*</i>	1,09	3,54	0,73	9,00	84,53
<i>D. willistoni</i>	1,85	3,53	0,55	8,97	93,50

\* Espécies exóticas

Tabela 6: Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER), mostrando quais espécies mais contribuiu para a diferenciação das assembléias dos ambientes (plantação, cerrado, mata em matriz de plantação e mata em matriz de cerrado).

<b>SIMPER AMBIENTE</b>					
<b>Plantação</b>		<b>Similaridade média: 61,11</b>			
Espécies	Abundância média	Similaridade média (SM)	Desvio padrão SM	Contribuição (%)	Cont. acumulada (%)
<i>D. cardini</i>	13,14	24,80	2,91	40,59	40,59
<i>Z. indianus*</i>	8,14	14,39	2,18	23,55	64,14
<i>D. simulans*</i>	5,52	8,57	1,67	14,03	78,17
<i>D. stutervanti</i>	2,85	4,30	1,40	7,04	85,21
<i>D. malerkotliana*</i>	2,21	3,59	1,32	5,88	91,09
<b>Mata da Fazenda</b>		<b>Similaridade média: 47,42</b>			
Espécies	Abundância média	Similaridade média (SM)	Desvio padrão SM	Contribuição (%)	Cont. acumulada (%)
<i>D. simulans*</i>	3,25	12,74	1,31	26,87	26,87
<i>D. willistoni</i>	2,77	12,03	1,84	25,38	52,25
<i>D. stutervanti</i>	2,70	9,86	1,04	20,80	73,05
<i>Z. indianus*</i>	1,35	4,89	0,98	10,32	83,36
<i>D. cardini</i>	2,20	4,40	0,49	9,28	92,64

<b>Cerrado</b>		<b>Similaridade média: 38,87</b>			
Espécies	Abundância média	Similaridade média (SM)	Desvio padrão SM	Contribuição (%)	Cont. acumulada (%)
<i>Z. indianus*</i>	2,31	14,26	1,64	36,68	36,68
<i>D. stutervanti</i>	2,34	9,35	0,83	24,04	60,72
<i>D. cardini</i>	0,80	5,29	0,72	13,62	74,34
<i>D. malerkotliana*</i>	0,83	2,86	0,61	7,35	81,69
<i>D. simulans*</i>	0,84	2,51	0,53	6,45	88,15
<i>D. nebulosa</i>	0,49	2,03	0,38	5,22	93,37

<b>Mata da Reserva</b>		<b>Similaridade média: 47,17</b>			
Espécies	Abundância média	Similaridade média (SM)	Desvio padrão SM	Contribuição (%)	Cont. acumulada (%)
<i>D. stutervanti</i>	4,38	23,21	2,00	49,19	49,19
<i>D. willistoni</i>	3,20	7,22	0,78	15,30	64,49
<i>D. simulans*</i>	1,73	6,23	1,09	13,21	77,70
<i>D. malerkotliana*</i>	1,36	4,17	0,87	8,84	86,54
<i>D. nebulosa</i>	0,80	2,30	0,57	4,87	91,41

\* Espécies exóticas

## Discussão

A abundância de insetos pode variar ao longo do tempo e espaço por vários motivos, como mudanças climáticas e disponibilidade de recursos (Wolda, 1988). O presente estudo mostrou que as assembléias de drosofilídeos variaram entre estações do ano, áreas geográficas e tipos de ambiente. Esses fatores influenciaram na abundância e riqueza das espécies, assim como na composição das assembléias de drosofilídeos. Dentre os ambientes estudados, a monocultura de soja se destaca tendo em vista a enorme escassez de estudos contemplando coletas de drosofilídeos em sistemas agrícolas.

Dos 40 táxons encontrados neste estudo, 37 já haviam sido registrados no Cerrado (Chaves & Tidon, 2008). Outras duas espécies, ainda não descritas, são provavelmente novas para a Ciência, mas já registradas pela equipe do Laboratório de Biologia Evolutiva da UnB. Finalmente, *D. milleri* é um novo registro para a América do Sul, visto que esta espécie só foi encontrada até o momento em Porto Rico (Bächli, 2011). Todas as seis espécies exóticas encontradas neste estudo são constantemente encontradas em outros inventários no bioma, principalmente os que investigam áreas com algum grau de perturbação (Tidon *et al.*, 2003; Ferreira & Tidon, 2005, Mata *et al.*, 2008).

### **Drosofilídeos associados à monocultura de soja**

O presente estudo é pioneiro em levantamento de drosofilídeos em monocultura no Cerrado. Poucos inventários de grupos específicos são feitos em áreas de plantação, a não ser que estes sejam pragas e gerem prejuízos econômicos que justifiquem sua pesquisa e erradicação (Vilela *et al.*, 2000). Os poucos estudos existentes não estão

publicados em revistas de veiculação científica e, na grande maioria, possuem amostragens muito baixas e sem metodologia bem definida. Parte dessas lacunas de conhecimento pode ser explicada pelos rápidos ciclos de plantação das culturas, em média seis meses, o que inviabiliza estudos ecológicos de longo prazo. A grande quantidade de defensivos agrícolas torna ainda mais difícil esses estudos, visto que populações de insetos são drasticamente reduzidas ou extintas localmente com esta prática. No caso de drosofilídeos, nosso estudo mostrou que algumas populações não se mostraram muito vulneráveis aos inseticidas, ou o tempo de recolonização da área foi extremamente rápido, visto que no período da chuva a abundância foi grande em todas as coletas.

Nunney (1990) fez um levantamento de drosofilídeos em plantação de laranja na Califórnia e observou que as espécies encontradas eram classificadas como cosmopolitas, ou seja, com distribuição em vários continentes. Dentre as espécies por ele encontradas, destacam-se *D. simulans*, *D. immigrans* e *D. busckii*, as quais também foram identificadas no presente estudo. Rocha e colaboradores (2008) pesquisaram diversos tipos de plantação no bioma Cerrado e constataram que as espécies mais abundantes foram as de origem exótica e neotropicais amplamente distribuídas, como *Z. indianus* e *D. simulans*. Apesar de existirem poucos estudos sobre drosofilídeos em plantações, pode-se notar que áreas de monocultura apresentam grande abundância e baixa riqueza de drosofilídeos, sendo grande parte das espécies exóticas ou amplamente distribuídas, com hábitos generalistas. (Nunney, 1990; Rocha *et al.*, 2008). A alta abundância de drosofilídeos na plantação provavelmente está associada à grande quantidade de recurso alimentar presente.

Este padrão também foi observado em nossos estudos. Nas plantações pesquisadas a espécie *Drosophila cardini* representou 91% dos indivíduos neotropicais

coletados. Esta espécie possui hábito generalista e pode ser encontrada em todas as formações vegetais do Cerrado, mostrando-se pouco sensível ao estado de conservação do ambiente (Mata *et al.*, 2008). *Zaprionus indianus*, que possui preferência por ambientes de vegetação aberta (Tidon, 2003), foi a espécie exótica com maior abundância na plantação. O prejuízo econômico causado por *Z. indianus*, também conhecida como mosca do figo, é um problema recorrente principalmente no estado de São Paulo. Esta espécie alimenta-se e ovoposita nos frutos de figo, inviabilizando o seu amadurecimento sadio e tornando-os impróprios para consumo (Vilela *et al.*, 2000).

A abundância e a riqueza na plantação foram fortemente influenciadas pela sazonalidade. A mudança da estação chuvosa para a seca gerou um decréscimo de 70% na riqueza e de 99,6% na abundância de drosofilídeos. Esta redução é provavelmente ocasionada pela escassez de recursos alimentares e hídricos, visto que nos meses da seca a terra não é cultivada. Os drosofilídeos (*Droso + phila* = amiga do orvalho) são muito sensíveis a falta de umidade, logo acreditamos que os indivíduos coletados no ambiente de plantação na estação seca provavelmente estavam deslocando-se de uma mata próxima para outras áreas e foram atraídos pelo cheiro das armadilhas. O estudo feito por Rocha e colaboradores (2008) também mostrou que a sazonalidade é um fator importante na variação de abundância de drosofilídeos em monoculturas, no entanto a diminuição na abundância não foi tão acentuada quanto em nosso estudo. Isso se deve ao fato de que as plantações de laranja, goiaba, banana e mexerica, são culturas perenes, ou seja, apresentam frutificação quase o ano inteiro.

A plantação atrai espécies exóticas e espécies neotropicais amplamente distribuídas, mas oferece poucas condições para as espécies neotropicais especialistas. A redução de ambientes favoráveis para as espécies especialistas pode ser determinante no processo de extinção dessas, denotando perdas significativas para a biodiversidade.

Essa perda provavelmente já ocorre em grandes áreas de monocultura, onde não existem nem mesmo fragmentos naturais, e ainda pouco conhecidas por insuficiência de estudos e levantamentos faunísticos.

### **Sazonalidade**

Em áreas naturais de Cerrado, a maioria das espécies de plantas frutifica no começo da estação chuvosa (Sano & Almeida, 1998), tornando a oferta de alimento para drosofilídeos nesta estação muito maior que na estação seca. Somado a isto se tem um ambiente úmido, propiciado pelas chuvas, o que alavanca o aumento populacional de drosofilídeos, que não são muito resistentes a ressecamentos. A baixa abundância ou ausência de captura de algumas espécies no período da seca pode estar relacionada ao grande declínio populacional destas espécies na estação. Isso faz com que o esforço de coleta não seja suficiente para amostrar populações tão reduzidas.

A sazonalidade é um fator determinante na flutuação da abundância de insetos (Wolda, 1988), como mostrado no presente estudo. A abundância total de moscas diminuiu 94,4% da estação chuvosa para a seca, sendo diferente o impacto em cada ambiente. Outros trabalhos também mostram forte variação da abundância entre as estações, sendo a estação chuvosa sempre superior à seca (Tidon, 2006; Mata *et al.*, 2008). De um modo geral, a maioria das espécies sofreu redução de abundância na estação seca, com exceção de *Z. indianus* e *D. simulans* – que tiveram a abundância total aumentada no interior das matas, tanto na Fazenda quanto na Reserva. Isso sugere que estas espécies encontraram nas matas refúgio à seca, visto que nas demais áreas a abundância destas espécies diminuiu. Tidon (2006) avaliou a relação de drosofilídeos com as características ambientais no Cerrado e sugeriu também que alguns drosofilídeos



migram de vegetações abertas para matas, onde as condições climáticas na estação seca são menos estressantes. Não se descarta a hipótese destas espécies terem aproveitado a redução na abundância de drosofilídeos neotropicais, ocasionada pela seca, e substituído a comunidade local.

Os resultados deste trabalho, assim como outros estudos (e.g Penariol, 2007), indicam que espécies neotropicais aparentemente são mais sensíveis a variação sazonal e ao efeito da seca, enquanto espécies exóticas são mais resistentes. A alternância de dominância de algumas espécies neotropicais entre as estações pode estar associada a um longo e contínuo processo de seleção natural, o qual resultou na compartimentalização do ambiente entre essas espécies, mediante competição (Budnik & Brncic, 1983).

Em ambientes de vegetação aberta, a redução da abundância de espécies neotropicais, ao ponto de não serem coletadas, está possivelmente associada à baixa disponibilidade de recursos alimentares e hídricos. Ambientes florestais apresentaram no período da chuva uma dominância de espécies neotropicais e no período da seca uma dominância de espécies exóticas, corroborando os resultados encontrados por Tidon (2006). Isso evidencia uma maior adaptação de espécies exóticas à estação seca. Acreditamos que a variação das condições climáticas no interior das matas é mais amena que em áreas de vegetação aberta, logo a redução de espécies neotropicais pode estar ocorrendo por exclusão competitiva, com a chegada das espécies exóticas. Para tais afirmações seriam necessários estudos que mensurassem a limitação de recursos na área, assim como o poder competitivo de cada espécie.

## **Região e Ambiente**

Apesar da diferença na abundância absoluta entre as regiões (Fazenda e Reserva) ter sido estatisticamente significativa, ela foi fortemente tendenciada pela alta abundância no ambiente de plantação. A abundância absoluta não foi significativamente diferente entre os demais ambientes, sugerindo que esse parâmetro não pode ser utilizado para caracterizá-los. É possível que os picos populacionais observados na monocultura de soja estejam sendo causados somente pela disponibilidade de recursos alimentares.

Ao se analisar os dados brutos, a plantação apresentou maior riqueza que os demais ambientes, no entanto, esse resultado está influenciado pelo tamanho da amostra. A curva de rarefação, utilizada para padronizar a riqueza de espécies esperada em um mesmo tamanho amostral (Melo, 2008), mostrou que o cerrado na verdade foi o ambiente que apresentou a maior acumulação de espécies e a plantação a menor. As matas mostraram-se intermediárias entre esses dois ambientes. Este resultado destoa do encontrado por Mata e colaboradores (2008), o qual mostra que matas conservadas possuem maior riqueza, seguida de mata perturbada e cerrado preservado.

A riqueza, estimada pelas curvas de rarefação, mostrou uma diferença significativa entre plantação, mata e cerrado. No entanto, não revelou diferença entre as matas da fazenda e da reserva, que possuem condições de preservação provavelmente diferentes. Resultados similares foram encontrados por Uehara-Prado e colaboradores (2009) em comunidades de borboletas da Mata Atlântica, mas resultados diferentes foram mostrados por Mata *et al.* (2008), indicando haver diferença estatística entre matas com diferentes níveis de preservação. A semelhança no número de espécies entre as matas pode estar sendo ocasionada por um fluxo de espécies que se deslocam da

plantação para a mata adjacente. Tal fato pode ser evidenciado pela presença de *D. guaru*, *D. immigrans* e uma espécie do grupo *D. annulimana*, que foram comuns tanto na plantação quanto na mata adjacente a ela, e não foram encontradas em ambientes da reserva. Por outro lado, nosso estudo não evidencia que espécies do cerrado estejam migrando para a mata adjacente, tendo em vista que não foram encontradas espécies comuns somente a esses dois ambientes.

Visto que a rarefação não apresentou curvas estabilizadas para alguns ambientes, a ausência de algumas espécies, ou até mesmo a composição de assembleias, pode estar sendo influenciada pelo esforço amostral insuficiente. A inclinação das curvas sugere que provavelmente, ao se fazer uma amostragem suficientemente grande, o cerrado apresentará uma riqueza muito maior que os demais ambientes e a plantação a menor. Drosofilídeos em geral são muito abundantes e de fácil captura em armadilhas (Powell, 1997), no entanto, as espécies mais raras podem estar sendo influenciadas pela sazonalidade (detectáveis em breves períodos do ano), ou disponibilidade de recursos locais (os quais podem ser mais atrativos do que as armadilhas empregadas neste trabalho). Tal fato faz com que seja muito difícil capturar um conjunto de espécies que realmente represente com fidelidade a comunidade local.

A suposição de migração de espécies da plantação para a mata é reforçada pelas informações contidas na Fig. 9, baseada na abundância relativa de drosofilídeos neotropicais e exóticos nos diferentes ambientes e estações do ano. A figura mostra que as matas da fazenda apresentam maior proporção de indivíduos de espécies exóticas que as matas da reserva, tanto na estação chuvosa quanto na seca. Segundo Mata e colaboradores (2008), as matas degradadas possuem maior proporção de indivíduos de espécies exóticas em relação às matas conservadas. Logo, apesar de não se ter classificado o grau de perturbação das nossas matas, acreditamos que a maior proporção

de indivíduos de espécies exóticas nas matas da fazenda está ocorrendo por haver um deslocamento das espécies da plantação, evidenciando novamente um forte efeito de matriz.

O efeito de borda nas matas em matriz de plantação pode estar deslocando espécies neotropicais e propiciando um ambiente apropriado para espécies exóticas, visto que este efeito altera as características físico-químicas da área (Primack & Rodrigues, 2002). A migração de espécies exóticas do cerrado para as matas nessa matriz parece ser menor na estação chuvosa. Isto pode ocorrer porque a abundância de indivíduos exóticos no cerrado não é tão grande quanto na plantação e, além disso, a composição na mata adjacente a esta fitofisionomia apresenta mais espécies neotropicais especialistas.

O ambiente “cerrado”, na estação chuvosa, apresentou maior proporção de espécies exóticas que os ambientes das matas, corroborando o encontrado por Mata *et al.* (2008). Tal resultado sugere que o valor adaptativo das espécies exóticas é maior no cerrado que em ambientes florestais, provavelmente devido a sua maior tolerância ao ressecamento e/ou à ausência das competidoras neotropicais presentes nas florestas. Na estação seca, a proporção de espécies exóticas é maior que a de espécies neotropicais em todos os ambientes, enquanto na estação chuvosa este padrão se inverte. Isso reforça a idéia de que espécies exóticas mostram-se mais adaptadas que espécies neotropicais aos ambientes hostis.

Na estação chuvosa, as espécies neotropicais, sensíveis ao ressecamento, foram mais abundantes que as exóticas em todos os ambientes. É provável que, quando há abundância de recursos e umidade no ambiente, as espécies neotropicais apresentam vantagens competitivas sobre espécies exóticas.

## Assembleias de Drosofilídeos

Nossos resultados fortalecem o proposto por Uehara-Prado *et al.*(2009), o qual diz que análises de composição de espécies representam com maior fidelidade o grau de preservação do ambiente que análises relacionadas a padrões de riqueza. A riqueza e a abundância entre alguns dos ambientes estudados não foram estatisticamente diferentes. Com a análise da composição das assembleias e das espécies que mais contribuem para a formação dessas, foi possível inferir que os ambientes são bem diferentes entre si.

Ao se observar as regiões, é notável que as assembleias da Fazenda são altamente influenciadas e caracterizadas por grande proporção de espécies exóticas ou neotropicais amplamente distribuídas, destacando-se *D. cardini*, *D. simulans* e *Z. indianus*. As assembleias da Reserva são mais influenciadas por espécies neotropicais restritas, destacando-se *D. stutervanti* e Subgrupo *D. willistoni*. Estes resultados mostram que em regiões modificadas por ação antrópica existe uma substituição de espécies nas assembleias.

Ao se observar os ambientes, também é possível notar diferença significativa na composição das assembleias. Apesar da composição das assembleias dos diferentes ambientes ser basicamente a mesma, o peso que cada espécie exerce sobre elas é diferente. A plantação, ambiente totalmente antrópico, é influenciada principalmente pelas espécies exóticas *Z. indianus* e *D. simulans*, e pela espécie neotropical de ampla distribuição *D. cardini*, sendo essas três espécies responsáveis por 78% da composição da assembleia. As assembleias das matas da fazenda e da reserva também apresentaram composições distintas. Na mata da reserva as espécies exóticas contribuem 46% para a formação da assembleia e na mata da fazenda essa contribuição é de 70%. Logo é possível concluir que, observando a composição das assembleias, existe um efeito de

matriz sobre as matas. As assembleias das matas em matrizes naturais sofrem forte influência de espécies neotropicais; e matas sobre matrizes não naturais são influenciadas por espécies exóticas.

### **Espécies potencialmente indicadoras**

Assim como mostrado nos resultados evidenciados por Tidon (2006), as espécies subgrupo *D. willistoni* foram encontradas preferencialmente em matas, sendo que tiveram forte influência na composição da assembleia das matas da Fazenda e das matas da Reserva, e pouco nas assembleias de plantação e cerrado. Na literatura, o subgrupo *D. willistoni* consta como indicadora de matas de galeria preservadas (Mata *et al.*, 2008).

*D. stutervanti*, mostrou-se mais representativa na assembleia das matas da Reserva que na assembleia das matas da Fazenda, mostrando que sua presença pode estar associada ao estado de preservação do ambiente. Não apresentou diferença quanto ao tipo de vegetação, sendo encontrada tanto em ambientes de vegetação aberta quanto fechada, corroborando os resultados de Tidon (2006).

*Z. indianus*, assim como mostrado em Tidon (2006), possui preferência por ambientes de vegetação aberta, visto que teve forte contribuição nas assembleias de cerrado e plantação. Esta espécie aparentemente não indica a preservação do ambiente, visto que apresentou forte contribuição na assembleia encontrada no cerrado.

*D. cardini* apresentou ligação com a o grau de preservação do ambiente. Teve forte contribuição na composição da assembleia da plantação e pouca contribuição no cerrado. Ao observar as matas, contribuiu para a assembleia das matas da Plantação,

mas não para as assembleias das matas da Reserva. Quanto ao tipo de vegetação a espécie mostrou-se indiferente, sendo tanto encontrada em ambientes de vegetação aberta quanto fechada. Outros estudos mostraram vínculo desta espécie com o grau de preservação do ambiente (Mata *et al.*, 2008), e que ela não responde a variação do tipo de vegetação (Tidon, 2006).

Além de drosofilídeos, outros grupos de invertebrado terrestres também são utilizados como indicadores de áreas com algum grau de perturbação, como Lepidópteras, Coleópteras, Araneae, Isópoda, entre outros (Gaublomme *et al.*, 2008; Uehara-Prado *et al.*, 2009).

### **Considerações finais**

A rápida integração do conhecimento científico nas políticas públicas, principalmente nas relacionadas ao uso e ocupação do solo, faz-se urgentemente necessária para salvar regiões ameaçadas e manejar as grandes regiões naturais, que irão enfrentar, em um futuro próximo, grandes ondas de desenvolvimento (Tabarelli & Gascon, 2005). A falta de estudos suprime informações que denotam a grande importância de um ecossistema equilibrado no controle de invasões biológicas. Nos Estados Unidos, por exemplo, as espécies exóticas são responsáveis por um prejuízo econômico na ordem de 137 bilhões de dólares por ano (Pimentel *et al.*, 2005).

Invasões por espécies exóticas ameaçam a biodiversidade nativa, o funcionamento dos ecossistemas, a saúde de animais e plantas e a economia humana (Myers *et al.*, 2000). Os resultados do presente estudo mostraram que ambientes de plantação, oriundos de matrizes naturais suprimidas, apresentaram grande quantidade de indivíduos de espécies exóticas se comparados aos ambientes naturais. Uma grande

consequência para a conservação é que espécies não nativas talvez enriqueçam a biodiversidade local, mas a diversidade global está diminuindo com a conseqüente extinção de espécies locais únicas que são perdidas por causa do pool de espécies globais (McLinney, 2005). A entrada de espécies invasoras em comunidades naturais já estabelecidas, como a que ocorreu nas matas em matriz de plantação, pode gerar o deslocamento de espécies nativas por competição e/ou alteração do habitat. Essas espécies podem ainda trazer doenças novas que atinjam espécies nativas, gerando assim processos de extinção (Primack & Rodrigues, 2002).

Nossos resultados mostraram que a matriz possui forte influência sobre as matas, logo o tipo de uso das zonas de entorno de áreas naturais é determinante para a preservação destas áreas. Estes resultados são de grande relevância para se pensar em tomadas de decisões, principalmente no que tange a legislação ambiental. O código florestal brasileiro prevê que áreas próximas a cursos d'água (APPs) devem ter uma faixa mínima de 30 metros de preservação, que normalmente são matas de galeria. Essas áreas são de extrema importância visto que funcionam como corredores ecológicos, permitindo a dispersão das espécies. No entanto, nossos resultados mostram que os 30 metros não são suficientes para se manter a comunidade nativa íntegra e livre do contato com espécies exóticas. Esses corredores de fauna (mata de galeria) conectando fragmentos florestais deveriam ter no mínimo entre 300 e 1000m de largura, a fim de evitar a degradação contínua dessas áreas pelos efeitos de borda (Tabarelli & Gascon, 2005).

Como se não bastasse a insuficiência de tamanho das áreas legalmente protegidas, pressões de governistas ruralistas tentam reduzir ainda mais as áreas de APP's, como prevê o Projeto de lei 1876/99. O presente estudo mostra o quanto áreas naturais são importantes para se evitar o crescimento populacional de espécies exóticas.



As áreas de cerrado, próximas a matas de galeria, funcionam como um filtro, o qual mantém a integridade do ambiente. A ausência de cobertura florestal em torno dos fragmentos pode representar uma barreira no deslocamento de várias espécies, principalmente aquelas consideradas como de interior de floresta. (Tabarelli & Gascon, 2005). O ideal seria que, além das APPs, existisse ainda uma área de amortecimento entre as Matas e as plantações, a qual minimizasse o efeito de borda e dificultasse a chegada de espécies invasoras. Tal ação poderia minimizar o impacto nas espécies de ambientes florestais, que são o grupo mais vulnerável e devem ser considerados o grupo alvo mais importante no planejamento de conservação de florestas (Gaublomme, 2008).

A diversidade de espécies aumenta a resistência às invasões biológicas em algumas áreas, tornando a preservação da biodiversidade local uma ferramenta barata e natural no combate às invasões (Kennedy *et al.*, 2002). Isso mostra que espécies menos comuns são de extrema importância para se manter o funcionamento dos ecossistemas (Lyons & Schwartz, 2001).

Este estudo oferece embasamento científico de que a supressão e redução dos ambientes naturais modificam a comunidade de drosofilídeos ali encontrada. Além disso, drosofilídeos são os principais polinizadores de algumas espécies de plantas (Silva & Martins, 2008), logo sua extinção atinge diretamente a integridade da comunidade vegetal. Nota-se que os drosofilídeos são peças-chave na manutenção de um ecossistema equilibrado, tornando-se importantes ferramentas em estudos que visem a preservação do meio ambiente. Logo, é inviável se pensar em gestão de áreas de preservação e tomadas de decisões ambientais sem levar em consideração o conhecimento científico.

## Conclusão

O inventário em plantação de soja apresentou baixa riqueza (estimada pela curva de rarefação) e alta abundância de drosofilídeos, atraindo principalmente espécies exóticas e neotropicais amplamente distribuídas. Os defensivos agrícolas, utilizados para exterminar pragas de plantações, como *Zaprionus indianus*, aparentemente não tiveram efeito nos drosofilídeos, visto que durante o período chuvoso, a abundância desses insetos foi alta.

Este estudo confirmou que drosofilídeos são bons modelos para se estudar biologia da conservação, visto que responderam a mudanças na estação do ano, nas regiões e nos ambientes. A sazonalidade foi a comparação que apresentou a maior diferença na riqueza e abundância de moscas. A riqueza e abundância entre regiões e ambientes foram fortemente influenciadas pela plantação. A composição de assembleia mostrou-se o melhor parâmetro de comparação.

## Referências

- Bächli G. 2011. The database on Taxonomy of Drosophilidae. <http://taxodros.unizh.ch/> (acessado em março de 2011)
- Balanyà J, Oller JM, Huey RB, Gilchrist GW, Serra L. 2007. Response to comment on "Global genetic change tracks global climate warming in *Drosophila subobscura*". *Science*, 315, 1497.
- Budnik M & Brncic D. 1983. Preadult competition between colonizing populations of *Drosophila subobscura* and established populations of *Drosophila simulans* in Chile. *Oecologia*, 58, 137-140.
- Clarke KR & Gorley RN. 2001. PRIMER V5: user manual/tutorial, PRIMER-E, Plymouth, UK.

- Clarke KR & Warwick RM. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Chaves NB & Tidon R. 2008. Biogeographical aspects of drosophilids (Diptera, drosophilidae) of the Brazilian savanna. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52, 340-348.
- Cole MM. 1986. The savannas: biogeography and geobotany. London Academic Press, pp. 438. London.
- Colli GR, Accacio GM, Antonini Y, Constantino R, Franceschinelli EV, Laps RR, Scariot A, Vieira MV, Wiederhecker HC. 2003. A Fragmentação dos Ecossistemas e a Biodiversidade Brasileira: Uma Síntese. In *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas* (Eds Rambaldi DM & Oliveira DAS). pp. 317-324. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília.
- Eiten G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review*, 38, 201-341.
- Ferreira LB & Tidon R. 2005. Colonizing Potential of Drosophilidae (Insecta) in environments with different grades of urbanization. *Biodiversity and Conservation*, 14, 1809-1921.
- Fonseca FO, Fonseca PCM, Oliveira MMG de. 2008. *Águas Emendadas*. pp. 542. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Brasília.
- Freeman S & Herron JC. 2009. *Análises Evolutivas*. pp. 848. Artmed, Porto Alegre.
- Forman RTT. 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and region. pp. 632. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gaublomme E, Hendrickx F, Dhuyvetter H, Desender K. 2008. The effects of forest patch size and matrix type on changes in carabid beetle assemblages in an urbanized landscape. *Biological Conservation*, 141, 2585-2596.
- Henriques RPB. 2003. O future ameaça. *Ciência hoje*, 33, 34-39.
- Kennedy TA, Naeem S, Howe KM, Knops JMH, Tilman D, Riech P. 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature*, 417, 636-638.
- Krebs CJ. 1999. *Ecological methodology*. pp. 620., Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park.

- Klink CA & Machado R. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1, 147-155.
- Laurance WF & Bierregaard RO. 1997. Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press, 3, 33-44.
- Levins R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 15, 237-240.
- Lyons KG & Schwartz MW. 2001. Rare species loss alters ecosystem function—invasion resistance. *Ecology Letters*, 4, 1–8.
- MacArthur RH & Wilson EO. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Machado RB, Ramos Neto MB, Pereira PGP, Caldas EF, Gonçalves D A, Santos NS, Tabor K, Steininger M. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. *Conservação Internacional*. Relatório técnico não publicado. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/arquivos/RelatDesmatamCerrado.pdf>
- Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measurement. pp. 179. Princeton University, Princeton.
- Mata RA, Mcgeoch M, Tidon R. 2008. Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. *Biodiversity and Conservation*, 17, 2899-2916.
- Mata RA, Tidon R, Côrtes LG, Marco P, Diniz-Filho JAF. 2010. Invasive and flexible: niche shift in the drosophilid *Zaprionus indianus* (Insecta, Diptera). *Biological Invasions*, 12, 1231-1241.
- McKinney ML. 2005. Species introduced from nearby sources have a more homogenizing effect than species from distant sources: evidence from plants and fishes in the USA. *Diversity and Distributions*, 11, 367–374.
- Melo AS. 2008. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? *Biota Neotrópica*, 8.
- Mistry J. 2000. *World savannas: ecology and human use*. pp. 344. Prentice-Hall, Harlow.

- Myers N, Mittermeyer RA, Mittermeyer CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity spots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Myers JH, Simberloff D, Kuris AM, Carey JR. 2000. Eradication revisited: dealing with exotic species. *Trends in Ecology and Evolution*, 15, 316–320.
- Nunney L. 1990. *Drosophila* on Oranges: Colonization, Competition, and Coexistence. *Ecology*, 71, 1904-1915.
- Oliveira PS, Marquis RJ. 2002. *The Cerrados of Brazil. Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. pp. 424. Columbia University Press, New York.
- Parsons PA. 1983. *The evolutionary biology of colonizing species*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Penariol L. 2007. *Assembléia de Drosofilídeos na Borda e no Interior de um Fragmento de Floresta Estacional no Noroeste do Estado de São Paulo*. Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Dissertação de mestrado em biologia animal.
- Pimentel D, Zuniga R, Morrison D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52.
- Powell JR. 1997. *Progress and prospects in evolutionary biology: the Drosophila Model*. Oxford University Press, New York.
- Primack RB & Rodrigues E. 2002. *Biologia da conservação*. pp. 328. Planta, Londrina.
- Reis NR dos, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP de. 2006. *Mamíferos do Brasil*. pp. 437. Londrina.
- Reserva da Biosfera do Cerrado. 2011. Disponível em: [http://www.rbma.org.br/mab/unesco\\_03\\_rb\\_cerrado.asp](http://www.rbma.org.br/mab/unesco_03_rb_cerrado.asp) (acessado em janeiro de 2011)
- Rocha LHO, Ribeiro AI, Ávilla LR, Pires DJ. 2008. Diversidade de drosofilídeos em diferentes plantações de frutíferas nos municípios de Buriti Alegre e Morrinhos. VI Seminário de Iniciação Científica. Disponível em: <http://www.prp.ueg.br/06v1/conteudo/pesquisa/incipien/eventos/sic2008/fronteira/flashsic/animacao/visic/arquivos/resumos/resumo66.pdf>

- Roque F & Tidon R. 2008. Eight new records of drosophilids (Insecta; Diptera) in the Brazilian savanna. *Drosophila Information Service*, 91.
- Sano SM & Almeida SP. 1998. Cerrado: ambiente e flora. pp. 556. Embrapa-cpac, Planaltina.
- Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF. 2008. Cerrado: ecologia e flora. pp. 406. Embrapa, Brasília.
- Silva AR & Martins MB. 2003. Insetos polinizadores de *Theobroma speciosum* (Sterculiaceae) e conservação da biodiversidade. In Estação Científica Ferreira Penna - Dez anos de pesquisa na Amazônia. *Idéias e Debates*, v.7. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- Tabarelli M & Gascon C. 2005. Lessons from fragmentation research: improving management and policy guidelines for biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 19, 734-739.
- Tidon R. 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. *Biological Journal of the Linnean Society*, 87, 233-247.
- Tidon R, Leite DF, Leão BFD. 2003. Impact of the colonisation of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biological Conservation*, 12, 299-305.
- Tidon-Sklorz R & Sene FM. 1988. A trap that retains and Keeps *Drosophila* alive. *Drosophila Information Service*, 67, 89-89.
- Uehara-Prado M, Fernandes JO, Bello AM, Machado G, Santos AJ, Vaz-de-Mello FZ, Freitas AVL. 2009. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 142, 1220-1228.
- Vilela EF, Zucchi RA, Cantor F. 2000. Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil. pp. 48-50. Holos Editora, Ribeirão Preto.
- Wolda H. 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia*, 50, 296-302.
- Wolda H. 1988. Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 1–18.