

Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Biológicas

Departamento de Ecologia

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Variação Temporal das Assembleias de Drosofilídeos (Diptera, Drosophilidae) na Reserva Ecológica do IBGE

Bárbara Ferreira Dobbin Leão

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Rosana Tidon

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Brasília, DF

2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Dissertação de Mestrado

BÁRBARA FERREIRA DOBBIN LEÃO

Título:

**Variação Temporal das Assembleias de Drosophilídeos (Diptera,
Drosophilidae) na Reserva Ecológica do IBGE**

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Rosana Tidon
Presidente/Orientadora
GEM/UnB

Prof. Dr. Ricardo Bomfim Machado
Membro Titular
ECL/UnB

Prof. Dr. Francisco Roque Machado
Membro Titular
IFB

Brasília, 22 de março de 2016

*"Aquele que quer aprender a voar um dia precisa primeiro
aprender a ficar de pé, caminhar, correr, escalar e dançar;
ninguém consegue voar só aprendendo voo".*

Friedrich Nietzsche

Dedicado à minha família, principalmente a minha mãe (in memoriam), Lucia Dobbin.

Agradecimentos

Gostaria de começar agradecendo a meu núcleo familiar representado nas figuras do meu pai Eduardo, que contribuiu para a formação do meu caráter; do meu irmão Albert (Titi), um homem generoso, de alma pura, de coração gigante, sensível e sensato e sempre disposto a ofertar uma palavra de conforto; do meu saudoso irmão Daniel, meu carrapatinho quando criança; e especialmente da minha mãe Lucia, uma pessoa de sorriso fácil, alegre e literalmente iluminada. Mãe, nunca um nome representou tão bem uma pessoa. O seu significa luz e esta luz nunca irá se apagar na memória daqueles que tiveram o privilégio de conviver contigo.

A meu ex-marido e melhor amigo Robson Leão. Você me ensinou muito. Tivemos muitos anos bons juntos, com vários cachorros a nossa volta que nos deram alegrias imensuráveis. Ayla, Blink, Conan, Gaia, Lua, Nero, Piro, Rhane, Tuly, de todos os nossos "cãopanheiros", nenhum restou, mas eles sempre estarão vivos nas memórias desta nossa época. Obrigada, inclusive pela tabulação de minhas tabelas, tornando-as inteligentes (dinâmicas), poupando-me trabalho.

Às pessoas da minha família, mesmo que algumas delas não estejam mais entre nós. Minhas avós Maria Francisca e Dalma e meu avô Rubens. Minha madrinha (e também tia) Neusa que amo tanto. Meus primos Léo, que por muitas ocasiões foi meu irmão, a sua esposa Carla, e Ricardo, que admiro por sua força e consideração. Meus tios Antônio, Paulinho (Barbarela), Zé Carlos, Franklin, Carlinhos e Ricardo, tias Mia, Áurea, Rosana e Alessandra. Aos tios e tias posiços Aires, Ana, Ângela, Paulinho e Sheila.

As minhas amigas, que estão sempre ao meu lado, Andrea e Fabíola, e ao meu irmãozinho Alexandre Xavier, sou muito grata por todo o apoio que me deram durante todos os anos de nossa amizade. Sair da realidade e viver em um mundo de fantasia nos nossos

jogos de RPG, por muitas vezes, foi à única coisa que me fez ainda continuar respirando. Então, agradeço também aos personagens de Serene, mundo fictício criado por mim, por me permitir viver suas vidas.

Ao povo do colégio CEM 404 de Santa Maria, principalmente a minha querida Itacelma e Márcia Pri. Aos colegas de laboratório, Dariane, Marcos, Pedro Henrique, Renata, Roque, Waira, André, Igor, Hilton, Lucas e Bruna. A todos os "miguxos de sofrência", em especial a Carla, Elba, Emayre, Laura, Marcos Patrício, Marcela, Marília, Nayara, Sarah e Silvia. Aos meus mestres pelo conhecimento compartilhado, com um carinho especial para Cynthia Kyaw, Nilda Rojas e Heloisa Miranda (pessoa linda). Sem faltar, minha imensa gratidão a minha orientadora Rosana Tidon por ter acreditado em meu potencial e me aceitado em seu laboratório. Obrigada pelas horas de estudo, pela divisão de deveres, por toda a ajuda prestada. Vocês são o máximo. Meu reconhecimento a todos por estarem sempre comigo, fazendo parte desta jornada.

A Universidade de Brasília (UnB), ao Laboratório de Biologia Evolutiva, a Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, ao Centro de Aperfeiçoamento dos Profissionais de Educação, Esporte e Lazer (EAPE), a Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) nas pessoas de Betânia e Mauro, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), agradeço todo apoio prestado até a conclusão desta pesquisa.

Texto em homenagem a meus alunos

Virando o jogo.

Resolvi colocar meus pensamentos no papel quando dois alunos meus que estudavam em uma escola pública, em uma cidade com alto índice de violência na periferia de Brasília, passaram para engenharia na UnB. Por este feito, ocorrido no ano de 2009, e repetido inúmeras vezes após esta data em tantos outros cursos, achei, pela primeira vez, que ser professora tinha um lado bom, o lado de ver alguns destes meninos superarem todas as adversidades, trilhando o caminho do bem. Eles não necessariamente precisariam chegar a uma das melhores universidades do país, mas viver suas vidas com dignidade, jornada muitas vezes mais árdua do que àquela da criminalidade. Pensei então o que estes jovens tinham de diferente dos demais e, sem nenhuma pretensão de fazer ciência, apenas imbuída do desejo de escrever, achei, para mim, uma resposta.

Entretanto, mesmo sabendo que este texto se trata apenas de uma opinião pessoal, não consegui desvinculá-lo da biologia, pois esta é a área de minha formação. Sei, assim, que dogmas podem ser quebrados e que teorias são para a maioria, mas não para a totalidade. Existe uma infinidade de espécies que convivem em uma mesma casa, nosso planeta, não havendo regras universais que se encaixem perfeitamente em toda sua complexidade. Tantos seres. Sua criação, em minha opinião, se assemelha à confecção de um livro, o livro da vida, com o autor descartando as páginas mal escritas e iniciando por um novo caminho. O autor é a própria Terra, com toda sua metamorfose, obrigando seus personagens a se adequarem aos seus caprichos.

O livro da vida ainda está sendo escrito, talvez nunca termine, com páginas continuamente substituindo aquelas que foram parar na lata de lixo. O entendimento, mesmo que raso, de como se dá o processo de composição das linhas que se tornarão páginas,

mantidas ou descartadas, é fascinante. Compreender como há tantas espécies coexistindo é um desafio que tem início no estudo da evolução biológica, pois todos os processos que modulam o surgimento e a adaptação de espécies são discutidos neste ramo da ciência. Como princípio mais famoso temos a teoria da Seleção Natural, um dos moduladores da especiação. Esta teoria, proposta em 1859, na primeira edição do afamado livro do naturalista britânico Charles Darwin, “A Origem das Espécies” constituiu uma mudança de paradigma utilizando, para isso, fatos sólidos em sua formulação.

Evidentemente, com o passar do tempo, novos conceitos foram acrescentados ao estudo de Darwin e muitos pontos considerados obscuros foram esclarecidos. A reformulação foi chamada de Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo. Um bom exemplo daquilo que se acrescentou surgiu dos estudos em genética de Gregor Mendel, cujo primeiro trabalho foi apresentado apenas na década de 1860. Atualmente, vivenciamos uma nova proposta de complementação das ideias Darwinistas, com a Novíssima Síntese vislumbrando a possibilidade de examinar a evolução em quatro dimensões: genética, epigenética, comportamental e simbiótica ("linguagem").

Todavia, mesmo após algumas lacunas terem sido preenchidas, a famosa frase: - “Os seres vivos são produto de seu material hereditário e do meio onde vivem” - continuou como um tema centralizador. Porém, qual o real papel exercido pelo meio em um indivíduo? Segundo a Seleção Natural é realizar pressões seletivas onde apenas os mais bem adaptados terão sucesso. Mas, nossa mãe Terra sempre briosa, autora perspicaz do livro da vida, dando a oportunidade de que os seus personagens coexistam em sua obra, criou a possibilidade de que eles se tornassem coautores da própria história.

Sendo a história dos seres, então, basicamente construída por seleção, adaptações às variáveis impostas pelo meio se tornam fundamentais ao seu sucesso, com estratégias vantajosas na superação de obstáculos selecionadas nos indivíduos. Um exemplo de estratégia

eficaz é a sociedade, uma junção de seres da mesma espécie que se fortalecem por sua posição numérica e pela divisão do trabalho. A união faz a força, já dizia o ditado, sendo a sociedade mantida por conferir benefícios aos organismos que se utilizam desta relação. Dentro do reino animal podemos encontrar vários casos, como o das abelhas, dos lobos e do próprio ser humano.

Em uma colmeia, por exemplo, existe a rainha responsável pela postura de ovos, o zangão, incumbido da fertilização e proteção e a operária, encarregada da coleta de matéria prima para a fabricação dos produtos orgânicos que servirão de alimento e na construção do favo. Mais próximos a nós, já dentro dos mamíferos, temos a alcateia. Nela existe um macho e uma fêmea, ditos alfas, que são os responsáveis pela maioria dos filhotes, salvo raras exceções, e vários subordinados divididos em subclasses hierárquicas. Em suma, toda sociedade apresenta uma “elite” privilegiada e diversas castas de menor poder umas com relação às outras.

Não seria diferente entre os seres humanos, afinal somos animais sociais. Mas como esses postos são obtidos? Como são definidos aqueles que terão mais ou menos poder? Em uma análise minimalista, em alguns casos, eles simplesmente nascem assim. Mas mesmo, por mais simplória que uma visão possa parecer, ela sempre irá possuir seus adendos. É o caso das abelhas, por exemplo. Quando algumas larvas são alimentadas com geleia real para darem origem a rainhas, a mais forte canibaliza suas concorrentes, afinal só pode existir, ou geralmente só existe, uma rainha por colmeia. De qualquer forma, apesar de podermos recorrer às ideias Darwinistas mais uma vez, pois apenas a mais forte - "apta" - sobreviveu, elas foram “fabricadas” para serem rainhas, assim como o zangão nasce de um ovo não fecundado e as operárias são alimentadas com pólen e mel e não com geleia real.

Se alguns simplesmente são o que são levantando a ideia de determinismo, outros lutam, ganham e defendem seus postos. Mas então o que leva um animal a tentar competir e

buscar uma posição mais alta na hierarquia social e a outro se conformar com o que tem? Podemos, talvez, atribuir, como no caso dos lobos, a vontade de ser o alfa da alcateia a um instinto dominador moldado pelo poder da genética. Se esse ímpeto for bem sucedido e a competição contra o antigo líder foi ganha, o indivíduo se mostrou capaz de assumir tal posição. Se as características favoráveis são transmitidas de forma hereditária, sua prole terá uma maior chance de sucesso. É nisto que se baseia a Seleção Natural. Mas será esta a única explicação razoável para aqueles que quebram paradigmas e obtêm sucesso, mesmo contra todas as probabilidades dentro da sociedade humana?

Tenho para mim que a "força" e, conseqüentemente, o sucesso não vem apenas dos genes. Quando retratamos isto dentro da humanidade falamos em livre-arbítrio, que diz respeito à vontade individual de conduzir ações da forma que bem entender, seja traçando objetivos que promoverão ganho social, seja na manutenção da realidade e posição já presentes. Se as ordenações hierárquicas não são fixas em todas as sociedades, mesmo que tendam a se manter, como esclarecer movimentos de ascensão? O Darwinismo já foi proposto na tentativa de explicar o comportamento social humano. Na verdade, não seria difícil de aceitá-lo como linha direcionadora. Aqueles que têm sucesso e se mantêm no topo foram os vencedores da competição, são os mais aptos naquilo que se propuseram a fazer, tiveram mérito.

Evidentemente que, para o *Homo sapiens*, uma gama de outros fatores que não somente as teorias Darwinistas são atribuídos, diferenciando-o de seus companheiros de classe e retornando a uma visão antropocentrista. Qual o real motivo de as teorias comportamentais propostas para os demais mamíferos sociais serem extremamente mais simplórias quando comparadas aquelas para seres humanos? Talvez porque o homem seja o autor de suas próprias contestações ou, quem sabe, por serem os únicos, segundo os

sociólogos, dotados de ética, moral, cultura e conhecimentos que podem ser extrapolados para situações diferentes para qual foram criados no intuito de solucionar.

Claramente, a capacidade humana de propor soluções por transposição de conhecimentos torna a aquisição do saber extremamente relevante e, sendo assim, as oportunidades de adquiri-lo também interferem nas chances de ascensão. Aqueles que possuem uma condição social privilegiada levam vantagens sobre os demais. Mesmo assim, apesar de importante, o poder aquisitivo não deve ser considerado o ponto central fomentador do sucesso. O empenho, o comprometimento, o foco e a condução das ações rumo a uma meta são, sem dúvida, uma boa parte para obter aquilo que se deseja.

Como já exposto, as posições hierárquicas nem sempre são mantidas. É um engano pensar que na sociedade humana, assim como em outras, todos aqueles que nascem dentro de uma casta social irão continuar lá. Dentre as abelhas, isto realmente ocorre. Um zangão sempre será zangão e desempenhará o papel para qual foi “fabricado”, mas não há determinismo absoluto entre os mamíferos, um ser não é assim, por que é assim que deve ser, é assim por que ele aceita a posição. Caso contrário ele não se contenta e luta por um posto superior. Instinto moldado pelos genes? Talvez uma grande parte possa ser explicada sobre este ponto de vista. Mas só instinto? Quem poderá responder?

Qual teoria biológica elucidaria o fato de um ser humano que nasce em uma condição social extremamente desprivilegiada conseguir ascender e assumir uma posição de destaque, virando o jogo? Vários são os percalços no caminho para todos os seres vivos e, sendo o ser humano imbuído de livre-arbítrio, com poder de direcionar e mudar rumo de sua própria vida com suas escolhas, talvez, possa ser proposto que, aquele que mantém a visão sempre voltada para aquilo que se almeja, criando caminhos para que o desejo se torne real, mesmo contra todas as probabilidades, seja realmente o mais apto dentre todos.

Sumário

Lista de figuras.....	1
Lista de tabelas.....	4
Resumo.....	5
Abstract.....	6
1. Introdução.....	7
1.1 <i>Relação espécie-tempo</i>	8
1.2 <i>Drosophila suzukii, potencial espécie invasora</i>	11
1.3 <i>Monitoramento e o conceito de suficiência taxonômica</i>	14
2. Objetivos.....	18
3. Metodologia.....	19
3.1 <i>Área de estudo</i>	19
3.2 <i>O Cerrado</i>	20
3.3 <i>As moscas da família Drosophilidae</i>	21
3.4 <i>Amostragem e identificação das espécies</i>	23
3.5 <i>Análise de dados</i>	25
4. Resultados e Discussão.....	28
4.1 <i>Distribuição de drosofilídeos</i>	28
4.1.1 <i>Variação interanual na distribuição de espécies</i>	38
4.1.2 <i>Variação interanual na diversidade</i>	45
4.1.3 <i>Estabelecimento e expansão de Drosophila suzukii</i>	46
4.1.4 <i>Suficiência taxonômica de grupos e gêneros</i>	50
4.2 <i>Janela temporal mais representativa para a realização de coletas futuras</i>	51
5. Considerações Finais.....	61
6. Referências.....	63

Lista de figuras

- Figura 1.** *Drosophila suzukii* (A) mancha escura característica das asas dos machos, (B) detalhe do ovipositor em forma de serrote da fêmea. Créditos: Paula, M. A. e Lisbôa, B. **13**
- Figura 2.** Imagem de satélite a aproximadamente 73 km de altitude da região do Distrito Federal, com o perímetro da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) marcado em branco. **19**
- Figura 3.** Aspecto geral das cinco áreas de (A) mata de galeria e das cinco áreas (B) de cerrado *sensu stricto* escolhidas para a condução da pesquisa. As imagens foram feitas durante o período seco do ano de 2014. Crédito: Leão, B. **23**
- Figura 4.** Curvas de rarefação com intervalo de confiança de 95% para outubro, fevereiro e abril dos dois anos de coletas. O cinza escuro corresponde à mata de galeria e o cinza claro ao cerrado *sensu stricto*. **31**
- Figura 5.** Curvas de rarefação com intervalo de confiança de 95% para abril, junho e agosto dos dois anos de coletas. O cinza escuro corresponde à mata de galeria e o cinza claro ao cerrado *sensu stricto*. **32**
- Figura 6.** Curvas de rarefação com intervalo de confiança de 95% para cada ano de coleta (período 2013-2014 e 2014-2015). O cinza escuro corresponde à mata de galeria e o cinza claro ao cerrado *sensu stricto*. **33**
- Figura 7.** Curvas de rarefação com intervalo de confiança de 95% para os dois anos de coletas (outubro de 2013 a agosto de 2015). O cinza escuro corresponde à mata de galeria e o cinza claro ao cerrado *sensu stricto*. **33**
- Figura 8.** Abundância relativa (barras) de espécies nativas, exóticas e *Zaprionus indianus* em relação ao número total de indivíduos capturados (linha) na (A) mata de galeria e no (B) cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015. **35**
- Figura 9.** Abundância relativa de drosofilídeos nativos e exóticos em mata de galeria (M2013-14 e M2014-15) e no cerrado *sensu stricto* (C2013-14 e C2014-15) da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR). **36**

Figura 10. Flutuação temporal da abundância relativa de *Zaprionus indianus* e dos grupos do gênero *Drosophila* mais representativos em (A) mata de galeria e (B) cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015. **37**

Figura 11. Abundância total de *Zaprionus indianus* na mata de galeria e cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015. **40**

Figura 12. Abundância total de *Drosophila willistoni* na mata de galeria e cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015. **41**

Figura 13. Abundância total de *Drosophila malerkotliana* na mata de galeria e cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015. **42**

Figura 14. Abundância total das espécies mais comuns do gênero *Drosophila* ($n > 500$) na mata de galeria e cerrado *sensu stricto*, em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015, na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR). **43**

Figura 15. Abundância total de *Drosophila suzukii* na mata de galeria e cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015. **47**

Figura 16. Mapa com os pontos onde *Drosophila suzukii* foi capturada ao longo do período amostrado. Os números correspondem à sequência das coletas em ordem cronológica (dez/13=2; abr/13=4; dez/14=8; fev/15=9; abr/15=10 e jun/15=11). **48**

Figura 17. Comparação entre a abundância relativa do grupo *Drosophila melanogaster* e demais espécies da família Drosophilidae capturadas na (A) mata de galeria e no (B) cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015. **49**

Figura 18. Análise de Correspondência Destendenciada (DCA), com elipse de 95%, ordenando as espécies em relação aos meses de coleta. As espécies grifadas dentro da elipse são restritas a um único mês. **54**

Figura 19. Flutuação temporal de drosofilídeos em matas de galeria da RECOR, de outubro de 2013 a agosto de 2015. (A) Riqueza de espécies; (B) abundância total (barras) e β -diversidade de Whittaker (linha). **55**

Figura 20. Número (barras) e proporção (linha) de espécies únicas (encontradas em uma única área de coleta) em matas de galeria da RECOR, de outubro de 2013 a agosto de 2015. A proporção reflete a razão: número de espécies únicas/número total de espécies do mês. **56**

Figura 21. Flutuação temporal de drosofilídeos em cerrados *sensu stricto* da RECOR, de outubro de 2013 a agosto de 2015. (A) Riqueza de espécies; (B) abundância total (barras) e β -diversidade de Whittaker (linha). **59**

Figura 22. Número (barras) e proporção (linha) de espécies únicas (encontradas em uma única área de coleta) em cerrado *sensu stricto* da RECOR, de outubro de 2013 a agosto de 2015. A proporção reflete a razão: número de espécies únicas/número total de espécies do mês. **60**

Lista de tabelas

Tabela 1. Lista das espécies de drosofilídeos coletadas na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), entre outubro de 2013 e agosto de 2015. As espécies sublinhadas e em negrito são exóticas. A espécie destacada com um * corresponde a um novo registro para o bioma. **74**

Tabela 2. Abundância dos drosofilídeos coletados em matas de galeria na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), entre outubro de 2013 e agosto de 2015. As espécies sublinhadas e em negrito são exóticas. A espécie destacada com um * corresponde a um novo registro para o bioma. **76**

Tabela 3. Abundância dos drosofilídeos coletados em cerrados *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), entre outubro de 2013 e agosto de 2015. As espécies sublinhadas e em negrito são exóticas. A espécie destacada com um * corresponde a um novo registro para o bioma. **80**

Tabela 4. Sériacão temporal das espécies encontradas para o período 2013-2015 com unificação da riqueza de formações florestais e savânicas para os meses correspondentes de coleta. **84**

Tabela 5. Teste t de diversidade usando os índices de Shannon *H* e Simpson *D* comparando os dois anos de amostragem (2013-2014 e 2014-2015) para áreas de mata de galeria, cerrado *sensu stricto* e o total (mata + cerrado). **46**

Tabela 6. Teste de Mantel, abundância transformada em log+1, com 9999 permutações (método de Bray-Curtis) comparando matrizes de espécies *versus* matrizes de grupos/gêneros de Drosophilidae ($p < 0,0001$ e $r > 0,91$). **50**

Resumo. Tanto a relação espécie-área quanto a espécie-tempo são importantes para o entendimento da dinâmica das comunidades. Entretanto, a dimensão temporal é menos compreendida do que a espacial, devido às dificuldades de se manter coletas metodologicamente estáveis ao longo dos anos. Contudo, o monitoramento de áreas vem ganhando força e inúmeros organismos têm sido empregados em pesquisas de longa duração. Dentre eles, os drosofilídeos se revelaram bons modelos para monitorar mudanças nos ecossistemas, pois são muito sensíveis a variações ambientais. Neste estudo, foram analisadas manchas de ambientes naturais na Reserva Ecológica do IBGE, em Brasília, durante dois anos, focalizando a assembleia como um todo e uma praga agrícola recém-introduzida, *Drosophila suzukii*. Adicionalmente, foi investigada a janela temporal mais apropriada para monitoramento futuro, e a suficiência de categorias taxonômicas acima do nível de espécie. Foi observada variação intra e interanual nas assembleias de drosofilídeos, com flutuações na riqueza, abundância e picos populacionais, bem como espécies exclusivas em cada ano. *D. suzukii* se expandiu numérica e espacialmente, sugerindo que ela está se estabelecendo no Cerrado. O final da estação chuvosa foi apontado como janela temporal mais propícia para a realização das capturas, com base na riqueza, abundância, β -diversidade e número de espécies únicas por área de coleta. A análise da suficiência taxonômica mostrou que a identificação em nível de grupo/gênero pode ser utilizada de forma alternativa, pois preserva grande correspondência com aquela feita em nível de espécie. Assim, as informações geradas nesta pesquisa podem contribuir para o uso de drosofilídeos no monitoramento, ferramenta importante à interpretação das respostas fornecidas pelos seres frente à adversidade, e à confecção de medidas mitigadoras de conservação.

Palavras-chave: Cerrado, conservação, drosofilídeos e monitoramento.

Abstract. Both species-area and species-time relationships are important for understanding the community dynamics. However, the temporal dimension is less well understood than the spatial, due to difficulties of keeping methodologically stable collections over years. However, monitoring has been gaining strength, and numerous organisms have been used in long-term research. Among them, the drosophilids proved to be good models to monitor communities, as they are very sensitive to environmental changes. In this study, patches of natural environments were analyzed in the Ecological Reserve of IBGE in Brasilia for two years, focusing on the assembly as a whole and a newly introduced agricultural pest, *Drosophila suzukii*. Additionally, the most appropriate time window for future monitoring and the taxonomic sufficiency in categories above species level were investigated. Intra and interannual variation were observed in drosophilid assembly, with fluctuations in richness, abundance, population peaks, and exclusive species. *D. suzukii* spread numerically and spatially, suggesting that it is establishing in the Cerrado. The final part of the rainy season was showed as the most favorable time frame for the collections, based on the richness, abundance, β -diversity and number of unique species per area. The taxonomic sufficiency analysis showed that the identification at the group level/genus can be used as an alternative for species level determination because both levels present large correspondence. Thus, the information generated in this study may contribute to the use of drosophilids in monitoring, an important tool for the interpretation of the responses provided by living beings front to adversity, and the preparation of mitigation measures for conservation.

Keywords: Cerrado, conservation, drosophilids and monitoring.

1 - Introdução

Distúrbios naturais ou provocados pelo ser humano potencialmente alteram os sistemas ambientais gerando reflexos nas comunidades. No caso dos impactos antrópicos, o desafio é estabelecer compatibilidade entre a expansão humana e a proteção dos recursos ecossistêmicos, o que demanda conhecimento profundo dos processos que ocorrem no ambiente e que se relacionam à história de vida dos organismos.

Em consonância com a preocupação crescente quanto a problemas advindos da antropização, o entendimento da dinâmica das comunidades correlacionada tanto ao espaço quanto ao tempo se faz necessário. No entanto, espaço e tempo não costumam receber a mesma atenção em pesquisas ecológicas, com a relação espécie-área sendo constantemente priorizada (White *et al.* 2006, Maguran *et al.* 2010, Suurkuukka *et al.* 2012) devido à dificuldade de se manter coletas metodologicamente estáveis de longa duração.

Contudo, a relação espécie-tempo vem ganhando força devido ao crescente interesse pelo monitoramento de áreas, pois este gera inúmeras informações biologicamente relevantes. A partir do monitoramento é possível mensurar o impacto de distúrbios, naturais ou experimentais (Schindler *et al.* 1985), relacionando as propriedades emergentes da comunidade pré e pós o fator estressor, detectar mudanças na estrutura e função dos ecossistemas (Danell *et al.* 2006), estimar padrões de distribuição das populações, gerando novas questões sobre sua dinâmica (Persson *et al.* 2009), acompanhar espécies invasoras ou com potencial invasor, com possibilidades de testar medidas mitigadoras a seu avanço, estabelecer áreas prioritárias para conservação (Rooney *et al.* 2007), relacionar espécies que merecem mais atenção, minimizando, com isso, extinções.

Assim, o estabelecimento de janelas temporais onde as coletas possam ser otimizadas, bem como a criação de alternativas de se analisar a biodiversidade, buscando agilidade no processamento dos dados, se faz premente. Portanto, a proposta deste trabalho

foi analisar a variação temporal das assembleias de drosofilídeos na Reserva Ecológica do IBGE visando à utilização destes insetos no monitoramento desta Unidade de Conservação.

1.1 - Relação espécie-tempo

As relações espécie-área e espécie-tempo são bastante conhecidas em ecologia, sendo que ambas dizem respeito ao aumento do número de espécies amostradas quando as escalas espaciais e temporais, respectivamente, são estendidas. A relação espécie-tempo foi proposta por Fisher e colaboradores (1943), mas foi Preston (1960) que atribuiu a ela importância equivalente à relação espécie-área. Portanto, estas duas abordagens não devem ser vistas de forma separada, mas sim como dimensões de um padrão unificado (Adler *et al.* 2005). Assim, do ponto de vista prático, a análise de áreas prioritárias para conservação, bem como a previsão de possíveis extinções, dependerão tanto da escala temporal quanto espacial da coleta já que a riqueza de espécies se mostra sensível tanto ao tempo quanto ao espaço.

Padrões geográficos da diversidade (relação espécie-área), e os mecanismos a eles relacionados, têm sido amplamente considerados em ecologia, porém os padrões de variação temporal (relação espécie-tempo) têm recebido menos atenção (White *et al.* 2006, Maguran *et al.* 2010, Suurkuukka *et al.* 2012). Alguns fatores, tais como a dependência da continuidade da metodologia empregada, que deve resistir à troca de liderança na condução da pesquisa, à permanência do financiamento do estudo e à contínua formação de mão de obra qualificada para a análise dos dados, tendem a tornar a relação espécie-tempo logisticamente mais complexa, desestimulando muitos pesquisadores a conduzi-la conjuntamente à relação espécie-área. Apesar disso, a análise dos padrões de variação temporal não pode ser simplesmente abandonada a não ser, logicamente, que o estudo em questão não demande esse tipo de conjunto de dados.

Suurkuukka e colaboradores (2012) mostraram que, para espécies raras, o componente temporal da diversidade é extremamente importante e que, em amostras temporalmente restritas, muitas espécies não comuns serão perdidas. Desta maneira, estudos baseados apenas no componente espacial podem fornecer informações incompletas do sistema, principalmente em comunidades que passam por mudanças rápidas de composição. Ribeiro e colaboradores (2010) argumentaram que, devido a distribuição desigual da riqueza de espécies ao longo dos meses, um único mês não seria representativo da assembleia, exigindo um período bem mais longo de amostragem para tal finalidade.

A maioria das coletas feitas no Cerrado não chega a dois anos (PELD 2012). O principal problema dos estudos de curta duração é que, devido ao breve espaço de tempo considerado, qualquer evento atípico dentro do intervalo amostral produz um efeito relevante na interpretação dos dados obtidos. Obviamente, a importância destes eventos incomuns, mais frequentes nos trópicos do que em zonas temperadas, será atenuada quando diluída em um estudo que considere um período maior de tempo (Weatherhead 1986).

Eventos causadores de anomalias nas temperaturas da superfície dos oceanos, como os fenômenos "El Niño" e "La Niña", por exemplo, são capazes de afetar a dinâmica dos ecossistemas terrestres. Em um trabalho realizado no Golfo da Califórnia, um aumento na precipitação associada ao "El Niño" de 1992-1993 levou a uma explosão no crescimento de plantas, o que fez com que a abundância de insetos dobrasse em relação aos valores registrados em 1991. No entanto, em 1994 a queda abrupta na produtividade primária fez com que a densidade de insetos fosse a mais baixa considerando todos os cinco anos de estudo (Polis *et al.* 1997).

Segundo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o ano de 2015 foi marcado por um "El Niño" significativo e que pode, inclusive, atingir a categoria de forte nas previsões dos modelos considerados para o Oceano Pacífico em 2016. Levando, portanto, em

consideração os profundos impactos que eventos de "El Niño" podem causar nos ecossistemas terrestres e as previsões do aumento em sua frequência devido ao aquecimento global, o monitoramento das alterações por ele causadas são plenamente justificáveis. A interpretação das várias respostas dadas pela biota frente ao fenômeno pode fazer com que eventos de "El Niño" se tornem uma janela de oportunidade para a restauração dos ecossistemas (Holmgren *et al.* 2001).

Outro fator chave para que as coletas sejam realizadas por períodos mais longos de tempo é o fenômeno conhecido como débito de extinção, que diz respeito à não instantaneidade do declínio da riqueza devido à perda de hábitat. Desta maneira, considerando um estudo pontual, seria difícil estimar se determinada região continuaria a suportar o mesmo número de espécies no futuro, podendo ocasionar, com isto, uma superestimativa desta métrica em longo prazo (Tilman *et al.* 1994). Assim, relacionar os padrões de diversidade com a dinâmica temporal ajuda na identificação das espécies que merecem mais atenção em termos de conservação (Sang *et al.* 2010). Obviamente, quanto mais cedo for identificado este débito de extinção, mais tempo poderá ser empregado na tentativa de recuperação da área que sustenta a comunidade focal.

Além das extinções, outros fatores relacionados à perda de biodiversidade devem ser levados em consideração. A expansão populacional de espécies generalistas, nativas ou não, que se estabelecem em novos locais geralmente à custa do declínio de espécies raras, frequentemente endêmicas, por exemplo, é preocupante. Este processo, conhecido como homogeneização biótica (Rooney *et al.* 2004), pode causar um aumento na similaridade taxonômica entre diferentes localidades. Assim, as informações obtidas no monitoramento podem identificar, de forma mais precisa, sítios complementares em termos de biodiversidade, tornando-os prioritários à conservação (Rooney *et al.* 2007).

1.2 - Drosophila suzukii, potencial espécie invasora

Como já mencionado, a expansão populacional de certas espécies generalistas, nativas ou não da região biogeográfica analisada, pode provocar o declínio de outras, em especial das raras. Quando estes organismos não são endêmicos, no entanto, a possível invasão é ainda mais preocupante. Invasões bióticas ocorrem quando organismos são transportados para além das fronteiras onde naturalmente proliferam, colonizam, se estabelecem, persistem e expandem sua área de ocorrência dentro da nova região onde foram introduzidos.

No entanto, nem toda espécie introduzida se tornará invasora. Para aquelas que farão parte desta categoria, a mudança no status de imigrante para invasor possui uma fase de retardo, que pode variar consideravelmente em extensão, seguida por outra de crescimento exponencial. Durante a fase de retardo é difícil distinguir populações de espécies fadadas à extinção daquelas que se tornarão invasoras (Cousens & Mortimer 1995).

Espécies invasoras são potencialmente danosas para a biota nativa e, sem sombra de dúvida, o *Homo sapiens* é aquela que reconhecidamente mais sucesso teve com relação à adaptação a novos ambientes, causando drásticas alterações nos mesmos. A presença de espécies não nativas em habitats e ecossistemas que eram previamente isolados uns dos outros cresceu juntamente com o aumento da movimentação dos humanos ao longo dos continentes. Em um mundo atualmente sem fronteiras, as espécies invasoras, portanto, são vistas como um componente significativo da mudança global (Vitousek *et al.* 1996).

Existem muitas hipóteses relacionadas à biologia da invasão. Algumas das mais discutidas são as da: resistência biótica (Jeschke & Genovesi 2011), pressão de propágulos (Drake *et al.* 2005), suscetibilidade de ilha (Jeschke 2008), regra dos dez, fusão invasora (Simberloff & Holle 1999, Grosholz 2005), liberação do inimigo (Blumenthal *et al.* 2009) e armas novas (Callaway & Ridenour 2004). Obviamente, a invasão pode ser facilitada por

outros fatores, incluindo as próprias características da espécie e, portanto, não há unanimidade entre as abordagens, podendo um evento de invasão se enquadrar em mais de um caso.

Independentemente da hipótese testada ou do *taxa* analisado, vários trabalhos vêm sendo conduzidos focando invasões biológicas no Brasil (Azevedo-Santos *et al.* 2011, Zenni & Simberloff 2013, Zenni 2014, Both & Melo 2015), inclusive no Cerrado (de Abreu & Durigan 2011, Rocha *et al.* 2011, Döge *et al.* 2015, Guering & Durigan 2015). Visto que populações invasoras geralmente possuem um índice de adaptação superior quando comparada às nativas (Colautti & Barrett 2013), estes estudos podem auxiliar tanto no manejo destas populações quanto na prevenção de invasões futuras. Assim, tais pesquisas ganham visibilidade, despertando o interesse de órgãos financiadores, já que estas espécies causam não só impactos ecológicos, mas também econômicos, com perdas globais anuais de cerca US\$ 314 bilhões (Pimentel *et al.* 2001).

Um drosofilídeo com potencial invasor preocupante na atualidade é *Drosophila suzukii*, conhecida também como *Drosophila* de asa manchada (*spotted wing Drosophila*), devido à mancha que caracteriza as asas dos machos (Figura 1). Esta espécie, classificada no grupo *Drosophila melanogaster* do subgênero *Sophophora*, é provavelmente, natural do sudeste asiático. *D. suzukii* Matsumura (Diptera, Drosophilidae) foi descrita em 1931, porém os primeiros registros datam de 1916, com indivíduos capturados na principal ilha do arquipélago japonês. No entanto, pouco se sabe de seu ponto de origem, se ela é nativa do Japão ou se foi introduzida no país (Hauser 2011).

Inegavelmente, *Drosophila suzukii* tem um alto potencial dispersor. Ela é atualmente considerada uma peste agrícola em escala global, fato este que se relaciona a preferência que possui por sítios de ovoposição: *D. suzukii* se comporta de maneira inversa a maioria das espécies da família, utilizando, preferencialmente, frutos frescos de casca mole, ainda presos à planta, como locais para a criação de suas larvas. Isto é favorecido devido a uma

particularidade anatômica das fêmeas, um grande ovipositor em forma de serrote capaz de romper a casca dos frutos (Mitsui *et al.* 2006) (Figura 1).

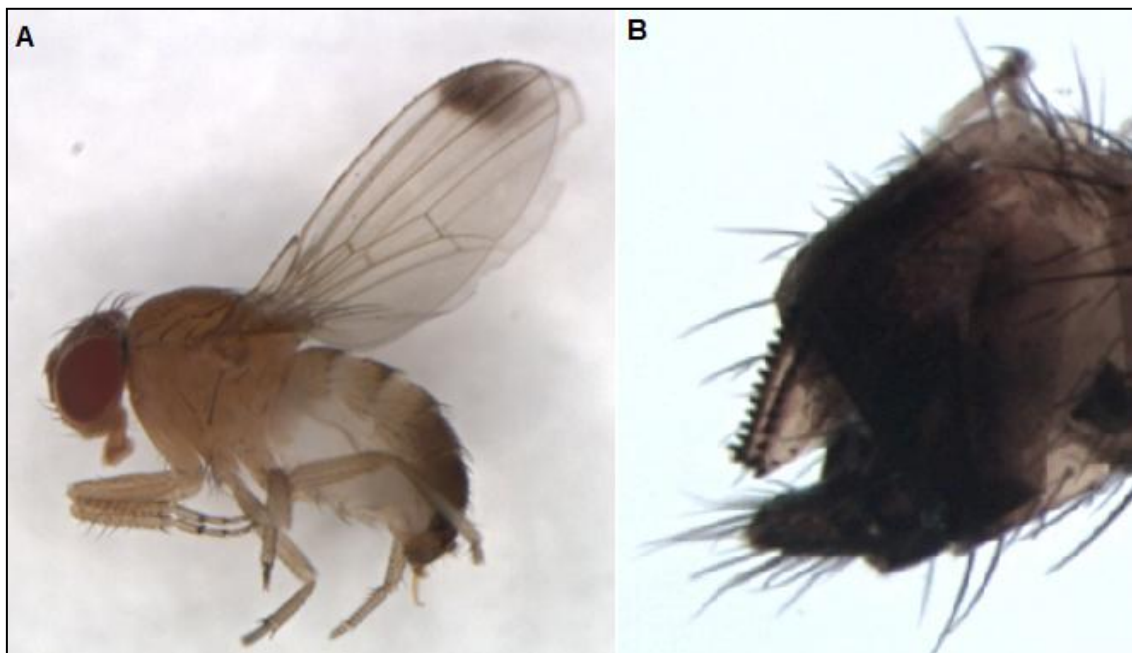


Figura 1. *Drosophila suzukii* (A) mancha escura característica das asas dos machos, (B) detalhe do ovipositor em forma de serrote da fêmea. Créditos: Paula, M. A. e Lisbôa, B.

Tanto na Europa quanto nos EUA, *Drosophila suzukii* foi capturada pela primeira vez em 2008. A espécie invadiu o continente europeu pela Espanha e se espalhou rapidamente, com indivíduos sendo capturados na maioria dos países. As consequências econômicas que vem sendo relatadas nas plantações de pequenos frutos são graves, inclusive com perdas totais em algumas regiões (Cini *et al.* 2012). Nos EUA, *D.suzukii* já foi encontrada em 35 Estados com um prejuízo estimado, apenas para a região leste do país no ano de 2013, de US\$ 27,5 milhões (Burrack 2014).

Nos Neotrópicos, *Drosophila suzukii* foi encontrada apenas em 2013. Deprá e colaboradores (2014) capturaram 156 indivíduos em armadilhas utilizando isca de banana em cinco áreas localizadas no sul do Brasil, especificamente no Rio Grande do Sul e Santa

Catarina. Neste mesmo ano, a espécie foi também identificada no Distrito Federal (Paula *et al.* 2014) e, em 2014, foi encontrada na cidade de São Paulo (Vilela & Mori 2014). Devido ao seu status de peste, o monitoramento de *D. suzukii* se faz necessário para que ações de controle possam ser adaptadas e/ou desenvolvidas na nova região de invasão.

1.3 - Monitoramento e o conceito de suficiência taxonômica

O monitoramento de áreas, então, como já explanado, deve ser incentivado e priorizado a despeito da dificuldade de sua manutenção por longos períodos de tempo. Mas qual o conceito de monitoramento? Com respeito à biologia da bioindicação, o monitoramento é apenas o uso, em séries temporais, de *taxa* bioindicadores que informem a respeito das condições ambientais, ecológicas e de biodiversidade de um sistema a partir da análise de seus padrões.

Os bioindicadores auxiliam a compor a imagem do ambiente, que vai se tornando mais nítida à medida que as séries temporais se acumulam. Existem três categorias de bioindicadores que se relacionam às aplicações básicas de seu uso em termos de monitoramento e biologia da conservação, a saber: (a) ambientais - detecção e monitoramento das mudanças no estado do ambiente; (b) ecológicos - demonstração do impacto de um agente estressor na biota e monitoramento das mudanças que este agente provoca em longo prazo; (c) de biodiversidade - inferência da diversidade geral de uma área mediante a avaliação da diversidade de um ou mais *taxa* específicos (McGeoch 1998, Oliveira & Tidon 2014).

Sabendo que o uso de bioindicadores deve ser feito, prioritariamente, como parte de uma estratégia de análise de risco (Landres *et al.* 1988), a seleção dos organismos, bem como do desenho amostral e das análises escolhidas para interpretação dos dados obtidos, irá depender do objetivo do estudo. O objetivo que se quer atingir também definirá a escala mais apropriada que tais trabalhos devem ser conduzidos. A seleção de um bioindicador, portanto,

não pode ser arbitrária ou que vise atender ao interesse de um grupo de pesquisadores que efetivamente estude o organismo a ser proposto.

No entanto, algumas características gerais podem ser utilizadas como guia para a seleção dos organismos em qualquer uma das três categorias de bioindicadores. Atributos desejáveis para a escolha de um bioindicador, independente dele ser ambiental, ecológico ou de biodiversidade, incluem: o custo e facilidade de coleta, abundância e representatividade nas amostras, facilidade e confiabilidade de armazenamento, taxonomia conhecida, dispensabilidade e ter distribuição temporal e espacial previsível para garantir a continuidade da pesquisa em longo prazo (Pearson 1994, McGeoch 1998, Silva *et al.* 2010).

Levando em conta estas características, muitas espécies de invertebrados terrestres, especialmente artrópodes, se enquadram como bons bioindicadores por possuírem, a favor da sua escolha, vários atributos listados como desejáveis. Insetos, por exemplo, apesar de possuírem uma longa história no que diz respeito a seu monitoramento (desde a década de 1960 pelo The Rothamsted Insect Survey, UK), são frequentemente negligenciados em planos de conservação (McGeoch *et al.* 2011). No entanto, assim como os demais invertebrados terrestres, estes seres são suscetíveis as mesmas ameaças que atingem os outros *taxa*, sabidamente perda e degradação de hábitat, introdução de espécies e mudanças climáticas globais (McGeoch *et al.* 2002). Portanto, o monitoramento de áreas, inclusive protegidas, utilizando esta classe de artrópodes deve ser continuamente incentivado.

Obviamente, devido aos efeitos diretos ou indiretos da ação do homem - por exemplo: desmatamento, atividades agrícolas, alteração do regime de fogo, urbanização e poluição - os sistemas mudam em uma taxa muito mais acelerada do que o fariam de forma natural. Esta velocidade crescente de transformação dos ecossistemas demanda igual rapidez na triagem do material vindo do campo pelos laboratórios, o que nem sempre é possível de ser alcançado, ocasionando retardos na implementação de medidas conservacionistas.

Uma alternativa viável para reduzir o custo e o tempo necessário entre a coleta do material em campo e as possíveis soluções que sua análise pode prover é o uso do conceito de "suficiência taxonômica" (Ellis 1985). Esta abordagem diz respeito ao nível taxonômico que determinado organismo pode ser analisado para responder ao objetivo do trabalho. Neste contexto, o conceito de "suficiência taxonômica" prevê que mudanças ou diferenças na comunidade podem não apenas ser reconhecidas quando os organismos são identificados em nível de espécie, mas também em categorias taxonômicas superiores.

A abordagem de "suficiência taxonômica", portanto, pode se enquadrar muito bem nos objetivos de um monitoramento, pois neste caso a principal meta é identificar os padrões da distribuição das populações tanto no espaço quanto no tempo, e também seus potenciais desvios. Certamente esta abordagem reduz o tempo gasto na identificação e possui outros benefícios.

Em um centro de pesquisa, por exemplo, os taxonomistas responsáveis pela identificação das espécies podem ser substituídos ao longo de um projeto ecológico de longa duração e, com isso, gerar diferenças em termos de acurácia na determinação dos organismos. Uma possível saída para esse problema é o uso de unidades taxonomicamente reconhecíveis, as morfoespécies (Oliver & Beattie 1996). No entanto, apesar de amplamente aceito, o uso de morfoespécies pode causar divergências quanto ao número real de espécies em dada região (Krell 2004) a depender do observador.

Considerando, portanto, que os erros de identificação são mais comuns quanto maior a resolução taxonômica desejada, fazer uso do conceito de suficiência taxonômica para agrupar as espécies em categorias superiores pode reduzir falhas na classificação dos organismos. Abordagens que utilizam o conceito de suficiência taxonômica em estudos ecológicos com invertebrados terrestres tiveram início na década de 1990 (Williams & Gaston 1994, Andersen 1995) e, mais recentemente, continuam chamando a atenção de muitos

pesquisadores (Martín-Piera 2000, Báldi 2003, Cardoso *et al.* 2004, Groc *et al.* 2010, Bhusal *et al.* 2014, Vasconcelos *et al.* 2014).

É importante ressaltar que a abordagem de suficiência taxonômica não é a maneira mais adequada de gerar dados para todas as pesquisas. Apenas para citar alguns exemplos, a resolução taxonômica em nível de espécie é essencial para a confecção de inventários, para estudos biogeográficos em nível de espécie e de autoecologia.

2 - Objetivos

Investigação da variação temporal na estrutura das assembleias de drosofilídeos ao longo de dois anos, em matas de galeria e cerrados *sensu stricto*, com o objetivo de aprofundar o entendimento da relação espécie-tempo na dinâmica populacional destes insetos no bioma Cerrado. Com o intuito de contribuir para a os estudos que propõe o uso de drosofilídeos como bioindicadores, a suficiência taxonômica de gêneros/grupos de espécies foi investigada, assim como a janela temporal (ao longo do ano de amostragem) mais representativa para coletas futuras.

Serão testadas as seguintes hipóteses:

- (i) - Existirão diferenças na flutuação temporal das espécies de drosofilídeos, em termos de abundância total e/ou mês de pico populacional, quando os dois anos de amostragem forem comparados;
- (ii) - Existirão diferenças na diversidade quando os dois anos de coleta forem comparados;
- (iii) - Ocorrerá tanto uma expansão numérica quanto espacial da espécie exótica *Drosophila suzukii* na área de estudo devido ao seu grande potencial dispersor, como já previamente evidenciado em outras regiões ao redor do mundo;
- (iv) - A matriz de grupos/gêneros de espécies possuirá uma correlação alta e significativa com a matriz de espécies, corroborando o conceito de suficiência taxonômica nesta escala.

3 - Metodologia

3.1 - Área de estudo

A Reserva Ecológica do IBGE, antiga Reserva Ecológica do Roncador (RECOR), localiza-se nas coordenadas geográficas 15° 56' 41"S e 47° 53' 07"W. A RECOR possui 1.350 ha, sendo uma das Áreas Núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado e parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Distrital Gama-Cabeça de Veado, com um total de 10.000 ha de área protegida contínua (Figura 2).



Figura 2. Imagem de satélite a aproximadamente 73 km de altitude da região do Distrito Federal, com o perímetro da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) marcado em branco.

A RECOR possui uma boa infraestrutura para realização de pesquisas científicas. Ela disponibiliza laboratórios, alojamentos e refeitório além de dados climatológicos, pois uma das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo se situa dentro de sua área. Pesquisas anteriores contendo os resultados dos trabalhos realizados dentro de seu perímetro

podem ser disponibilizadas, com sua biblioteca contendo um vasto número de referências bibliográficas. Tais facilidades ao desenvolvimento das pesquisas, bem como a proximidade da Universidade de Brasília, fazem com que a RECOR seja muito utilizada como área de estudos sobre o Cerrado.

No interior do perímetro da reserva existem cinco riachos principais (Escondido, Monjolo, Pitoco, Roncador e Taquara). As matas de galeria amostradas nesta pesquisa se associam a estes cursos d'água. Além da formação florestal citada, as principais fitofisionomias do Cerrado também estão presentes em manchas ao longo de sua extensão, construindo, assim, um mosaico de vegetação interconectado, principal característica do bioma.

3.2 - O Cerrado

O Cerrado abriga substantiva parte da biota brasileira, integrando os *hotspots* de diversidade biológica do planeta (Myers *et al.* 2000). Este bioma apresenta elevados níveis de endemismo, porém, alheio a este fato, sua paisagem natural tem sido extensivamente transformada em ambientes antropizados (Klink & Machado 2005). Machado e colaboradores (2004) calcularam que pelo menos 50% da vegetação original do Cerrado já foi perdida, principalmente devido a pecuária extensiva. Neste sentido, são necessários esforços para inventariar, caracterizar e preservar os espaços e os recursos biológicos deste bioma.

A vegetação do Cerrado pode ser descrita, essencialmente, por sua estrutura e compreende um mosaico de fitofisionomias que segue a heterogeneidade natural do bioma quanto a fatores sazonais, topográficos e tipo de solo. Segundo Ribeiro e colaboradores (1998), são reconhecidos três tipos básicos de formações vegetais no Cerrado: florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão), savânicas (cerrado *sensu stricto*) e campestres (campo sujo, campo rupestre e campo limpo).

A maior biodiversidade do bioma, de forma geral, se encontra nas formações florestais. As matas de galeria, por exemplo, são responsáveis por mais de um terço de toda flora fanerogâmica do Cerrado, apesar de ocupar apenas 5% de todo seu território (Felfili *et al.* 2001). Essa biodiversidade tem sido atribuída à alta disponibilidade de micro-habitats que se relaciona à heterogeneidade observada no ambiente físico que as florestas ocupam (Tanabe 2002).

Duas estações climáticas, definidas em termos de precipitação, podem ser observadas no Cerrado. A estação seca, de maio a setembro, e a estação chuvosa, de outubro a abril. De forma distinta do que ocorre com a temperatura, cuja média anual fica em torno de 24° C, com pouca amplitude entre os meses, a precipitação média durante o ano, de 1.500 mm, apresenta grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de novembro a março. O período seco é marcado por baixa precipitação e baixa umidade relativa do ar, com mínimas que podem chegar a valores inferiores a 10%. Apesar desta acentuada sazonalidade não ser um fator determinante para a alta taxa de endemismo encontrada no Cerrado, o alto índice de organismos restritos ao bioma faz com que a região seja prioritária para estudos e conservação de comunidades tropicais (Klink & Machado 2005).

3.3 - As moscas da família Drosophilidae

Os insetos desempenham um papel ecológico inegável para a manutenção da diversidade dos ecossistemas (Samways 2005). Mudanças nos ambientes naturais podem gerar reflexos em suas comunidades e, por isso, efeitos como composição vegetacional, fogo, fragmentação de habitats e introdução de espécies exóticas têm sido estudados usando diferentes *taxa* destes artrópodes.

Constituída por mais de 4.200 espécies classificadas em 77 gêneros, a família Drosophilidae (Diptera) é globalmente distribuída, estando ausente apenas nos polos (Bächli

2015). Grande parte destas moscas alimenta-se de microrganismos, principalmente leveduras, presentes em estruturas vegetais em decomposição (Markow & O'Grady 2006), possuindo diferentes graus de restrição ecológica. Sendo assim, apesar de algumas espécies serem mais generalistas, todas são influenciadas primariamente pela disponibilidade de água e recursos, pelo tipo de fitofisionomia, umidade, temperatura e insolação (Powell 1997). O conjunto destes fatores possui reflexos proeminentes em termos de distribuição e flutuações populacionais dos indivíduos que compõem a família.

No Brasil são encontradas 305 espécies da família Drosophilidae distribuídas em 16 gêneros (Tidon *et al.* 2016). O gênero *Drosophila* (Fallén) é o mais especioso, com o maior número de espécies. Estas moscas são usadas como modelos biológicos em várias áreas de investigação, como genética, biologia evolutiva, molecular e do desenvolvimento (Powell 1997). Sua facilidade de manuseio tanto em campo como em laboratório, alto número de espécimes amostrados, pequeno tamanho corporal e baixo custo de coleta e manutenção fazem dessas moscas bons modelos também em ecologia (Mata *et al.* 2010a).

O conceito de suficiência taxonômica poderia ser aplicado agrupando as moscas da família dentro de seus respectivos gêneros. Porém, devido à riqueza desproporcional do gênero *Drosophila* (cerca de 2.000 espécies no mundo e 180 no Brasil) (Bächli 2015, Tidon *et al.* 2016), esta prática de categorização seria ecologicamente pouco diagnóstica. Por outro lado, os gêneros de Drosophilidae que comportam maior número de espécies são tradicionalmente subdivididos em “grupos”, que são categorias taxonômicas informais as quais reúnem presumivelmente conjuntos de espécies derivados de um mesmo ancestral (monofiléticos). Assim, dentre os drosofilídeos, os grupos são unidades que tem um significado evolutivo.

A proposta de facilitar a identificação de drosofilídeos através do conceito de suficiência taxonômica está em consonância com o crescente interesse de utilizar estes insetos

como modelos em ecologia. Nas últimas décadas várias pesquisas foram feitas, inclusive no Cerrado, com o intuito de esclarecer as relações ecológicas entre os drosofilídeos e os ecossistemas que habitam. Os resultados obtidos revelaram que estas moscas são eficientes para avaliar respostas às mudanças ambientais naturais ou antrópicas (Parsons 1991, Powell 1997, Ferreira & Tidon 2005, Mata *et al.* 2008). Além disso, o uso de certas espécies como bioindicadores vem sendo debatido na literatura, o que salienta as inúmeras vantagens que os drosofilídeos apresentam para este fim (Avondet *et al.* 2003, Silva *et al.* 2005a, Mata *et al.* 2008, Prigent *et al.* 2013).

3.4 - Amostragem e identificação de espécies

Os espécimens foram apanhados no campo bimestralmente, totalizando doze coletas em um período de dois anos (agosto de 2013 a junho de 2015). Dois tipos de fitofisionomias, florestal e savânica, foram utilizados para a deposição das armadilhas. Dentro de cada fitofisionomia, foram escolhidas cinco áreas de mata de galeria e cinco de cerrado *sensu stricto*, respectivamente (Figura 3).



Figura 3. Aspecto geral das cinco áreas de (A) mata de galeria e das cinco áreas (B) de cerrado *sensu stricto* escolhidas para a condução da pesquisa. As imagens foram feitas durante o período seco do ano de 2014. Crédito: Leão, B.

No interior de cada área foram marcados três pontos distintos (réplicas), os quais correspondem às Unidades Amostrais (UAs). Uma UA consiste em uma tríade de armadilhas de retenção identificada por letras (A, B e C) afastadas 10 metros umas das outras, totalizando 30 UAs. Sendo assim, foram utilizadas 90 armadilhas por coleta.

A distância entre as unidades amostrais (UAs) foi de pelo menos 30 metros em áreas de mata de galeria e 100 metros em áreas de cerrado *sensu stricto*, seguindo o protocolo sugerido por Mata e colaboradores (2014) para a distância mínima de independência amostral. Todas as medidas de autocorrelação espacial, analisadas globalmente por mês de coleta com as UAs de cada fitofisionomia, foram consideradas irrelevantes ($-0,3 \geq r \leq 0,3$).

As armadilhas utilizadas nas coletas, descritas em Roque e colaboradores (2011), permaneceram no campo por quatro dias em cada evento amostral. Iscas feitas com bananas maduras, parcialmente descascadas e amassadas, fermentadas com fermento de pão (*Saccharomyces cerevisiae*) (Medeiros & Klazcko 1999) foram utilizadas como atrativo às moscas.

Após cada coleta, os drosofilídeos foram transportados vivos até o Laboratório de Biologia Evolutiva da UnB e identificados, sempre que possível, em nível de espécie com o auxílio de chaves de identificação para as espécies mais comuns ou para fêmeas de espécies raras. A análise da morfologia da terminália masculina (Dobzhansky & Pavan 1943, Pavan & Cunha 1947, Freire-Maia & Pavan 1949, Frota-Pessoa 1954, Val 1982, Vilela & Bächli 1990, Vilela 1992) foi realizada nos machos supostamente pertencentes a espécies raras ou crípticas. Para a confecção de alguns gráficos, as espécies foram classificadas em nativas e exóticas (considerando, para este agrupamento, a região Neotropical).

O subgrupo *Drosophila willistoni* (aqui representados pela identificação de duas espécies crípticas *Drosophila paulistorum* e *Drosophila willistoni*) não foi totalmente identificado pela técnica da terminália no mês de abril de 2015, devido ao seu grande número

amostral, mais de 6.000 machos. Neste caso, a relação de indivíduos pertencentes às duas espécies identificadas foi calculada por proporção tentando, sempre que possível, analisar 50 indivíduos por armadilha. No total, foram avaliados 10.142 drosofilídeos de diferentes espécies mediante a morfologia da terminália. Todas as estruturas foram montadas em lâminas de microscopia ótica e armazenadas no Laboratório de Biologia Evolutiva da UnB, onde também estão depositados todos os espécimes capturados no curso desta pesquisa.

3.5 - Análise de dados

O número de indivíduos por espécie foi contabilizado em cada unidade amostral (UA). As curvas de rarefação foram construídas em três escalas - (i) por mês de coleta; (ii) para cada um dos dois anos de amostragem (outubro de 2013 a agosto de 2014 e outubro de 2014 a agosto de 2015) e; (iii) conjuntamente para o período total (outubro de 2013 a agosto de 2015) - para que o efeito do tempo fosse evidenciado. Estas análises foram baseadas em rarefação individual, com algoritmo retirado de Krebs (1989), usando uma função log Gamma para cálculo dos termos combinatórios e elaboradas com intervalo de 95% de confiança no programa PAST (Hammer *et al.* 2001).

O teste t de diversidade, também executado no programa PAST, foi rodado no intuito de comparar a diversidade entre os dois anos de amostragem, usando os índices de Shannon e Simpson. As comparações focaram a diversidade entre anos consecutivos nas matas de galeria, nos cerrados *sensu stricto*, bem como na totalidade de capturas ocorridas nas duas fitofisionomias.

Para a demonstração da expansão espacial de *Drosophila suzukii*, um mapa contendo as coordenadas geográficas das 30 unidades amostrais foi construído no programa Quantum GIS (QGIS Development Team 2009).

Para avaliar se o conceito de "suficiência taxonômica" poderia ser utilizado, foi feita uma matriz de grupo/gêneros usando, para os Drosophilidae coletados, os treze grupos de espécies do gênero *Drosophila* e mais um não agrupado representado por *Drosophila flexa*, bem como os três outros gêneros, *Rhinoleucophenga*, *Scaptodrosophila*, *Zaprionus*, cada qual representado por apenas uma espécie. Esta matriz de grupos/gêneros foi comparada com a matriz de espécies entre os dois anos de amostragem, para as matas de galeria, para os cerrados *sensu stricto* e para as duas fitofisionomias conjuntamente (mata + cerrado) utilizando o teste de Mantel feito na plataforma de programação R (R Core Team 2015), usando o pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2015). Foram utilizados dados de abundância total, transformados em $\log + 1$, usando o índice de similaridade de Bray-Curtis. Esta análise é um teste por permutação, neste caso 9999, para a correlação entre duas matrizes de similaridade.

Como a maior riqueza e abundância de Drosophilidae se concentrou no período chuvoso, uma Sérição (Seriation), utilizando uma matriz de ausência e presença (0/1) usando o algoritmo descrito por Brower & Kile (1988) foi feita agrupando os meses homônimos dentro do período total do estudo (2013-2015) para determinar se este padrão poderia ser devido ao acaso. O modo "restrito" (*constrained*) do programa PAST, empregado nesta análise, roda uma simulação de Monte Carlo com trinta aleatorizações matriciais, comparando-as à original. Se esta simulação for significativa, a matriz inicial é mais informativa do que as geradas de forma aleatória, mostrando que a distribuição é montada de maneira determinística. Para promover uma visualização mais nítida da distribuição temporal das espécies, a matriz de dados gerada pelo programa (originalmente na diagonal) foi reorganizada dispondo as espécies conforme o número de meses em que ocorreram capturas.

Uma Análise de Correspondência Destendenciada (*Detrended Correspondence Analysis* - DCA) foi feita apenas como auxílio gráfico a interpretação dos dados ecológicos. Esta técnica foi gerada a partir do agrupamento de valores da abundância total de cada espécie

unificando os dois períodos (2013-2015) em seus meses homônimos. A DCA feita promoveu tanto uma ordenação das espécies quanto das amostras que, neste caso, foram os meses de captura, permitindo, assim, a visualização da importância relativa do período de coleta para cada espécie identificada. A DCA do programa utilizado (PAST) usa o algoritmo de Decorana (Hill & Gauch 1980) modificado de acordo com Oxanen & Minchin (1997).

A β -diversidade utilizada foi a Whittaker, cuja fórmula é $\beta = (S/\alpha) - 1$, onde S é o número total de espécies registrado no sistema, e α é a riqueza média de espécies das amostras (Whittaker 1960). Com exceção daqueles gráficos feitos por programas específicos já mencionados, os demais foram elaborados usando o Excel.

4. Resultados e Discussão

4.1 - Distribuição de drosofilídeos

Cinquenta espécies (Tabela 1) pertencentes a quatro gêneros foram identificadas, sendo 48 encontradas em mata de galeria, com 13 associadas exclusivamente a esta fitofisionomia, e 37 registradas em cerrado *sensu stricto*, com apenas dois representantes restritos. Cerca de um quinto do total de espécies reconhecidas tiveram sua captura condicionada a um único período, sendo cinco no primeiro ano de amostragem (2013-2014) e seis no segundo (2014-2015). Portanto, se apenas um dos intervalos de tempo fosse analisado, haveria uma perda de 10 a 12% sobre a riqueza encontrada (Tabelas 2 e 3).

Os quatro gêneros de Drosophilidae reconhecidos foram *Drosophila*, *Rhinoleucophenga*, *Scaptodrosophila* e *Zaprionus*, sendo o primeiro aquele mais representativo, com 43 espécies nominais, três *affinis* e uma morfoespécie (94% da riqueza total) e 54.937 indivíduos capturados (74% da abundância encontrada). Assim, devido a esta alta relevância, houve uma separação das moscas coletadas do gênero *Drosophila* em seus respectivos subgêneros (*Dorsilopha*, *Drosophila*, *Siphlodora* e *Sophophora*) e grupos (*busckii*, *annulimana*, *calloptera*, *canalina*, *cardini*, *coffeata*, *guarani*, *immigrans*, *repleta*, *tripunctata*, *melanogaster*, *saltans* e *willistoni*) (Tabelas 2 e 3).

Considerando ainda o gênero *Drosophila*, o subgênero de maior riqueza foi o seu homônimo, com 31 espécies (66%). No entanto, apesar de ser o mais rico, contribuiu com apenas 6% para o número de capturas deste gênero. Por outro lado, o subgênero *Sophophora*, com 14 espécies (30%), ocupou a segunda posição em termos de riqueza, mas foi responsável por aproximadamente 94% de sua abundância total.

Apesar de coletas de drosofilídios serem rotineiras na RECOR (Tidon 2006, Mata *et al.* 2008, Valadão *et al.* 2010, Mata & Tidon 2013, Roque *et al.* 2013, Mata *et al.* 2015), dois

registros são novos para o bioma Cerrado, *Drosophila aldrichi* (Patterson & Crow 1940) e *Drosophila piratininga* (Ratcov & Vilela 2007). Além destas, a morfoespécie identificada como Spp.r.1 é provavelmente, uma nova espécie e deverá ser descrita futuramente.

Tanto *Drosophila aldrichi* quanto *D. piratininga* são espécies nativas da região Neotropical. *D. aldrichi* faz parte do grupo *Drosophila repleta*, sendo uma espécie restrita a *Opuntia spp.* (Caryophyllales, Cactaceae) em decomposição. *D. aldrichi* pode ser encontrada no Deserto de Sonora, EUA, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela, porém são também encontradas em outras zonas biogeográficas (estando presentes, por exemplo, na Austrália). No Brasil, ela já foi capturada nos Estados do Amazonas, Mato Grosso, Pará, Paraná e Rio Grande do Sul (Bächli 2015). *D. piratininga* pertence ao grupo *Drosophila canalinea* proposto por Wheeler (1957). Esta espécie só foi encontrada em São Paulo, onde foi descrita (Ratcov & Vilela 2007), no Rio Grande do Sul (Garcia *et al.* 2012) e Santa Catarina (Döge *et al.* 2008).

O número de drosofilídeos capturados, nas doze coletas realizadas entre outubro de 2013 e agosto de 2015, totalizou 74.362 indivíduos. No primeiro ano de amostragem foram contabilizados 36.877 espécimes, 20.763 (56%) provenientes de mata de galeria e 16.114 (44%) de cerrado *sensu stricto*. No segundo ano foram capturados 37.485 drosofilídeos, 24.705 (66%) em mata de galeria e 12.780 (34%) em cerrado *sensu stricto* (Tabelas 2 e 3).

Estes resultados são divergentes daqueles obtidos em coletas anteriores, inclusive na mesma área, onde a maior abundância foi encontrada no cerrado *sensu stricto* e não em mata de galeria (Tidon 2006, Mata & Tidon 2013). Diversos fatores podem ter agido de forma sinérgica na condução do aumento ocorrido na abundância de drosofilídios da mata de galeria durante o segundo ano de amostragem, incluindo mudanças macro e microclimáticas e disponibilidade de recursos (Wolda 1988).

Das 50 espécies identificadas ao longo dos dois anos de amostragem, 22% (11) são exóticas e 78% (39) são nativas. A maior parte das espécies exóticas a região neotropical encontradas pertence ao grupo *Drosophila melanogaster*, sendo do subgênero *Sophophora*, gênero *Drosophila* (*D. ananassae*, *D. kikkawai* AFF, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans* e *D. suzukii*). Além destas, pertencem ao mesmo gênero *D. immigrans*, *D. hydei* (subgênero *Drosophila*) e *D. busckii* (subgênero *Dorsilopha*). *Drosophila melanogaster* e *Drosophila busckii* se relacionaram restritamente a uma única fitofisionomia, sendo apanhadas, respectivamente, em mata de galeria e cerrado *sensu stricto*. Apenas duas espécies são representadas por gêneros distintos ao *Drosophila*, *Zaprionus indianus* e *Scaptodrosophila latifasciaeformis*.

No entanto, apesar destas 11 espécies exóticas representarem menos de um quarto da riqueza coletada, sua abundância total corresponde a 40% de todos os indivíduos analisados. Se apenas as capturas registradas no cerrado *sensu stricto* forem levadas em consideração, essa porcentagem sobe para 77%, principalmente devido à presença de *Zaprionus indianus*. Porém, apesar da dominância de drosofilídeos exóticos em áreas abertas do Cerrado, em matas de galeria este número equivale a apenas 10%.

As curvas de rarefação ilustram a variação na riqueza e abundância de drosofilídeos nas formações florestais e savânicas. Foram consideradas as escalas mensal (cada coleta), anual (um ano de amostragem) e total (dois anos). Quando o número de espécies foi analisado por coleta (Figuras 4 e 5), o cerrado *sensu stricto* mostrou uma tendência maior à estabilização das curvas do que as matas de galeria. O fato que pode ter colaborado com tal tendência nesta escala é a dominância, em termos de abundância, de espécies introduzidas e/ou generalistas de ampla distribuição. Em mata de galeria, formação que abriga uma grande quantidade de espécies endêmicas, ocorre o inverso, com muitas destas contando com um ou dois indivíduos por coleta, dificultando, assim, o alcance do platô.

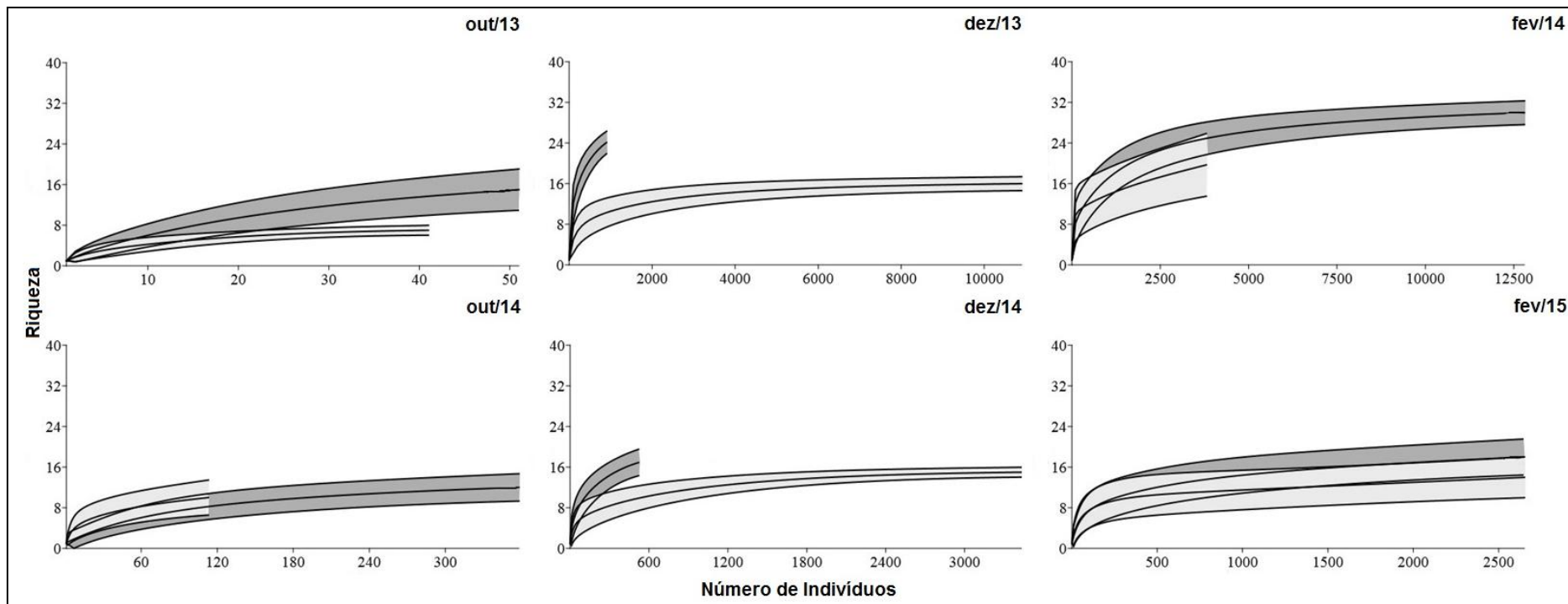


Figura 4. Curvas de rarefação com intervalo de confiança de 95% para outubro, fevereiro e abril dos dois anos de coletas. O cinza escuro corresponde à mata de galeria e o cinza claro ao cerrado *sensu stricto*.

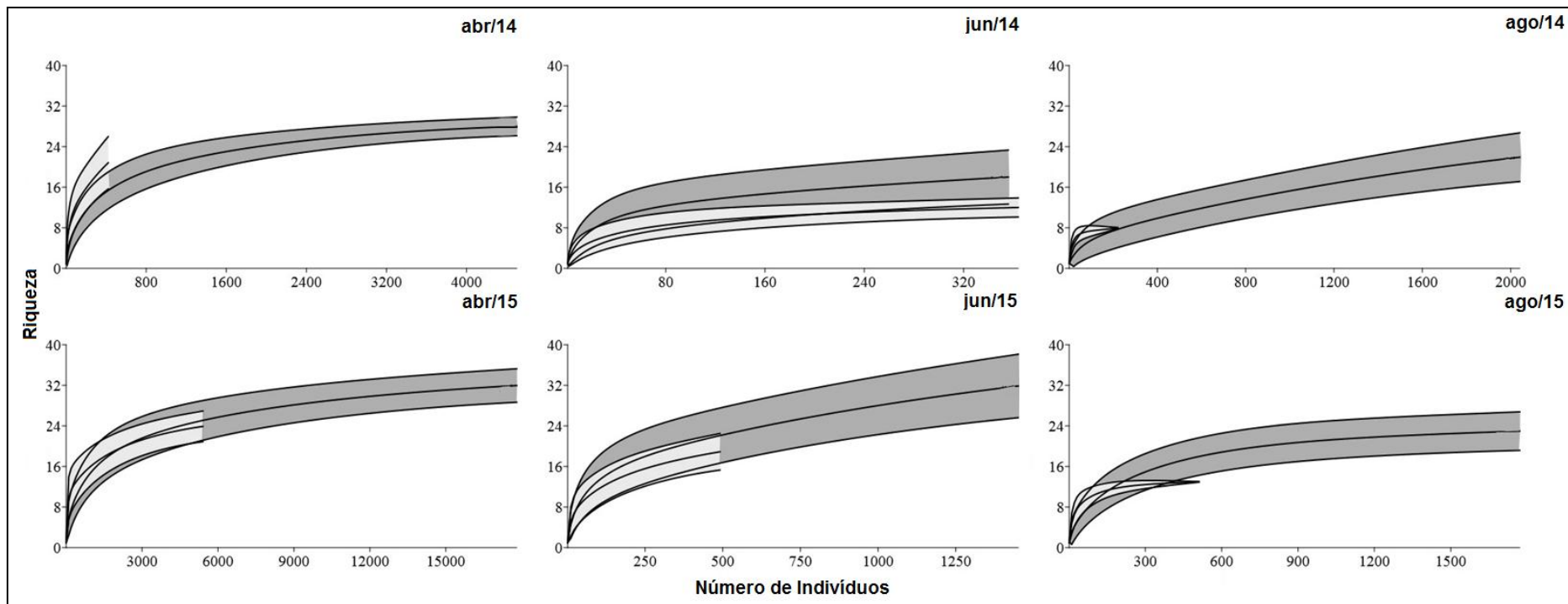


Figura 5. Curvas de rarefação com intervalo de confiança de 95% para abril, junho e agosto dos dois anos de coletas. O cinza escuro corresponde à mata de galeria e o cinza claro ao cerrado *sensu stricto*.

Considerando a escala anual, a mata de galeria se aproximou relativamente mais da assíntota no primeiro ano (2013-2014), mas no cerrado *sensu stricto* isto ocorreu no segundo ano (2014-2015). Vale ressaltar que, considerando as mesmas fitofisionomias, as curvas tiveram maior tendência a estabilização no ano de amostragem onde a abundância de drosofilídeos foi menor (Figura 6).

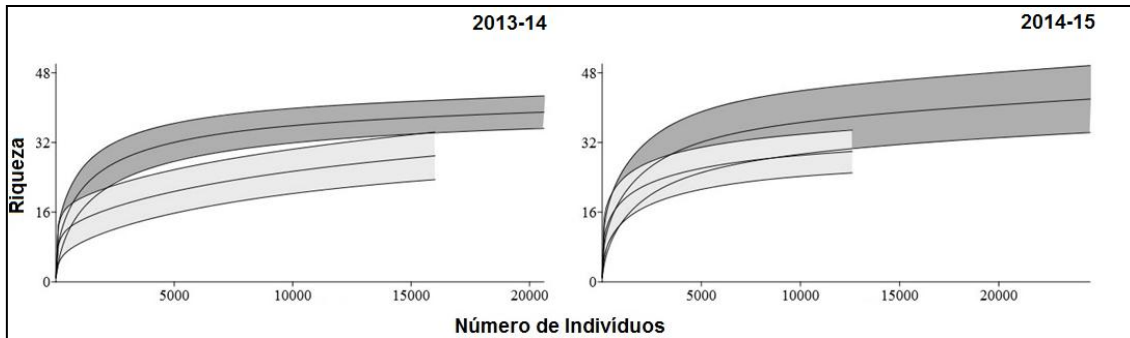


Figura 6. Curvas de rarefação com intervalo de confiança de 95% para cada ano de coleta (período 2013-2014 e 2014-2015). O cinza escuro corresponde à mata de galeria e o cinza claro ao cerrado *sensu stricto*.

Quando os dois anos de amostragem são agrupados, ocorre a tendência contrária da observada na análise vista por coleta. A mata de galeria se aproxima mais da estabilização assintótica do que o cerrado *sensu stricto* (Figura 7). Esta inversão pode ser explicada pelo número de espécies com um único representante, menor em mata de galeria (cinco) do que em cerrado *sensu stricto* (nove). Assim, é interessante perceber que os resultados são distintos dependendo da escala temporal de análise (Tabelas 2 e 3).

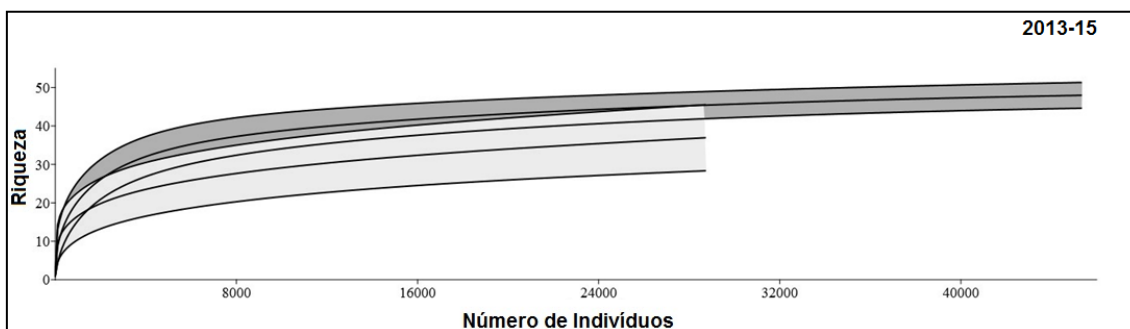


Figura 7. Curvas de rarefação com intervalo de confiança de 95% para os dois anos de coletas (outubro de 2013 a agosto de 2015). O cinza escuro corresponde à mata de galeria e o cinza claro ao cerrado *sensu stricto*.

Um estimador informativo para avaliar a flutuação temporal de drosofilídeos é a proporção entre as categorias de espécies nativas e exóticas a região neotropical. A análise da abundância relativa destes agrupamentos pode ser usada como base para a comparação dos dados em monitoramentos. Assim, se a proporção entre estes dois grupos de espécies for bem estabelecido para o período amostrado, o pesquisador poderá comparar sua série temporal com aquela normatizada e inferir, por exemplo, grau relativo de perturbação.

De forma geral, a análise revelou uma estacionalidade muito marcada de abundância total nos meses chuvosos (dezembro, fevereiro e abril), com populações explosivas de alta dominância, sendo a maioria correspondente a espécies nativas na mata de galeria e a espécies exóticas no cerrado *sensu stricto*. Estes dados podem gerar reflexões futuras a respeito do motivo pelo qual as formações florestais são menos suscetíveis a dominância por exóticas neste período, mesmo em ambientes não prístinos, como a Unidade de Conservação de estudo, onde um incêndio de grandes proporções atingiu quase a totalidade de sua área no ano de 2011. Uma das possíveis explicações poderia se basear na teoria da resistência biótica (Elton 1958), que é descrita como a habilidade que as espécies residentes de uma comunidade possuem, através de suas interações, mais complexas quanto maior for a riqueza, em reduzir o sucesso das invasoras, como, por exemplo, restringindo sua abundância em determinada área (Levine *et al.* 2004).

Como *Zaprionus indianus* foi a espécie exótica mais abundante optou-se por colocá-lo em uma categoria a parte das demais (Figura 8). Trabalhos focando a diferença na abundância de *Zaprionus indianus* em fitofisionomias distintas, bem como em ambientes antropizados, vem mostrando que esta espécie pode ser útil como um indicador de áreas perturbadas (Tidon *et al.* 2003, Ferreira & Tidon 2005, Silva *et al.* 2005b).

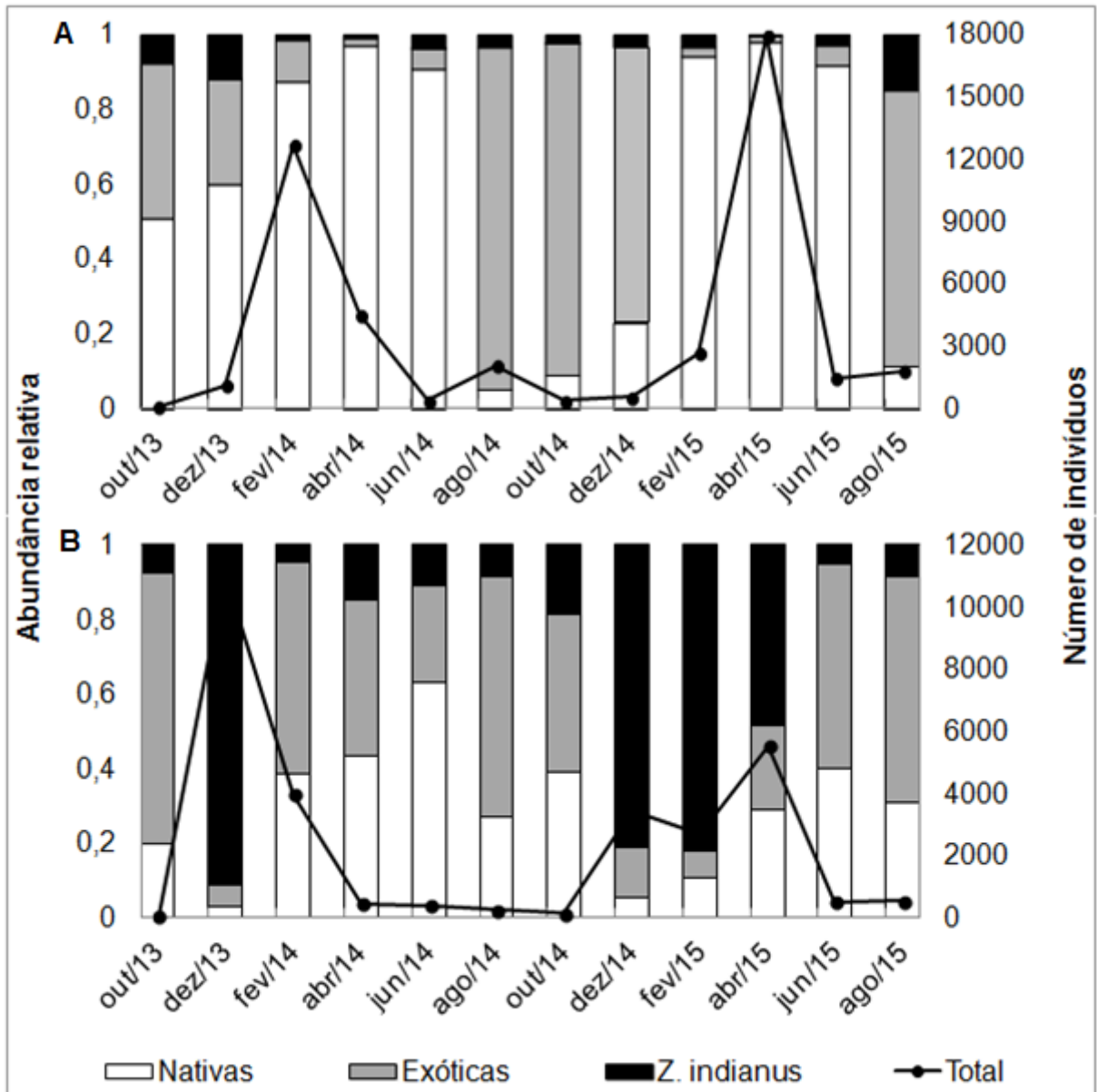


Figura 8. Abundância relativa (barras) de espécies nativas, exóticas e *Zaprionus indianus* em relação ao número total de indivíduos capturados (linha) na (A) mata de galeria e no (B) cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015.

A abundância relativa das espécies nativas aumentou cerca de 8% no segundo ano de amostragem, na mata de galeria (de 80% para 88%), e cerca de 5% no cerrado *sensu stricto* (de 14% para 19%) (Figura 9). Uma série temporal mais longa seria necessária para o estabelecimento da proporção normativa entre espécies nativas e exóticas na área de estudo.

Assim, a continuidade das coletas é essencial para que drosofilídeos possam ser utilizados para fins de monitoramentos no Cerrado.

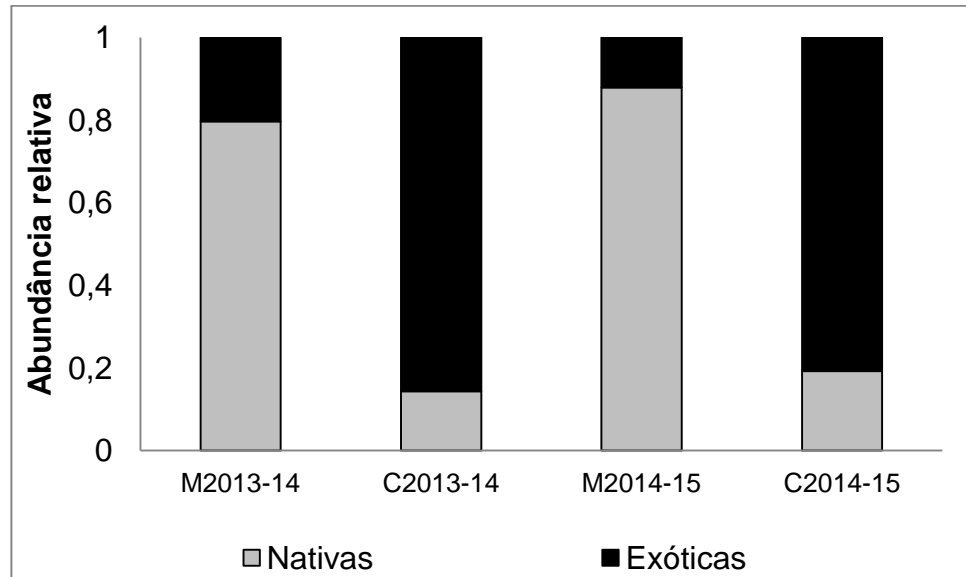


Figura 9. Abundância relativa de drosofilídeos nativos e exóticos em mata de galeria (M2013-14 e M2014-15) e no cerrado *sensu stricto* (C2013-14 e C2014-15) da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR).

A flutuação temporal da abundância relativa dos principais grupos de drosofilídeos é apresentada na Figura 10. O gráfico individualiza os três grupos mais numerosos do gênero *Drosophila* (grupos *Drosophila melanogaster*, *D. saltans* e *D. willistoni*, todos pertencentes ao subgênero *Sophophora*) e a espécie *Zaprionus indianus*, que representa cerca de um quarto de todos os indivíduos coletados. As demais espécies de *Drosophila* foram agrupadas com as dos gêneros *Rhinoleucophenga* e *Scaptodrosophila* e intituladas como “outras”.

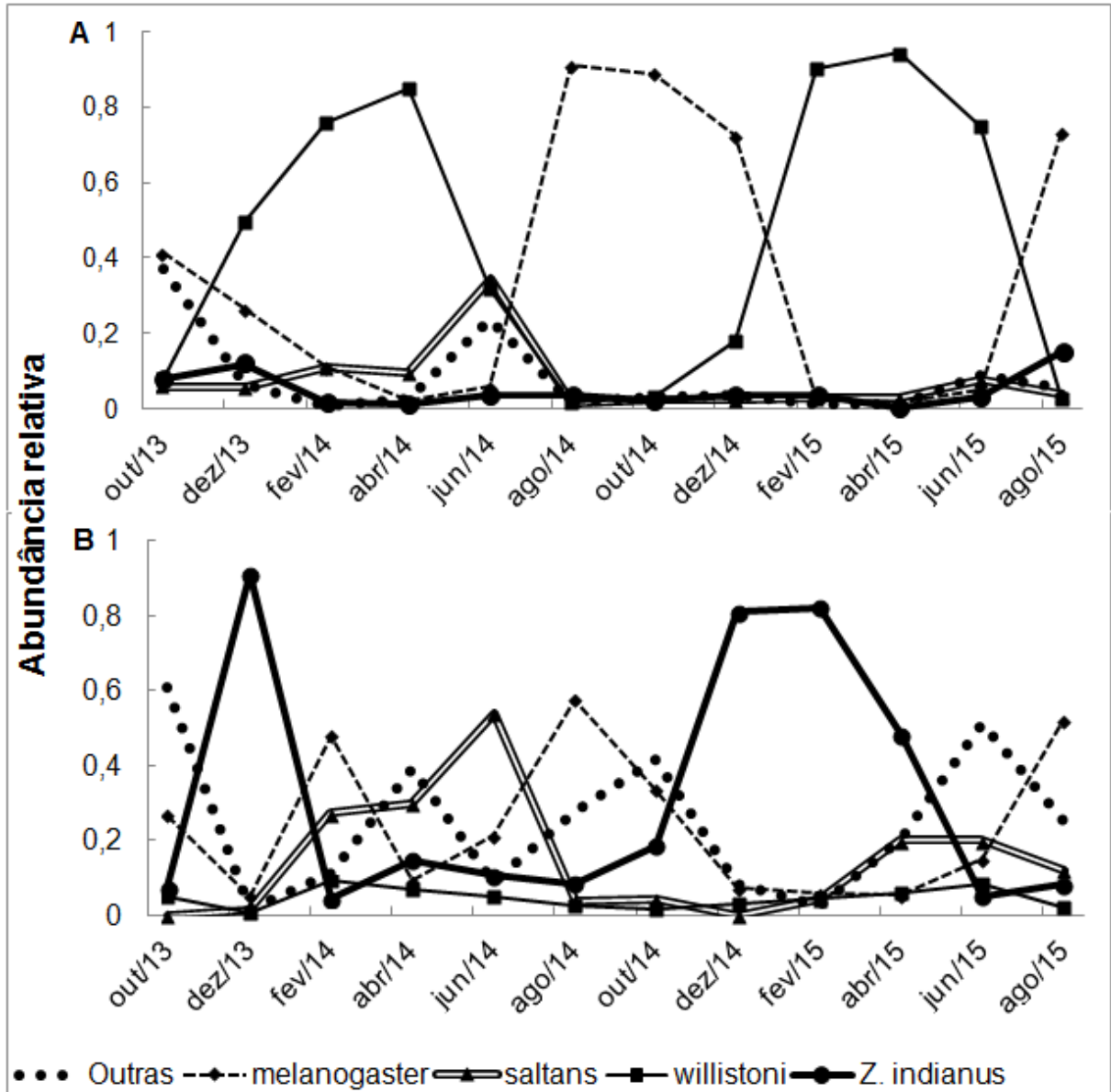


Figura 10. Flutuação temporal da abundância relativa de *Zaprionus indianus* e dos grupos do gênero *Drosophila* mais representativos em (A) mata de galeria e (B) cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015.

É interessante perceber que, tanto para áreas florestais quanto savânicas do Cerrado, os picos de abundância relativa das categorias analisadas se formam entre os cumes das demais. Este padrão geral, que, neste caso, independe das espécies agrupadas na análise, assemelha-se a um evento sucessional. Tilman (1985) em sua hipótese da razão de recurso, já havia proposto para plantas que a sucessão, ou seja, a mudança na dominância de

determinadas espécies ao longo da escala temporal, ocorria devido à trajetória de disponibilidade de recursos limitantes. Segundo este autor, a sucessão pode se repetir inúmeras vezes se a trajetória de recursos também retornar à posição inicial.

Processos determinísticos que geram *trade-offs* sob diferentes fatores ambientais - favorecendo certas espécies em determinadas condições e desfavorecendo em outras (Tilman 1985, Leibold *et al.* 2004) - são o centro da dinâmica "Species Sorting" em meta comunidades. Assim, seria bastante razoável pensar que este poderia ser o tipo de processo por trás do padrão sucessional aqui encontrado, já que drosofilídeos se alimentam principalmente de leveduras e bactérias presentes em material vegetal em decomposição (Carson 1971), especialmente frutos, e estes recursos se tornam disponíveis seguindo uma escala temporal. Desta maneira, a sucessão na disponibilidade do recurso seria acompanhada pelas espécies, pois estas possuem o ciclo de vida rápido e baixa longevidade, geralmente um ou dois meses. Sendo assim, cada espécie potencialmente poderia ser melhor competidora em uma determinada razão de recurso limitante, seguindo a variação sazonal de sua disponibilidade dentro do bioma.

No entanto, este não parece ser o evento que está ocorrendo com a comunidade aqui analisada. Ao relativizar a abundância, a queda brusca no número de indivíduos coletados (Figura 9) é mascarada. Considerando que quase todas as espécies presentes na estação seca também ocorrem nos meses chuvosos, o evento sucessional aqui encontrado parece se relacionar mais à ausência de fatores ambientais (condições e recursos) propícios para maioria das espécies durante os meses de estiagem.

4.1.1 - Variação interanual na distribuição de espécies

Quando apenas o número final de drosofilídeos é considerado, cada ano de coleta contribuiu aproximadamente com 50% da amostragem. No entanto, existiram diferenças

interanuais na distribuição da abundância total e/ou pico numérico quando a análise leva em consideração a identidade das espécies que compõe a assembleia.

Zaprionus indianus foi à espécie exótica mais presente nas coletas, correspondendo a 26% da abundância total de drosofilídeos capturados. Esta mosca foi introduzida no Brasil em 1999 e se tornou uma peste para a produção de figo (*Ficus carica*) recebendo, por isto, o nome de mosca do figo (Vilela 1999). No mesmo ano de sua introdução a espécie foi coletada no Cerrado (Tidon *et al.* 2003), sendo muito representativa em termos numéricos no bioma desde então.

Zaprionus indianus é o drosofilídeo mais diverso ecologicamente da fauna Afro-tropical (Yassin & David 2010). É uma espécie generalista que usa uma grande variedade de frutos endêmicos, ou introduzidos para fins comerciais, como sítio de criação e oviposição (Schmitz *et al.* 2007). A grande versatilidade no uso de áreas fora de sua área de distribuição natural (Mata *et al.* 2010b) e a similaridade com a região Afro-tropical, sua zona de origem, são, provavelmente, os fatores responsáveis por fazer com que *Z. indianus* seja um competidor mais efetivo em áreas savânicas e campestres do Cerrado. Corroborando com esta ideia, dos 19.113 espécimes capturados, 18.161 (95%) foram provenientes do cerrado *sensu stricto* e apenas 952 (5%) vieram de mata de galeria (Tabela 3).

O pico populacional de *Zaprionus indianus* no primeiro ano de amostragem ocorreu em dezembro de 2013 no cerrado *sensu stricto* (10.104 indivíduos) e em fevereiro de 2014 (199 indivíduos) na mata de galeria. No entanto, mesmo sabidamente tendo preferência por áreas abertas (Tidon *et al.* 2003), o montante de indivíduos capturados em dezembro foi surpreendente, correspondendo a 97% do total de capturas desta espécie para a fitofisionomia e 93% quando a mata de galeria foi incluída na análise. Apenas em termos comparativos, a contribuição máxima de um único mês de coleta para o montante final desta espécie no segundo ano de coletas foi de 34%, também ocorrido no mês de dezembro.

No segundo ano de amostragem, o pico populacional de *Zaprionus indianus* não foi tão evidente. A espécie foi muito abundante nos meses de dezembro, fevereiro e abril, concentrando 99% dos exemplares capturados no cerrado *sensu stricto*. Cada um destes meses contribuiu de forma aproximadamente equitativa, somando, respectivamente, 2.802, 2.191 e 2.671 ao montante final de 7.755. Resultados que corroboram outros trabalhos que fazem alusão a maior abundância desta espécie em períodos quentes e chuvosos (Castro & Valente 2001, Silva *et al.* 2005b, De Toni *et al.* 2007).

As coletas de junho e agosto nesta fisionomia não contribuíram significativamente para a captura de *Zaprionus indianus*, proporcionando apenas 26 e 44 indivíduos. Na mata de galeria, entretanto, o pico populacional da espécie foi em agosto, com 268 espécimes coletados, sugerindo uma migração das áreas abertas para as florestais após abril (Figura 11). A permanência de *Z. indianus* em mata de galeria no mês de agosto pode ter sido favorecida pela diminuição drástica na abundância total de espécies nativas, principalmente *Drosophila willistoni*, ocorrida no mês de junho.

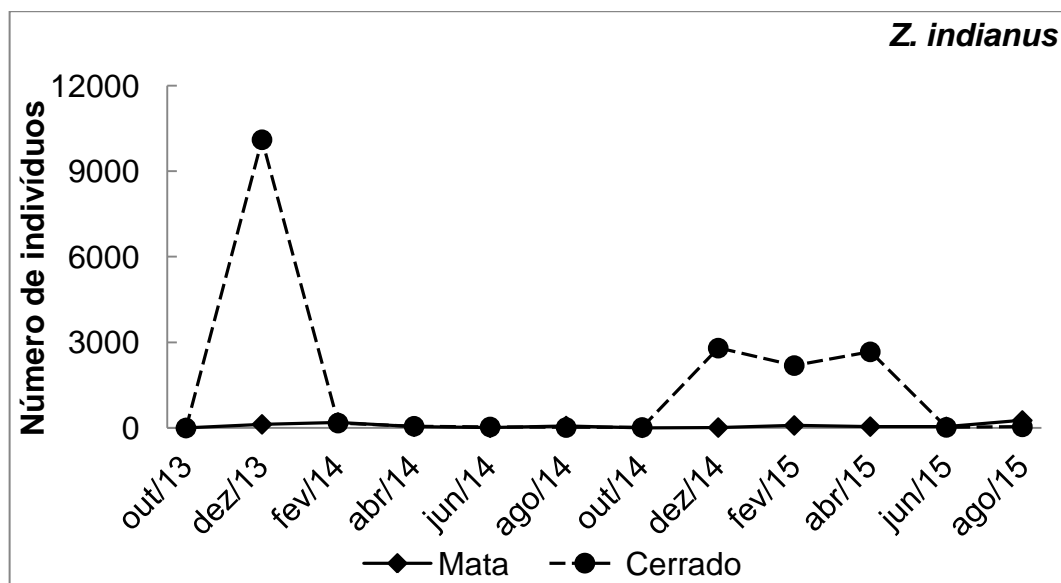


Figura 11. Abundância total de *Zaprionus indianus* na mata de galeria e cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015.

Com relação às espécies nativas da região Neotropical, *Drosophila willistoni* foi a mais abundante, com 22.445 espécimes coletados, correspondendo a 30% de todos os indivíduos capturados (nativas + exóticas). Porém, de forma inegável, esta mosca se relaciona quase que restritamente a fitofisionomia florestal e a períodos chuvosos: 98% dos seus representantes foram encontrados em mata de galeria, sendo que destes, 96% das capturas ocorreram nos meses de dezembro, fevereiro e abril, identificados como chuvosos.

A abundância de *Drosophila willistoni* foi maior no segundo ano de amostragem, do que no primeiro: com um total de espécimes coletados de 13.938 e 8.507, respectivamente. Esta diferença se relaciona principalmente a um aumento considerável nos meses de abril e junho, quando ocorreu um crescimento de 6,6 e 8,9 vezes no número de indivíduos, em relação ao ano anterior (Figura 12).

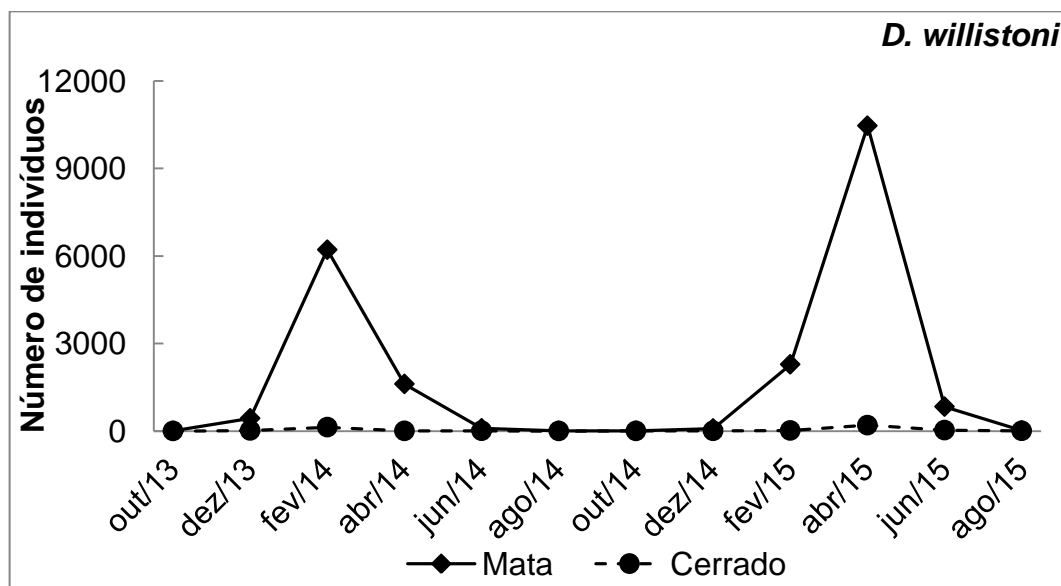


Figura 12. Abundância total de *Drosophila willistoni* na mata de galeria e cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015.

Outro caso de grande divergência numérica entre os períodos analisados foi o ocorrido com a espécie exótica *Drosophila malerkotliana*. No primeiro ano de amostragem, o

pico populacional desta espécie ocorreu em fevereiro, tanto na mata de galeria quanto no cerrado *sensu stricto*, com 2.586 indivíduos. No segundo ano este número caiu drasticamente para apenas 93 espécimes registrados neste mês. Em verdade, o número total de *D. malerkotliana* foi apenas de 648 para todo segundo ano de coleta (Figura 13).

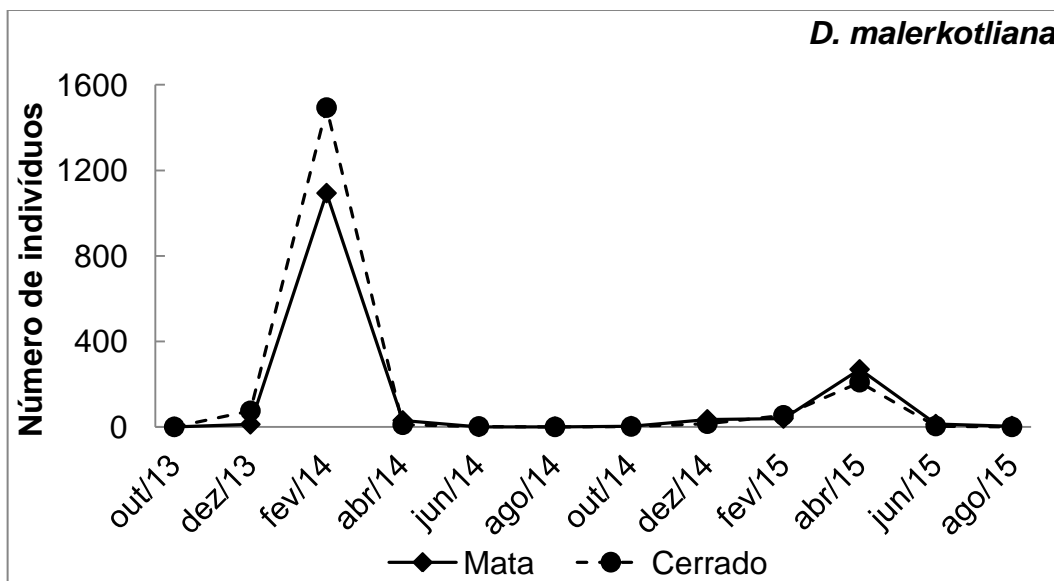


Figura 13. Abundância total de *Drosophila malerkotliana* na mata de galeria e cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015.

As espécies que flutuaram de forma divergente entre os períodos avaliados e que tiveram grande representatividade numérica (acima de 500 indivíduos capturados no total) estão representadas graficamente (Figura 14). *Drosophila cardini* e *D. mercatorum* são representantes do subgênero *Drosophila*, se relacionam quase que estritamente a ambientes savânicos e são mais abundantes nos meses chuvosos. Considerando, portanto, apenas o cerrado *sensu stricto*, as duas espécies apresentaram pico populacional em fevereiro de 2014, no primeiro ano de amostragem (n=309 e n=74, respectivamente), mas no ano seguinte houve declínio populacional justamente neste mês, com um aumento subsequente em abril de 2015 (n=829 e n=125).

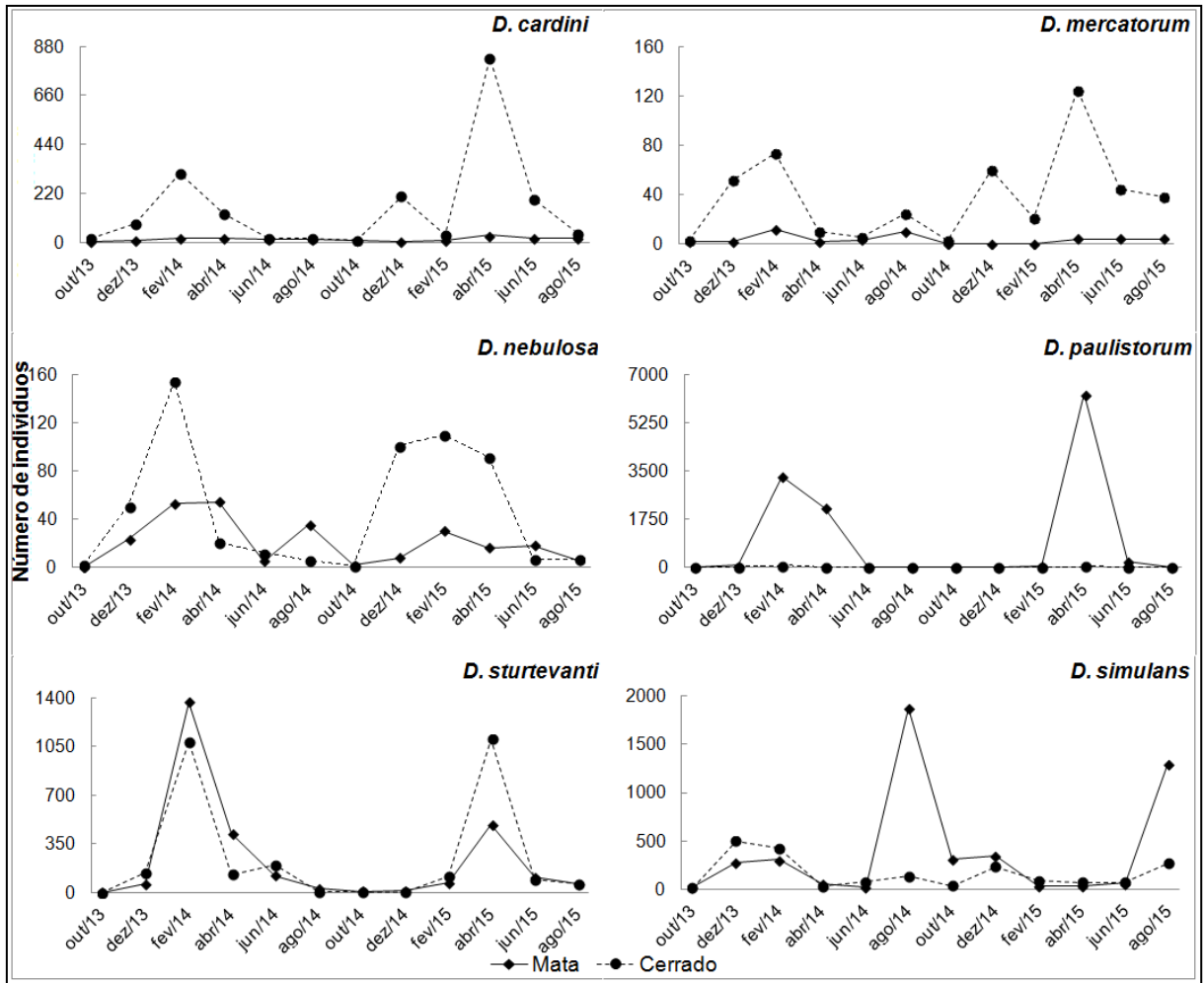


Figura 14. Abundância total das espécies mais comuns do gênero *Drosophila* ($n > 500$) na mata de galeria e cerrado *sensu stricto*, em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015, na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR).

O aumento da abundância total de *Drosophila cardini* e *D. mercatorum* no segundo ano de amostragem pode estar associado à queda acentuada na abundância de *Zaprionus indianus* nesta janela temporal de análise. Considerando que *Z. indianus* possui igualmente uma estreita ligação com as áreas savânicas onde coocorrem *D. cardini* e *D. mercatorum*, a queda numérica da primeira espécie pode ter se configurado em uma possível diminuição na competição interespecífica por recursos.

Drosophila nebulosa, *D. paulistorum*, *D. simulans* e *D. sturtevantii*, são do subgênero *Sophophora*. *D. nebulosa* apresentou três picos populacionais nas matas de galeria: dois na

estação chuvosa e um na estação seca. Considerando que esta espécie se relaciona mais a áreas savânicas do Cerrado, o pico populacional visto em agosto de 2014, que não foi seguido em agosto de 2015, pode ter sido uma indicação de dispersão das áreas de cerrado *sensu stricto* para as áreas nas matas de galeria em busca de condições mais propícias para a sua sobrevivência neste período.

Nas regiões de cerrado *sensu stricto*, a abundância de *Drosophila nebulosa* aumentou no período chuvoso nos dois anos de amostragem. No primeiro, o pico populacional foi registrado em fevereiro, com 154 indivíduos capturados, correspondendo a 68% do montante para os meses de chuva. No segundo ano de amostragem não houve um pico evidente de capturas, com os meses de dezembro (n=101), fevereiro (n=110) e abril (n=91) contribuindo de forma equitativa (34%, 36% e 30%, respectivamente).

As espécies crípticas *Drosophila paulistorum* e *D. willistoni* flutuaram de forma similar, com *D. paulistorum* seguindo o mesmo padrão já descrito para *D. willistoni* (Figura 13). Possuindo uma relação negativa com as duas espécies acima, *Drosophila simulans*, provavelmente originária da região Afro-tropical (Lachaise *et al.* 1988), possuiu pico populacional entre os cumes formados pelas moscas do subgrupo *Drosophila willistoni*, padrão já bastante conhecido. Apesar da maior abundância de *D. simulans* ter ocorrido em agosto nos dois anos de amostragem, seu número decresceu de 3.726 para 2.872. A queda do número de capturas para esta espécie no segundo ano pode estar relacionada com o aumento das moscas do subgrupo *Drosophila willistoni* neste mesmo espaço de tempo, o que pode ter impactado negativamente o início da expansão de *D. simulans*.

Para *Drosophila sturtevantii*, o período chuvoso também foi o de maior abundância nas duas fitofisionomias avaliadas. No entanto, parece ter havido um retardo em relação aos seus picos populacionais, com maior número de capturas ocorrendo em fevereiro de 2014 (mata n=1.368; cerrado n=1.085) e em abril de 2015 (mata n=486; cerrado n=1.102). Nas

matas de galeria, a abundância desta espécie diminuiu drasticamente no segundo ano de amostragem, que registrou apenas 27% do total de capturas (n=754). No cerrado *sensu stricto*, por outro lado, o número de indivíduos capturados foi mais similar no primeiro (n=1562, 53%) e segundo (n=1386, 47%) anos de amostragem.

A variação na abundância e a não coincidência temporal dos picos populacionais entre os dois anos de amostragem mostrou que os dois períodos se comportaram de maneira diferente quanto à distribuição de drosofilídeos ao longo dos meses.

4.1.2 - Variação interanual na diversidade

Os dois anos de amostragem revelaram diferenças significativas nos índices de Shannon e Simpson (Tabela 5). Estes dados mostraram uma queda geral na diversidade entre os dois anos. A separação por fitofisionomia, no entanto, foi importante para relacionar o resultado a formação por ele responsável: mata de galeria, cerrado *sensu stricto* ou de ambos. Neste caso, a diminuição geral na diversidade ocorrida no ano dois se relacionou apenas a queda deste parâmetro na formação florestal, já que a formação savânica mostrou um padrão inverso, ou seja, um aumento relativo na diversidade.

Estes resultados estão intimamente relacionados com um aumento na dominância de *Drosophila willistoni* em mata de galeria e a uma queda na mesma métrica para *Zaprionus indianus* em cerrado *sensu stricto* no segundo ano de coleta (Tabelas 1 e 2). Sabendo que os índices de Shannon e Simpson priorizam, respectivamente, espécies raras e comuns, podemos concluir que o aumento do primeiro e a diminuição do segundo equivalem a uma elevação na diversidade. Assim, o estudo de apenas um ano poderia levar a conclusões imprecisas a respeito da diversidade da área, sendo necessário um período mais longo de amostragem para que a norma possa ser encontrada.

Tabela 5. Teste t de diversidade usando os índices de Shannon *H* e Simpson *D* comparando os dois anos de amostragem (2013-2014 e 2014-2015) para áreas de mata de galeria, cerrado *sensu stricto* e o total (mata + cerrado).

Índice de diversidade	Matas (a)(b)***		Cerrados (a)(b)***		Matas + Cerrados (a)(b)***	
	2013-14	2014-15	2013-14	2014-15	2013-14	2014-15
Shannon <i>H</i> (a)	1,6535	1,3276	1,2967	1,469	1,8983	1,8127
t		29,263		-10,818		11,088
df		45.370		26.628		72.658
Simpson <i>D</i> (b)	0,2614	0,38608	0,44306	0,39638	0,18908	0,22861
t		-39,144		7,3564		-24,632
df		43.723		27.903		67.841

p < 0,0001***

4.1.3 - Estabelecimento e expansão de *Drosophila suzukii*

Drosophila suzukii foi registrada no Cerrado pela primeira vez em dezembro de 2013 (Paula *et al.* 2014), mediante a captura de três indivíduos. Ao longo das seis coletas de 2014, foram apanhados seis espécimes, e nas primeiras quatro coletas de 2015, foram contabilizadas 37 moscas desta espécie, mais de seis vezes a abundância registrada em 2014 (Figura 15).

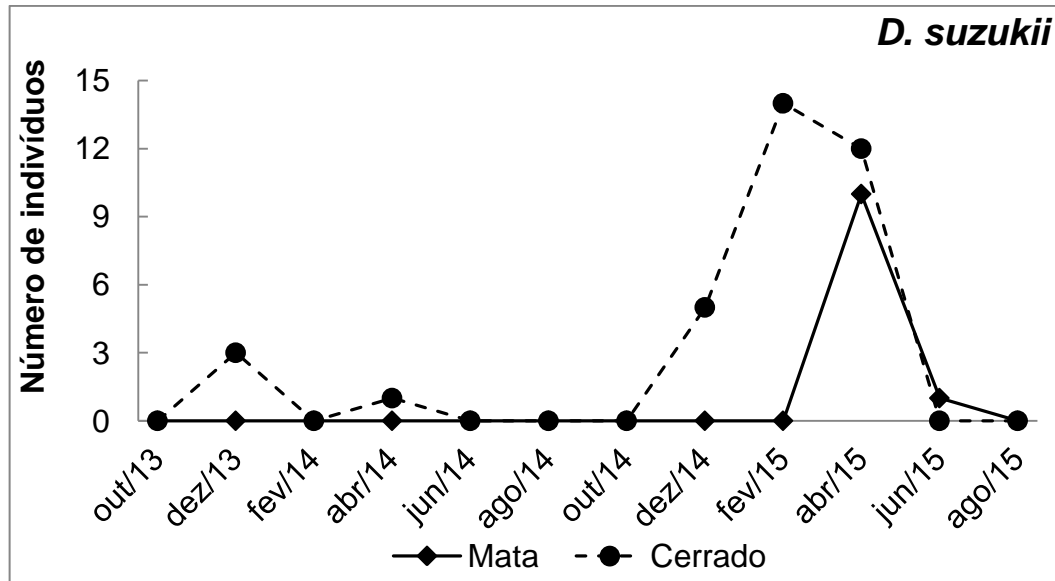


Figura 15. Abundância total de *Drosophila suzukii* na mata de galeria e cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015.

No entanto, a expansão de *Drosophila suzukii* não se deu apenas em número de indivíduos, mas também em área. Nos dois primeiros anos todos os exemplares foram provenientes do cerrado *sensu stricto*, contabilizando cinco unidades amostrais (UAs) onde as capturas ocorreram. Já no ano de 2015, houve um acréscimo de 6UAs em que esta espécie foi apanhada para as formações savânicas e a chegada da espécie em formações florestais (5UAs), com cerca de um terço do número de moscas sendo proveniente de mata de galeria (Figura 16).

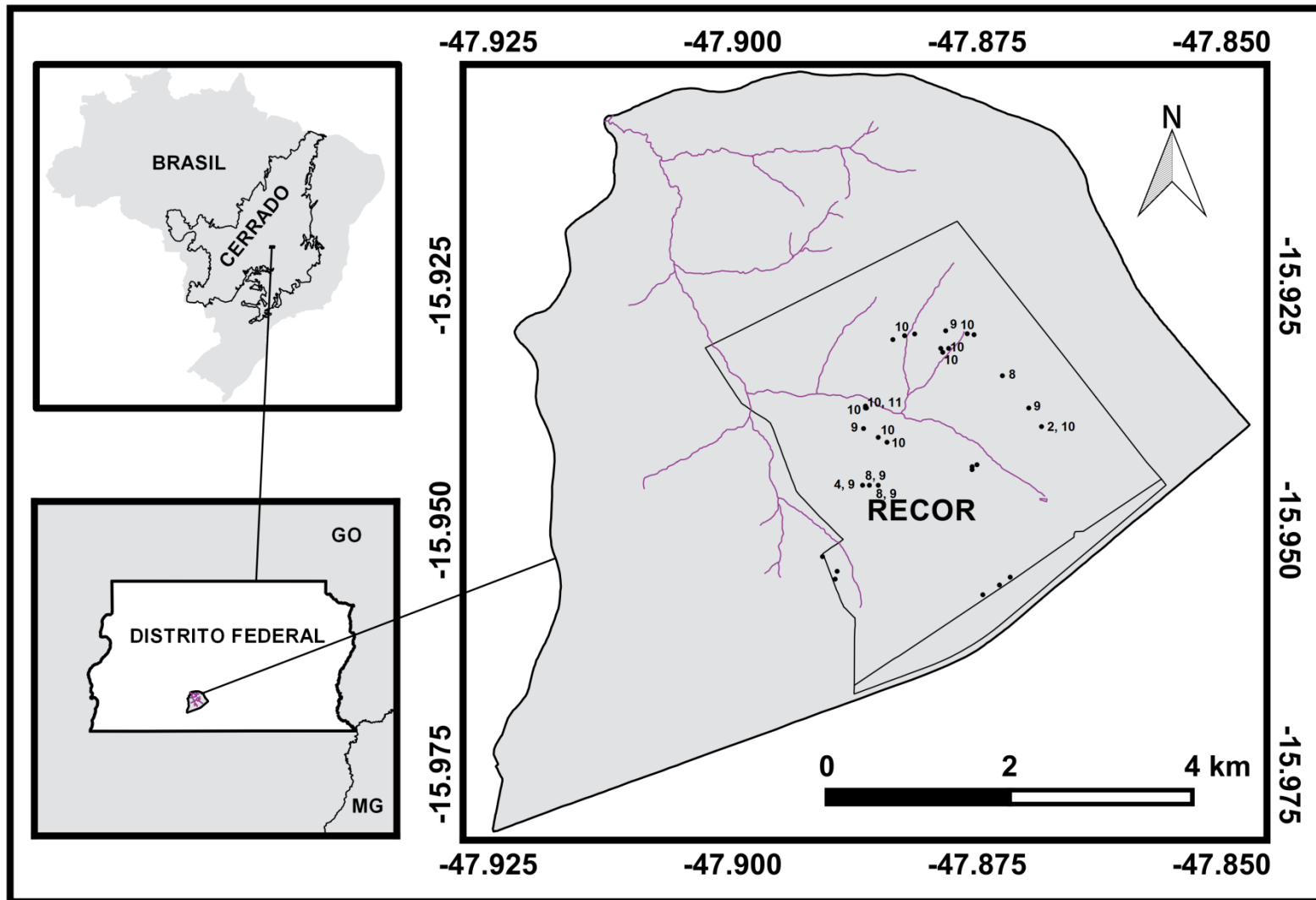


Figura 16. Mapa com os pontos onde *Drosophila suzukii* foi capturada ao longo do período amostrado. Os números correspondem à sequência das coletas em ordem cronológica (dez/13=2; abr/13=4; dez/14=8; fev/15=9; abr/15=10 e jun/15=11).

Este padrão de coocorrência em áreas florestais e savânicas do Cerrado é consistente com o observado em duas outras espécies exóticas do grupo *Drosophila melanogaster*, ao qual *D. suzukii* pertence: *D. simulans* e *D. malerkotliana*. Estas duas espécies são as mais abundantes deste grupo, correspondendo a praticamente 100% do total de capturas. Entre os drosofilídeos coletados de outubro de 2013 a agosto de 2015, *D. simulans* (n=6.598) e *D. malerkotliana* (n=3.364) foram registradas nas matas de galeria (70% e 45%, respectivamente) e no cerrado *sensu stricto* (30% e 55%) (Figura 17).

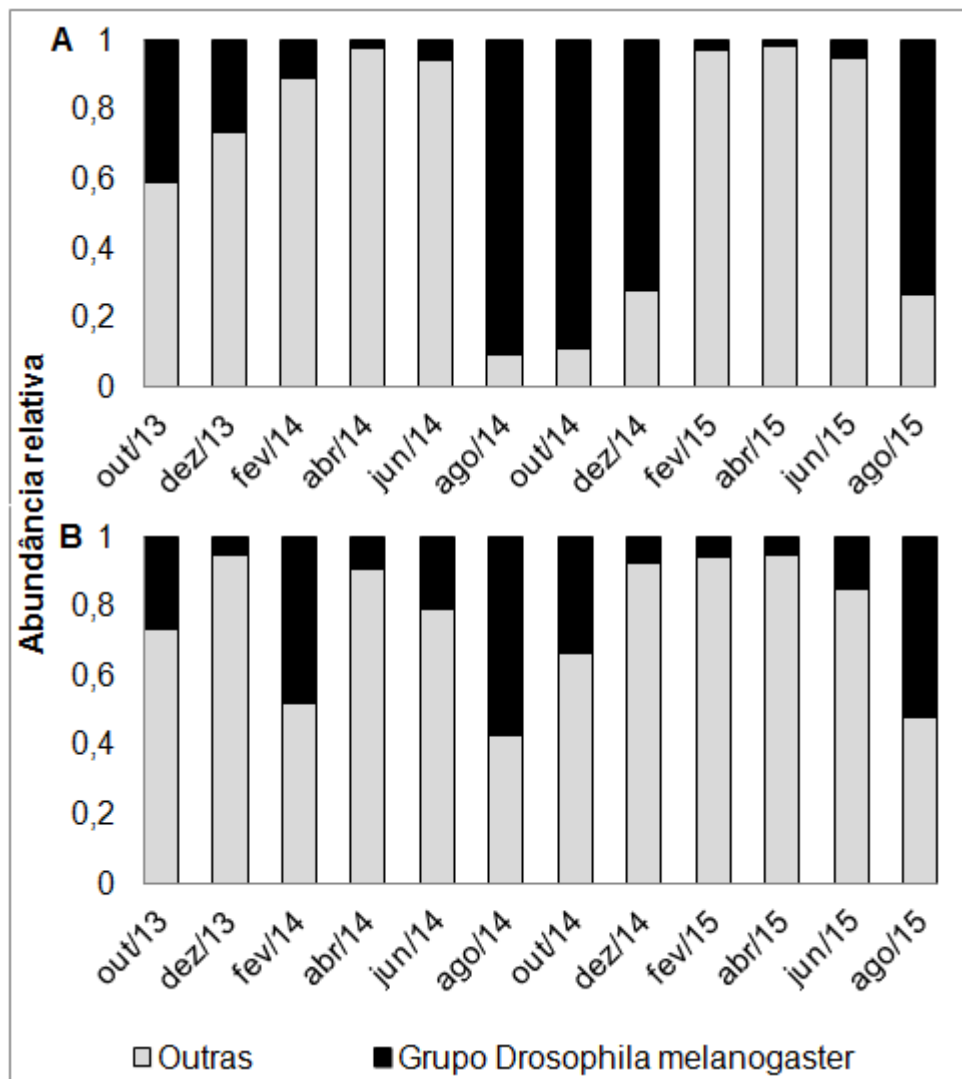


Figura 17. Comparação entre a abundância relativa do grupo *Drosophila melanogaster* e demais espécies da família Drosophilidae capturadas na (A) mata de galeria e no (B) cerrado *sensu stricto* da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em coletas bimestrais ocorridas de outubro de 2013 a agosto de 2015.

Estes dados sugerem que *Drosophila suzukii* está se estabelecendo no Cerrado. Assim, visto que esta espécie é globalmente classificada como uma peste e que o impacto que pode ocasionar nas populações residentes do bioma ainda é incerto, seu monitoramento é de grande importância para que medidas de controle possam ser efetivadas nesta nova região de possível invasão.

4.1.4 - Suficiência taxonômica de grupos e gêneros

Nas comparações entre as matrizes, o teste de Mantel apresentou resultados significativos ($p < 0,0001$, com $r > 0,91$) na análise de matas de galeria, de cerrados *sensu stricto* e nas duas fitofisionomias analisadas conjuntamente, tanto para o primeiro como para o segundo ano de amostragem. Desta maneira, o uso da categoria grupo de espécies do gênero *Drosophila* e demais gêneros da família Drosophilidae pode ser adotado como uma rota alternativa de identificação em projetos de longa duração (Tabela 6).

Tabela 6. Teste de Mantel, abundância transformada em log+1, com 9999 permutações (método de Bray-Curtis) comparando matrizes de espécies *versus* matrizes de grupos/gêneros de Drosophilidae ($p < 0,0001$ e $r > 0,91$).

	Teste de Mantel	
	2013-14	2014-15
Espécies X grupos/gêneros de mata	0,95***	0,91***
Espécies X grupos/gêneros de cerrado	0,97***	0,96***
Espécies X grupos/gêneros de mata + cerrado	0,96***	0,91***

$p < 0,0001$ ***

4.2 - Janela temporal mais representativa para a realização de coletas futuras

Uma pesquisa conduzida por Oliveira & Frizzas (2008), em que se coletou 18 ordens de insetos em uma formação florestal do Cerrado (cerradão), constatou que pico populacional da classe ocorreu na estação chuvosa. Esse padrão também foi observado na abundância total de drosofilídeos coletados no bioma em diversos estudos (Tidon *et al.* 2003, Tidon 2006, Valadão *et al.* 2010, Roque *et al.* 2013, Mata *et al.* 2015), inclusive neste trabalho.

Porém, não foi apenas a abundância que aumentou no período úmido. A análise da riqueza de drosofilídeos também mostrou que a estação chuvosa, além de sustentar 10% da riqueza total de forma exclusiva, ainda possui um número maior de espécies (47) em relação à estação seca (43). Assim, no intuito de saber se esta distribuição poderia ser atribuída ao acaso, foi realizada uma seriação restrita. Esta análise gerou uma simulação Monte Carlo significativa ($p < 0,0001$ com otimização de 0,94), indicando que existe uma determinação na distribuição associada aos meses de captura, com menos de 30% das espécies sendo encontradas ao longo de todo período de coleta (Tabela 4).

Machado e colaboradores (2016) estudando a "radiação *Drosophila tripunctata*", subgênero *Drosophila*, aquele que concentra o maior número de espécies, encontraram diversos casos de sobreposição de nicho, sugerindo um conservadorismo filogenético de nicho e não uma diferenciação de nicho no processo de especiação, como inicialmente proposto por Robe e colaboradores (2010). Assim, os fatores ambientais ótimos que governam a abundância das espécies são similares e, na presença deles, as moscas elevam seu valor adaptativo. Este acontecimento promove um crescimento populacional das espécies da assembleia, inclusive das espécies raras, o que aumenta as chances de captura e, com isso, uma maior riqueza pode ser contabilizada nestes meses.

Além disto, uma maior produtividade da vegetação no período chuvoso pode contribuir tanto para o aumento da abundância total quanto para o da riqueza. Bustamante

Becerra e colaboradores (2012) mostraram que a estação de crescimento da vegetação no Cerrado possui uma relação direta com o período chuvoso, existindo, no entanto, um intervalo de tempo entre o início da estação chuvosa e o início da estação de crescimento da vegetação que pode variar de 16 a 48 dias. Este retardo de tempo entre o começo da chuva e o pico de abundância anual de drosofilídios é coincidente, sugerindo que as moscas acompanham a estação de crescimento da vegetação.

Então, se as espécies possuem fatores ambientais ótimos similares, covariando sincronicamente em termos de riqueza e abundância total na estação chuvosa, como tantas espécies conseguem coexistir? Provavelmente devido a respostas correlacionadas a flutuações de recursos conduzidos por variações climáticas (Valone & Barber 2008) e que parecem ser mais importantes do que a competição (Houlahan *et al.* 2007). Por exemplo, Araújo e colaboradores (2015) acharam que a quantidade local de recursos, mas não o número de espécies que podem ser usadas como recurso está relacionado à riqueza de besouros frugívoros.

De qualquer maneira, um aumento tão expressivo na abundância poderia deplecionar a quantidade de recursos disponíveis. Em comunidades que possuem limitação de recurso, a partição de recursos e a agregação espacial são fortes candidatos explanatórios à coexistência. No entanto, Wertheim e colaboradores (2000) mostraram, com dados de mais de 60 *taxa* de insetos encontrados em 66 *taxa* de cogumelos, que a diversidade é mantida apenas por agregação espacial.

Para *Drosophila* a persistência irá depender da agregação do competidor superior e a covariância da densidade interespecífica (Krijger & Sevenster 2001). Obviamente, isso não significa que todo competidor irá explorar o recurso ao mesmo tempo. Uma colonização sucessional em diferentes estágios de decomposição dos frutos pode gerar impactos

competitivos assimétricos (Courtney *et al.* 1990, Leão & Tidon 2004) sustentando a diversidade da comunidade.

O resultado da DCA (*Detrended Correspondence Analysis*) mostrou que as coletas de fevereiro e abril reuniram 92% da riqueza total amostrada, subindo para 96% se junho for contabilizado. As duas espécies, *Drosophila flexa* e *D. melanogaster*, que se encontram fora da elipse da análise, foram coletadas apenas em agosto e dezembro, nesta ordem (Figura 18).

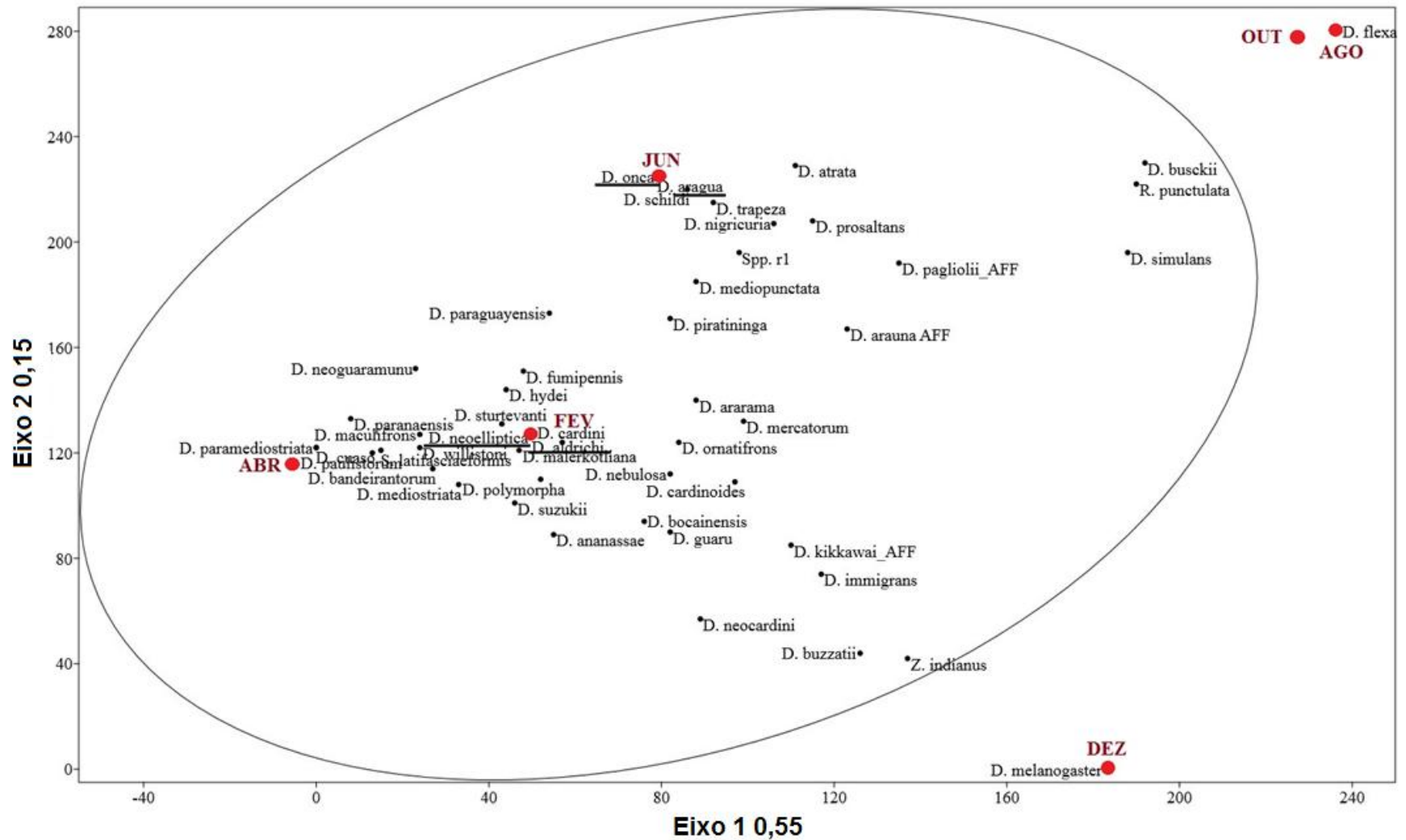


Figura 18. Análise de Correspondência Destendenciada (DCA), com elipse de 95%, ordenando as espécies em relação aos meses de coleta. As espécies grifadas dentro da elipse são restritas a um único mês.

No entanto, é importante ressaltar que a riqueza de drosofilídeos no mês de junho foi bem díspar, considerando os dois anos de amostragem, contabilizando respectivamente 23 e 35 espécies. A riqueza presente neste mês no segundo ano de coleta foi similar àquela do mês de abril (35 e 36 espécies para os dois períodos) o que pode ter interferido na análise da DCA. Assim, seriam necessárias mais coletas em junho para conseguir perceber qual o padrão mais normativo, se o do primeiro ou o do segundo ano.

Além disso, a análise conjunta da riqueza, abundância total, β -diversidade de Whittaker e número de espécies únicas por área de coleta, sugeriu uma menor importância para a relação espécie-área (mais homogeneidade) justamente nos meses de fevereiro e abril (metade final da estação chuvosa), em matas de galeria, nos dois anos de amostragem. Este resultado é importante para a eficiência de monitoramentos, pois, independentemente da área escolhida para a realização das capturas, ela apresentará elevada probabilidade de ser representativa em termos de diversidade neste período (Figuras 19 e 20).

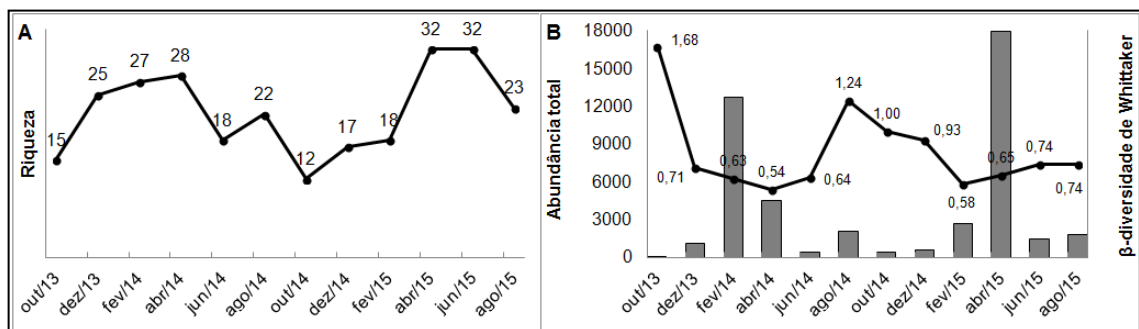


Figura 19. Flutuação temporal de drosofilídeos em matas de galeria da RECOR, de outubro de 2013 a agosto de 2015. (A) Riqueza de espécies; (B) abundância total (barras) e β -diversidade de Whittaker (linha).

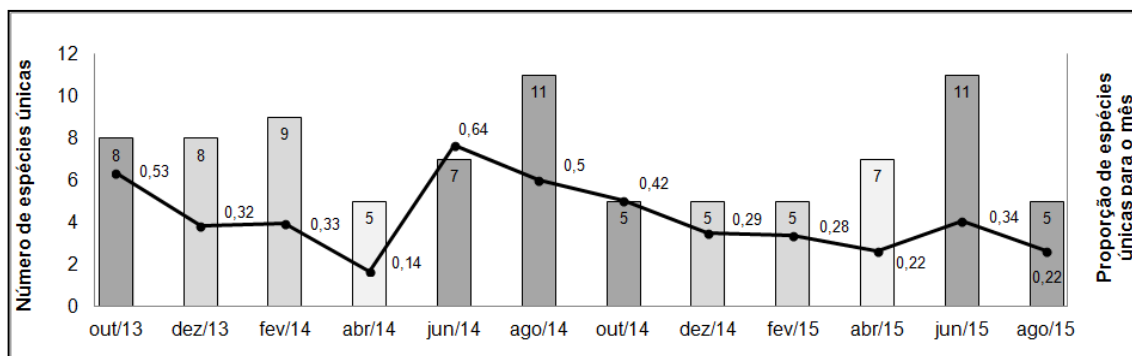


Figura 20. Número (barras) e proporção (linha) de espécies únicas (encontradas em uma única área de coleta) em matas de galeria da RECOR, de outubro de 2013 a agosto de 2015. A proporção reflete a razão: número de espécies únicas/número total de espécies do mês.

O conceito de β -diversidade, definida como “variações na identidade das espécies entre localidades” (Whittaker, 1960), conecta a biodiversidade em escala local (α) com a regional (γ). A pergunta a ser feita é: o que faz com que as assembleias de espécies sejam mais ou menos similares no espaço e no tempo? O crescimento da riqueza em direção aos trópicos é um padrão muito conhecido em ecologia, e a alta diversidade de insetos em baixas latitudes é promovida, em parte, por uma maior especialização ecológica que contribui para uma maior α e β diversidade nestas áreas (Dyer *et al.* 2007, Futuyma & Moreno 1988).

A β -diversidade geralmente cai concomitantemente ao nível de heterogeneidade ambiental (Melo *et al.* 2013, Liu & Slik 2014). Fatores ambientais restritivos, os quais possuem impactos negativos na α -diversidade, podem ocasionar um aumento na β -diversidade (Tscharrntke *et al.* 2012). Assim, uma β -diversidade mais elevada pode sugerir que o ambiente esteja exercendo forte papel estruturador na composição da assembleia. Por exemplo, um estudo realizado com insetos aquáticos no reservatório de Serra da Mesa, localizado no bioma Cerrado, mostrou que valores de riqueza, abundância e β -diversidade eram relativamente maiores na estação chuvosa do que na seca. Os autores atribuíram este resultado a uma maior heterogeneidade de habitats devido ao aumento do nível do reservatório, com maior entrada de material alóctone (Santana *et al.* 2015). Os resultados de riqueza e abundância estão em

consonância com aqueles apresentados até aqui, mas há divergência quanto à β -diversidade no que diz respeito às matas de galeria.

Assim, fazendo uma leitura destes achados, um acréscimo de riqueza poderia favorecer um aumento na β -diversidade e na proporção de espécies únicas por área de coleta devido à associação riqueza e heterogeneidade ambiental. Seria esperado, neste caso, portanto, que as variações espaciais tivessem um efeito estruturador importante, já que espécies relativamente raras tenderiam a se concentrar em manchas de alta qualidade, ou seja, áreas em que as espécies exibissem respostas positivas em relação a fatores ambientais (condições e recursos) presentes.

No entanto, o menor valor médio para a β -diversidade foi encontrado no mês de abril que é também o de maior riqueza e abundância total média (analisando os meses homônimos dos dois períodos de amostragem). Assim, é razoável inferir que as áreas se tornam mais homogêneas em termos de qualidade, mantendo populações que consigam ser detectadas nas armadilhas. Desta maneira, o fim da estação chuvosa pode ser considerado o período mais favorável para a captura de drosofilídeos em mata de galeria, fato este que pode ter ocorrido em resposta às condições ambientais mais propícias ditadas pelo período úmido, que se inicia no fim de outubro, e pelo próprio ciclo de vida das espécies, já que é necessário tempo para que as circunstâncias favoráveis no hábitat resultem em uma resposta positiva de captura.

Por outro lado, nos períodos mais secos, fatores ambientais (condições e recursos) menos favoráveis fazem com que a qualidade da mancha de hábitat seja determinante para a manutenção das assembleias. Em uma escala de resolução mais fina, a estrutura do hábitat exerce papel importante tanto na determinação da presença do recurso quanto nas condições microclimáticas, potencialmente influenciando a dinâmica da população, indicando a

importância da qualidade local do hábitat para a persistência das espécies (Wilson *et al.* 2015).

Desta maneira, o hábitat é visto em resolução mais fina pela assembleia de drosofilídeos em períodos menos favoráveis, ocasionando um aumento no valor da β -diversidade e na proporção de espécies únicas por área de coleta. Este fato também é acompanhado por uma queda na riqueza e na abundância total. Por exemplo, considerando os dois anos de amostragem, os meses de outubro foram os de maior média de β -diversidade, de grande proporção de espécies únicas, de menor riqueza e de menor abundância, fato este que pode ser reflexo das condições menos propícias do período seco anterior. A união destas condições acaba desfavorecendo as incursões que visem o monitoramento neste intervalo temporal, já que os resultados obtidos irão depender enormemente do local escolhido para a deposição das armadilhas.

No caso do cerrado *sensu stricto*, a situação é distinta daquela descrita para a mata de galeria, pois esta fitofisionomia é dominada, em termos de abundância, por espécies introduzidas, principalmente *Zaprionus indianus*. A população de *Z. indianus* aumenta, geralmente, antes das demais, talvez devido ao fato de conseguir depositar seus ovos ainda no fruto fresco (Castro & Valente 2001, Leão & Tidon 2004).

Sendo assim, entre o início e a porção intermediária do período chuvoso, há uma queda na β -diversidade devido ao incremento populacional de espécies ligadas a esta fitofisionomia, como *Drosophila cardini*, *D. mercatorum*, *D. nebulosa* e *D. sturtevanti*, além das espécies exóticas mais abundantes, como *D. malerkotliana*, *D. simulans* e o próprio *Zaprionus indianus* (Tabela 3). De fato, estas espécies continuam presentes na metade final do período chuvoso, porém outras entram na composição da assembleia apenas neste intervalo.

A maior riqueza de espécies ocorreu em abril, nos dois anos de amostragem (Figura 21). Considerando que neste mês foi registrada a maior média referente ao número de espécies e a abundância total em mata de galeria, seria aceitável pensar que esteja existindo uma dispersão de espécies endêmicas destas áreas para o cerrado *sensu stricto*, em uma dinâmica de colonização-extinção, com a mata servindo de fonte durante os meses onde os fatores climáticos limitantes da matriz de cerrado estejam atenuados.

Estudos no Cerrado mostram que a presença de formações florestais possui papel importante na manutenção de insetos que respondem fortemente a baixa umidade relativa (Brown 2000, Camargo 2001). Achados para vespas (Diniz & Kitayama 1998) neste bioma foram concordantes com o argumento de que as matas de galeria funcionam como centros de recolonização (fonte) de áreas mais abertas adjacentes (Forsyth 1980).

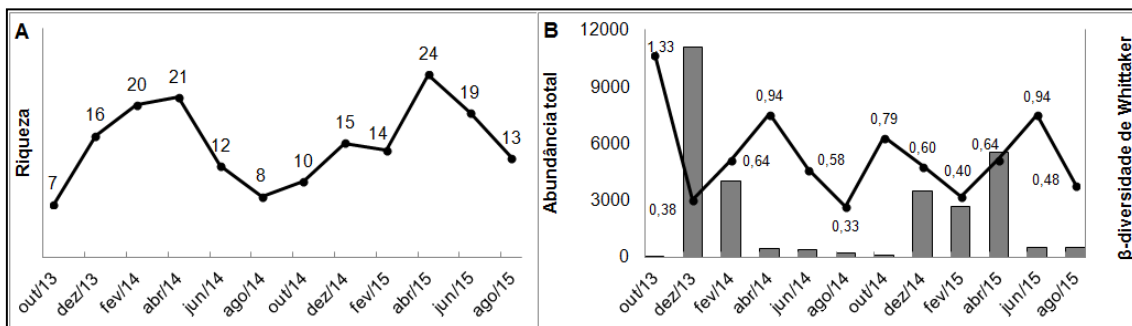


Figura 21. Flutuação temporal de drosofilídeos em cerrados *sensu stricto* da RECOR, de outubro de 2013 a agosto de 2015. (A) Riqueza de espécies; (B) abundância total (barras) e β -diversidade de Whittaker (linha).

Corroborando a suposição de que esteja existindo uma dispersão de espécies endêmicas relacionadas a formações florestais para áreas savânicas na metade final do período chuvoso, os valores da proporção de espécies únicas aumentam consideravelmente após dezembro, mês onde há um pico de abundância de espécies exóticas e menor riqueza quando a comparação entre os três meses de maior precipitação (dezembro, fevereiro e abril) é feita (Figura 22).

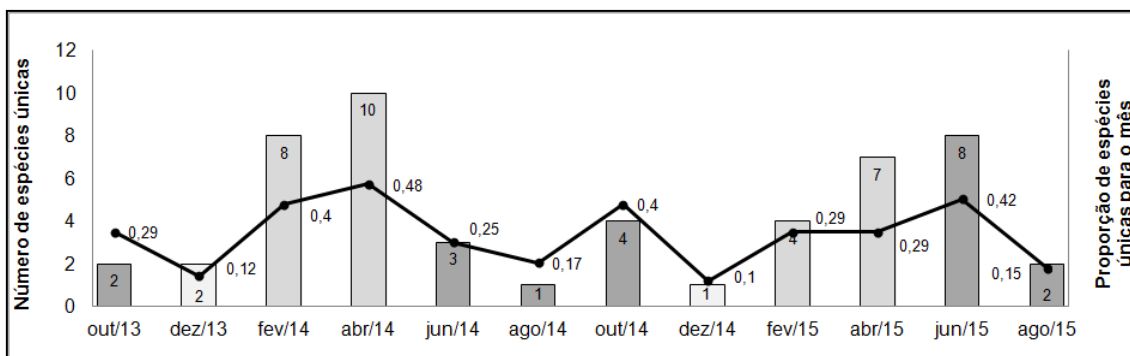


Figura 22. Número (barras) e proporção (linha) de espécies únicas (encontradas em uma única área de coleta) em cerrado *sensu stricto* da RECOR, de outubro de 2013 a agosto de 2015. A proporção reflete a razão: número de espécies únicas/número total de espécies do mês.

O período chuvoso determina maior produtividade no Cerrado, mas ela é mais sazonal em fitofisionomias abertas do que florestais. Áreas abertas são mais dependentes da chuva, no seu ciclo anual, para aumentar sua cobertura de vegetação. Por outro lado, a precipitação influencia fracamente a cobertura de formações florestais (Bustamante Becerra *et al.* 2012), reduzindo as variações abióticas fazendo com que estas áreas possam servir de refúgio às espécies em períodos desfavoráveis.

Podemos supor que, no caso do cerrado *sensu stricto*, como formação savânica, mais aberta do que as florestais e, por isto, sujeita a uma mais rápida perda de condições, ocorra uma restrição das espécies típicas de mata de galeria que se dispersam. Tais espécies apenas conseguem se manter em número suficiente para serem contabilizadas nas armadilhas em regiões de maior qualidade, aumentando, com isto, a proporção de espécies únicas por área de coleta, cuja a maior média é em abril.

Desta maneira, a sugestão é que as coletas do cerrado *sensu stricto* acompanhem àquela da mata de galeria, sendo realizadas, portanto, no final da estação chuvosa. Esta proposta se apoia no fato de que, em termos de monitoramento, geralmente apenas uma coleta é feita anualmente, devendo-se, assim, priorizar períodos que trarão melhores resultados, principalmente em termos de riqueza.

5.0 - Considerações finais

O estudo da composição de espécies de determinada região ao longo do tempo pode fornecer sinais que antecipem e/ou reflitam diferenças nas condições ambientais em escalas mais amplas (Mata *et al.* 2008, Mata *et al.* 2010a). Assim, pesquisas realizadas em escala global podem ser alimentadas e complementadas por estudos da história natural dos organismos realizados em escala local ao longo do tempo. Apenas dessa maneira a "Big Picture" dos processos que geram os padrões de biodiversidade poderá ser visualizada.

De forma já bem documentada, inclusive nesta pesquisa, as assembleias de drosofilídeos diferem em termos espaciais e temporais em resposta a variações de condições e recursos. No entanto, tais variações não acontecem de forma totalmente previsível ao longo do tempo. Por exemplo, eventos climáticos divergentes dos esperados para o período podem vir a ocorrer durante a coleta de dados em campo influenciando, assim, o padrão encontrado. De forma geral, a relevância destes acontecimentos na compreensão das normas ecológicas se dará de maneira inversamente proporcional ao tempo de coleta, pois com o aumento desta escala haverá uma diluição de dados extremos potencialmente obtidos.

Assim, o conhecimento da distribuição da riqueza mais próxima da realidade, pré-requisito tanto no que diz respeito ao manejo dos recursos naturais e de sua utilização sustentável quanto na priorização de esforços para a conservação de áreas, só pode ser alcançado com a ampliação da série temporal. Apoiando esta ideia, a junção dos anos de coletas deste estudo promoveu um acréscimo no número total de espécies identificadas além de dois novos registros para o Cerrado.

Além disto, alterações marcantes ocorreram na comparação dos mesmos meses em períodos subsequentes, tanto em relação ao número de indivíduos capturados de determinada espécie quanto na distribuição de suas abundâncias. O teste t de biodiversidade também

identificou diferença significativa para as fitofisionomias separadamente e para o total de indivíduos coletados em ambas as formações vegetais contrapondo os dois anos de amostragem. Estes dados corroboraram as hipóteses da existência de diferença na biodiversidade na comparação entre os ciclos considerados. Tais constatações não seriam identificadas se apenas um ano de captura fosse feito.

O monitoramento da expansão de espécies com potencial invasor, como, por exemplo, *Drosophila suzukii*, pode se transformar em uma fonte poderosa de geração de informações a serem utilizadas posteriormente visando seu manejo e controle. Esta espécie vem seguindo o mesmo padrão de distribuição de coocorrência em áreas florestais e savânicas observado para outras representantes do grupo *Drosophila melanogaster*, do qual faz parte sugerindo, assim, que está se estabelecendo no Cerrado. Organismos podem se tornar invasores tanto por compartilhar características com espécies nativas ou, de forma oposta, por conseguirem ocupar nichos não utilizados pelas mesmas. Assim, apesar da baixa abundância de *D. suzukii* quando comparada às das demais invasoras, apenas com seu monitoramento será possível mensurar o impacto que esta mosca pode causar nas populações residentes.

Quando uma área é monitorada, aumentam-se as chances de que as interpretações dos padrões encontrados sejam mais acuradas. No entanto, o reconhecimento de drosofilídeos em nível de espécie não é tarefa fácil, apesar de o ser para alguns de seus representantes devido à presença de características conspícuas, como no caso de *Drosophila suzukii*. A identificação, portanto, se torna morosa devido aos representantes crípticos, reconhecidos nominalmente apenas pela análise da genitália masculina ou de técnicas cromossômicas, dispendiosas e demoradas de serem feitas. Desta forma, é necessária a permanência de um técnico treinado ao longo de todo o período da pesquisa para a contabilização dos indivíduos em nível de espécie, podendo tornar esta análise inviável, com amostras sendo identificadas de diferentes maneiras, causando incoerências estatísticas nem sempre identificadas.

Entretanto, apesar do diagnóstico de drosofilídeos em nível de espécie não ser uma tarefa fácil para pessoas com pouco treinamento taxonômico, seu reconhecimento em nível de grupo é relativamente descomplicado, usando, para tal, apenas chaves de identificação. Sendo assim, qualquer pessoa poderia ser treinada em um curto espaço de tempo, reduzindo o impacto da perda de um técnico experiente nas análises dos dados. Desta maneira, buscando imprimir a velocidade necessária às análises ecológicas e diminuir possíveis erros em seu processamento, a aplicação do conceito de "suficiência taxonômica" parece ter se constituído uma boa alternativa.

A análise conjunta da riqueza, da abundância total, da β -diversidade e da proporção de espécies únicas por área de coleta forneceu dados relevantes para o monitoramento com uso de drosofilídeos. Considerando os valores destas análises, uma maior homogeneidade em termos de qualidade de manchas de hábitat ocorreu no período chuvoso (dezembro, fevereiro e abril), especialmente em seu mês findo para a mata de galeria. Além disto, estes dados sugerem que uma dispersão de espécies endêmicas de regiões florestais para savânicas também esteja ocorrendo no mesmo intervalo temporal, culminando com uma maior riqueza associada ao mês de abril no cerrado *sensu stricto*.

Desta maneira, os fatores ambientais presentes no período chuvoso são suficientes para permitir a coexistência da maioria das espécies de drosofilídeos, provavelmente devido às condições abióticas menos estressantes e à maior disponibilidade de recursos quando comparados ao seco. Assim, os meses de chuva se configuram como os melhores para a realização do monitoramento, principalmente devido à redução da importância espécie-área em matas de galeria o que promove uma maior chance de captura das espécies em qualquer configuração que a coleta seja realizada.

No entanto deve-se ter em mente a categoria de drosofilídeos que se quer monitorar. A análise por coleta identificou uma partição de dominância na abundância entre espécies

exóticas e nativas, com as primeiras sendo relativamente mais numerosas no início da estação chuvosa. Assim, se o pesquisador for ao campo neste período (dezembro) irá encontrar a assembleia com grande proporção de indivíduos não nativos, sendo estes pertencentes principalmente ao grupo *Drosophila melanogaster* na mata de galeria e a espécie *Zaprionus indianus* no cerrado *sensu stricto*. Estes dados sugerem que as espécies que dominam a assembleia neste intervalo devem possuir características morfológicas, fisiológicas e/ou comportamentais que as tornem melhores competidoras dentro da variação de condições e recursos presentes dentro do período.

Para finalizar, há muitas evidências de que, além da perda de espécies, nos próximos 100 anos haverá alteração na estrutura das comunidades e redução dos serviços ambientais propiciados pelos ecossistemas (Lawton & Kinne 2000). Com tais questões em mente, o intuito foi de que o conhecimento gerado pelas análises desta pesquisa possam servir de subsídio a estratégias de gerenciamento de recursos naturais e a confecção de políticas públicas conservacionistas.

6.0 - Referências

- Adler, P.B, White, E.P., Lauenroth, W.K., Kaufman, D.M, Rassweiler, A., & Rusak, J. A. (2005) Evidence for a general species-time-area relationship, *Ecology*, **86**:2032-2039.
- Andersen, A. N. (1995) Measuring more of biodiversity: genus richness as a surrogate for species richness in Australian ant faunas. *Biological Conservation*, **73**:39-43.
- Araujo, L. S., Komonen, A., & Lopes-Andrade, C. (2015) Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, **191**:659-666.
- Avondet, J. L., Blair, R. B., Berg, D. J., & Ebbert, M. A. (2003) *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) response to changes in ecological parameters across an urban gradient. *Environmental Entomology*, **32**:347-358.
- Azevedo-Santos, V. M. D., Rigolin-Sá, O., & Pelicice, F. M. (2011) Growing, losing or introducing? Cage aquaculture as a vector for the introduction of non-native fish in Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, **9**:915-919.
- Báldi, A. (2003) Using higher taxa as surrogates of species richness: a study based on 3700 Coleoptera, Diptera, and Acari species in Central-Hungarian reserves. *Basic and applied Ecology*, **4**:589-593.
- Bächli, G. (2015) TaxoDros: The database on Taxonomy of Drosophilidae. Data base 2012/10 Version 1.04. Base de Dados Eletrônica acessível em <http://www.taxodros.unizh.ch>. Acessado em Setembro de 2015.
- Bhusal, D. R., Kallimanis, A. S., Tsiafouli, M. A., & Sgardelis, S. P. (2014) Higher taxa vs. functional guilds vs. trophic groups as indicators of soil nematode diversity and community structure. *Ecological Indicators*, **41**:25-29.
- Blumenthal, D., Mitchell, C. E., Pyšek, P., & Jarošík, V. (2009) Synergy between pathogen release and resource availability in plant invasion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **106**:7899-7904.
- Both, C., & Melo, A. S. (2015) Diversity of anuran communities facing bullfrog invasion in Atlantic Forest ponds. *Biological Invasions*, **17**:1137-1147.
- Brower, J. C., & Kile, K. M. (1988) Sedation of an original data matrix as applied to paleoecology. *Lethaia*, **21**:79-93.
- Brown Jr, K. S. (2000) Insetos indicadores da história, composição, diversidade e integridade de matas ciliares. *Matas Ciliares: conservação e recuperação*, **2**, 223-232.
- Burrack, H. J. (2014) SWD impacts 2013. <http://swd.ces.ncsu.edu/working-group-activities/swd-impacts-2013/>. Acessado em Setembro de 2015.
- Bustamante Becerra, J. A., Alvalá, R. C. S., & Von Randow, C. (2012) Seasonal Variability of Vegetation and Its Relationship to Rainfall and Fire in the Brazilian Tropical Savanna. *Remote Sensing—Applications: InTech*, **1**:77-98.
- Callaway, R. M., & Ridenour, W. M. (2004) Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **2**:436-443.

- Camargo, A. D. (2001) Importância das Matas de Galeria para a conservação de lepidópteros do Cerrado. *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, Embrapa-CPAC*, 899p, 607-634.
- Cardoso, P., Silva, I., de Oliveira, N. G., & Serrano, A. R. (2004) Indicator taxa of spider (Araneae) diversity and their efficiency in conservation. *Biological Conservation*, **120**:517-524.
- Carson, H. L. (1971) *The ecology of Drosophila breeding sites*. University of Hawaii Foundation Lyon Arboretum Fund.
- Castro, F. L., & Valente, V. L. S. (2001) *Zaprionus indianus* is invading drosophilid communities in the southern brazilian city of Porto Alegre. *Drosophila Information Service*, **84**:15-17.
- Cini, A., Ioriatti, C., & Anfora, G. (2012) A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology*, **65**:149-160.
- Colautti, R. I., & Barrett, S. C. (2013) Rapid adaptation to climate facilitates range expansion of an invasive plant. *Science*, **342**:364-366.
- Courtney, S. P., Kibota, T. T., & Singleton, T. A. (1990) Ecology of mushroom-feeding Drosophilidae. *Advances in Ecological Research*, **20**:225-274.
- Cousens, R., & Mortimer, M. (1995) Dynamics of weed populations. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK.
- Danell, K., Bergström, R., Duncan, P., & Pastor, J. (2006). Large mammalian herbivores, ecosystem dynamics, and conservation.
- Dyer, L. A., Singer, M. S., Lill, J. T., *et al.* (2007) Host specificity of Lepidoptera in tropical and temperate forests. *Nature*, **448**:696-699.
- de Abreu, R. C., & Durigan, G. (2011) Changes in the plant community of a Brazilian grassland savannah after 22 years of invasion by *Pinus elliottii* Engelm. *Plant Ecology & Diversity*, **4**:269-278.
- De Toni, D. C., Gottschalk, M. S., Cordeiro, J., Hofmann, P. P. R., & Valente, V. L. S. (2007) Study of the Drosophilidae (Diptera) communities on atlantic forest islands of Santa Catarina state, Brazil. *Neotropical Entomology*, **36**:356-375.
- Deprá, M., Poppe, J. L., Schmitz, H. J., De Toni, D. C., & Valente, V. L. (2014) The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. *Journal of Pest Science*, **87**:379-383.
- Diniz, I., & Kitayama, K. (1998) Seasonality of vespidae species (Hymenoptera: Vespidae) in a central Brazilian cerrado. *Revista de Biologia Tropical*, **46**:109-114.
- Dobzhansky, T., & Pavan, C. (1943) Studies on Brazilian species of *Drosophila*. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, **36**:1-72.
- Döge, J. S., Valente, V. L., & Hofmann, P. R. (2008) Drosophilids (Diptera) from an Atlantic Forest Area in Santa Catarina, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **52**:615-624.
- Döge, J., Oliveira, H. V., & Tidon, R. (2015) Rapid response to abiotic and biotic factors controls population growth of two invasive drosophilids (Diptera) in the Brazilian Savanna. *Biological Invasions*, 1-14.

- Drake, J. M., Baggenstos, P., & Lodge, D. M. (2005) Propagule pressure and persistence in experimental populations. *Biology Letters*, **1**:480-483.
- Ellis, D. (1985) Taxonomic sufficiency in pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin*, **16**:459.
- Elton, C.S. (1958). *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Methuen, London, UK.
- Felfili, J. M., Mendonça, R. D., Walter, B. M. T., Silva Júnior, M. D., *et al.* (2001) Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. *JF Ribeiro; CEL Fonseca & JC Souza-Silva. Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, EMBRAPA/Cerrados*, 195-263.
- Ferreira, L. & Tidon, R. (2005) Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. *Biodiversity & Conservation*, **14**:1809-1821.
- Fisher, R. A., Corbet, A. S. & Williams, C. B. (1943) The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *The Journal of Animal Ecology*, 42-58.
- Forsyth, A. (1980) Nest site and habitat selection by the social wasp, *Metapolybia azteca* Araujo (Hymenoptera: Vespidae). *Brenesia*, **17**:157-162.
- Freire-Maia, A. & Pavan, C. (1949) Introdução estudo da drosófila. *Cultus*, **1**:3-66.
- Frota-Pessoa, O. (1954) Revision of the tripunctata group of *Drosophila* with description of fifteen new species (Drosophilidae, Diptera). *Arquivos do Museu Paranaense*, **10**:253-304.
- Futuyma, D. J., & Moreno, G. (1988). The evolution of ecological specialization. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 207-233.
- Garcia, C. F., Hochmüller, C. J. C., Valente, V. L. S., & Schmitz, H. J. (2012) Drosophilid assemblages at different urbanization levels in the city of Porto Alegre, state of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Neotropical entomology*, **41**:32-41.
- Groc, S., Delabie, J. H., Longino, J. T., Orivel, J., Majer, J. D., Vasconcelos, H. L., & Dejean, A. (2010) A new method based on taxonomic sufficiency to simplify studies on Neotropical ant assemblages. *Biological Conservation*, **143**:2832-2839.
- Grosholz, E. D. (2005) Recent biological invasion may hasten invasional meltdown by accelerating historical introductions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **102**:1088-1091.
- Guerin, N., & Durigan, G. (2015) Invasion impact by *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon (Dennstaedtiaceae) on a neotropical savanna. *Acta Botanica Brasilica*, **29**:213-222.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**: 9pp.
- Hill, M. O., & Gauch Jr, H. G. (1980) Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*, **42**:47-58.
- Hauser, M. (2011) A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. *Pest management science*, **67**:1352-1357.

- Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E., Gutiérrez, J. R., & Mohren, G. M. (2001) El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, **16**:89-94.
- Houlahan, J. E., Currie, D. J., Cottenie, K., *et al.* (2007) Compensatory dynamics are rare in natural ecological communities. *PNAS*, **104**:3273.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acessado em: Setembro de 2015.
- Jeschke, J. M. (2008) Across islands and continents, mammals are more successful invaders than birds. *Diversity and Distributions*, **14**:913-916.
- Jeschke, J. M., & Genovesi, P. (2011) Do biodiversity and human impact influence the introduction or establishment of alien mammals? *Oikos*, **120**:57-64.
- Krebs, C. J. (1989) Species diversity measures. *Ecological Methodology*. Harper & Row. New York, 328-362.
- Klink, C. A. & Machado, R. B. (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, **19**:707-713.
- Krell, F. T. (2004) Parataxonomy vs. taxonomy in biodiversity studies—pitfalls and applicability of ‘morphospecies’ sorting. *Biodiversity and Conservation*, **13**:795-812.
- Krijger, C., & Sevenster, J. (2001) Higher species diversity explained by stronger spatial aggregation across six neotropical *Drosophila* communities. *Ecology Letters*, **4**:106-115.
- Lachaise, D., Cariou, M. L., David, J. R., Lemeunier, F., Tsacas, L., & Ashburner, M. (1988) Historical biogeography of the *Drosophila melanogaster* species subgroup. In *Evolutionary biology*, **22**:159-225.
- Lawton, J. H. & Kinne, O. (2000) *Community ecology in a changing world* (Vol. 11). Oldendorf/Luhe, Germany: Ecology Institute.
- Landres, P. B., Verner, J., & Thomas, J. W. (1988) Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation biology*, **2**:316-328.
- Leão, B. F. D., & Tidon, R. (2004) Newly invading species exploiting native host-plants: the case of the African *Zaprionus indianus* (Gupta) in the Brazilian Cerrado (Diptera, Drosophilidae). *Annales de la Societe Entomologique de France*, **40**: 285-290.
- Leibold, M. A., Holyoak, M., Mouquet, N., *et al.* (2004) The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology letters*, **7**:601-613.
- Levine, J. M., Adler, P. B., & Yelenik, S. G. (2004). A meta-analysis of biotic resistance to exotic plant invasions. *Ecology letters*, **7**:975-989.
- Liu, J. J., & Slik, J. W. F. (2014) Forest fragment spatial distribution matters for tropical tree conservation. *Biological Conservation*, **171**:99–106.
- Machado, R. B., Ramos Neto, M. B., Pereira, P., Caldas, E., Gonçalves, D., Santos, N. Tabor, K. & Steininger, M. (2004) Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. *Conservation International do Brasil*, Brasília, Brazil.
- Machado, S., Gottschalk, M. S., & Robe, L. J. (2016) Historical patterns of niche dynamics in Neotropical species of the *Drosophila* subgenus (Drosophilidae, Diptera). *Evolutionary Ecology*, **30**:47-67.

- Magurran, A. E., Baillie, S. R., Buckland, S. T., *et al.* (2010) Long-term datasets in biodiversity research and monitoring: assessing change in ecological communities through time. *Trends in ecology & evolution*, **25**:574-582.
- Markow, T. A., & O'Grady, P. (2005) *Drosophila*: a guide to species identification and use. *Academic Press*.
- Martín-Piera, F. (2000) Estimaciones prácticas de biodiversidad utilizando taxones de alto rango en insectos. *m3m: Monografías Tercer Milenio*, **1**:35-54.
- Mata, R. A., McGeoch, M., & Tidon, R. (2008) Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. *Biodiversity & Conservation*, **17**:2899-2916.
- Mata, R. A., McGeoch, M., & Tidon, R. (2010a) Drosophilids (Insecta, Diptera) as Tools for Conservation Biology. *Natureza & Conservação*, **8**:60-65.
- Mata, R. A., Tidon, R., Côrtes, L. G., De Marco Jr, P., & Diniz-Filho, J. A. F. (2010b) Invasive and flexible: niche shift in the drosophilid *Zaprionus indianus* (Insecta, Diptera). *Biological invasions*, **12**:1231-1241.
- Mata, R. A., & Tidon, R. (2013) The relative roles of habitat heterogeneity and disturbance in drosophilid assemblages (Diptera, Drosophilidae) in the Cerrado. *Insect Conservation & Diversity*, **6**:1-8.
- Mata, R. A., Santos, G. A., Uehara-Prado, M., & Tidon, R. (2014) Improving sampling protocol for assessing drosophilid diversity: spatial independence and sample size. *Drosophila Information Service*, **97**: 161-162.
- Mata, R. A., Roque, F., & Tidon, R. (2015) Measuring the variability of the drosophilid assemblages associated with forests of the Brazilian savanna across temporal and spatial scales. *Natureza & Conservação*, **13**:166-170.
- McGeoch, M. A. (1998) The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, **73**:181-201.
- McGeoch, M. A., Van Rensburg, B. J., & Botes, A. (2002) The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Ecology*, **39**:661-672.
- McGeoch, M. A., Sithole, H., Samways, M. J., Simaika, J. P., *et al.* (2011) Conservation and monitoring of invertebrates in terrestrial protected areas. *koedoe*, **53**:131-143.
- Medeiros, H. F., & Klaczko, L. B. (1999) A weakly biased *Drosophila* trap. *Drosophila Information Service*, **82**:100-102.
- Melo, F.P.L., Arroyo-Rodriguez, V., Fahrig, L., Martinez-Ramos, M., & Tabarelli, M. (2013) On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. *Trends in Ecology and Evolution*, **28**:461-468.
- Mitsui, H., Takahashi, K. H., & Kimura, M. T. (2006) Spatial distributions and clutch sizes of *Drosophila* species ovipositing on cherry fruits of different stages. *Population Ecology*, **48**:233-237.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**:853-858.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, *et al.* (2015) Package 'vegan'. *Community ecology package, version*, 2.3-0.

- Oliveira, C. M., & Frizzas, M. R. (2008) Insetos de Cerrado: distribuição estacional e abundância. *Embrapa Cerrados*.
- Oliveira, S. C. F., & Tidon, R. (2014) Biodiversity surrogates: functionality and limitations. *Oecologia Australis*, **17**:474-482.
- Oliver, I., & Beattie, A. J. (1996) Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology*, **10**:99-109.
- Oksanen, J., & Minchin, P. R. (1997) Instability of ordination results under changes in input data order: explanations and remedies. *Journal of Vegetation Science*, **8**:447-454.
- Parsons, P. A. (1991) Biodiversity conservation under global climatic-change - the insect *Drosophila* as a biological indicator. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **1**:77-83.
- Pearson, D. L. (1994) Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **345**:75-79.
- Paula, M. A., Lopes, P. H. S., & Tidon, R. (2014) First record of *Drosophila suzukii* in the Brazilian Savanna. *Drosophila Information Service*, **97**: 113-115.
- Pavan, C., & Cunha, A. B. (1947) Espécies brasileiras de *Drosophila*. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, **86**:20-64.
- PELD (2012) Cerrados do Planalto Central – Estrutura, dinâmica e processos ecológicos – Fase 2. Projeto Ecológico de Longa Duração. (Vieira, E.M., Coordenador). Projeto financiado pelo CNPq, em andamento.
- Patterson, J. T., & Crow, J. F. (1940) XII. Hybridization in the *mulleri* group of *Drosophila*. *Univ. Texas Publ*, **4032**:251-256.
- Persson, I. L., Nilsson, M. B., Pastor, J., Eriksson, T., Bergström, R., & Danell, K. (2009) Depression of belowground respiration rates at simulated high moose population densities in boreal forests. *Ecology*, **90**:2724-2733.
- Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., *et al.* (2001) Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **84**:1-20.
- Polis, G. A., Hurd, S. D., Jackson, C. T., & Piñero, F. S. (1997) El Niño effects on the dynamics and control of an island ecosystem in the Gulf of California. *Ecology*, **78**:1884-1897.
- Powell, J. R. (1997) *Progress and Prospects in Evolutionary Biology: the Drosophila Model*. New York: Oxford University Press.
- Preston, F. W. (1960) Time and space and the variation of species. *Ecology*, **41**:611-627.
- Prigent, S. R., Le Gall, P., Mbunda, S. W., & Veuille, M. (2013). Seasonal and altitudinal structure of drosophilid communities on Mt Oku (Cameroon volcanic line). *Comptes Rendus Geoscience*, **345**:316-326.
- Quantum GIS Development Team, (2009). Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Available online at <http://grass.osgeo.org>
- R Development Core Team (2015), R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria : the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Available online at <http://www.R-project.org/>.

- Ratcov, V., & Vilela, C. R. (2007) Two new species of *Drosophila* belonging to the canalinea group (Diptera, rosophilidae). *Iheringia. Série Zoologia*, **97**:336-342.
- Ribeiro, J. F., Walter, B. M. T., Sano, S. M., & Almeida, S. D. (1998) Fitofisionomias do bioma Cerrado. Cerrado: ambiente e flora.
- Ribeiro, D. B., Prado, P. I., Brown Jr, K. S., & Freitas, A. V. (2010) Temporal Diversity Patterns and Phenology in Fruit-feeding Butterflies in the Atlantic Forest. *Biotropica*, **42**:710-716.
- Robe, L. J., Valente, V. L. S., & Loreto, E. L. S. (2010) Phylogenetic relationships and macro-evolutionary patterns within the *Drosophila* tripunctata“radiation” (Diptera: Drosophilidae). *Genetica*, **138**:725–735
- Rocha, C. F. D., Anjos, L. A., & Bergallo, H. G. (2011) Conquering Brazil: the invasion by the exotic gekkonid lizard *Hemidactylus mabouia* (Squamata) in Brazilian natural environments. *Zoologia (Curitiba)*, **28**:747-754.
- Rooney, T. P., Wiegmann, S. M., Rogers, D. A., & Waller, D. M. (2004) Biotic impoverishment and homogenization in unfragmented forest understory communities. *Conservation Biology*, **18**:787-798.
- Rooney, T. P., Olden, J. D., Leach, M. K., & Rogers, D. A. (2007) Biotic homogenization and conservation prioritization. *Biological Conservation*, **134**:447-450.
- Roque, F., Oliveira, S. C. F., & Tidon, R. (2011) Technical adaptations of retention traps used to catch drosophilids. *Drosophila Information Service*, **94**:140-141.
- Roque, F., Mata, R. A., & Tidon, R. (2013) Temporal and vertical drosophilid (Insecta; Diptera) assemblage fluctuations in a neotropical gallery forest. *Biodiversity & Conservation*, **22**:657-672.
- Samways, M. J. (2005) *Insect Diversity Conservation*. Cambridge University Press.
- Sang, A., Teder, T., Helm, A., & Pärtel, M. (2010) Indirect evidence for an extinction debt of grassland butterflies half century after habitat loss. *Biological Conservation*, **143**:1405-1413.
- Santana, H. S., Silva, L. C. F., Pereira, C. L., Simião-Ferreira, J., & Angelini, R. (2015) The rainy season increases the abundance and richness of the aquatic insect community in a Neotropical reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, **75**:144-151.
- Schindler, D. W., Mills, K. H., Malley, D. F., Findlay, D. L., *et al.* (1985) Long-term ecosystem stress: the effects of years of experimental acidification on a small lake. *Science*, **228**:1395-1401.
- Schmitz, H. J., Valente, V. L., & Hofmann, P. R. (2007) Taxonomic survey of Drosophilidae (Diptera) from mangrove forests of Santa Catarina Island, southern Brazil. *Neotropical Entomology*, **36**:53-64.
- Silva, D. P., De Marco, J. P., & Resende, D. C. (2010) Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: a case study. *Ecological Indicators*, **10**:744-752.
- Silva, N. M., Fantinel, C. C., Valente, V. L., & Valiati, V. H. (2005a) Ecology of colonizing populations of the figfly *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Porto Alegre, southern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, **95**:233-240.

- Silva, N. M., Fantinel, C. C., Valente, V. L., & Valiati, V. H. (2005b) Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre city, southern of Brazil. *Neotropical Entomology*, **34**:363-374.
- Simberloff, D., & Von Holle, B. (1999). Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions*, **1**:21-32.
- Suurkuukka, H., Meissner, K. K., & Muotka, T. (2012) Species turnover in lake littorals: spatial and temporal variation of benthic macroinvertebrate diversity and community composition. *Diversity & Distributions*, **18**:931-941.
- Tanabe, S. I. (2002) Between-forest variation in vertical stratification of drosophilid populations. *Ecological Entomology*, **27**:720-731.
- Tidon, R., Leite, D. F., & Leão, B. F. D. (2003) Impact of the colonisation of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biological Conservation*, **112**:299-305.
- 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., Gottschalk M. S., Schmitz, H. J., & Martins, M. B. *Drosophilidae* in **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/183186>. Acessado em: Janeiro 2016.
- Tilman, D. (1985) The resource-ratio hypothesis of plant succession. *American Naturalist*, **87**:827-852.
- Tilman, D. (1994) Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology*, **75**:2-16.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., .et al. (2012) Landscape moderation of biodiversity patterns and processes—eight hypotheses. *Biological Reviews*, **87**:661-685.
- Val, F. C. (1982) The male genitalia of some Neotropical *Drosophila*: notes and illustrations. *Papéis Avulsos de Zoologia*, **34**:309-347.
- Valadão, H., Hay, J. D. V., & Tidon, R. (2010) Temporal dynamics and resource availability for drosophilid fruit flies (Insecta, Diptera) in a gallery forest in the Brazilian Savanna. *International Journal of Ecology*, **2010**:1-7.
- Valone, T. J., & Barber, N. A. (2008) An empirical evaluation of the insurance hypothesis in diversity-stability models. *Ecology*, **89**:522–531.
- Vasconcelos, H. L., Frizzo, T. L., Pacheco, R., Maravalhas, J. B., *et al.* (2014) Evaluating sampling sufficiency and the use of surrogates for assessing ant diversity in a Neotropical biodiversity hotspot. *Ecological Indicators*, **46**:286-292.
- Vilela, C. R. (1992) On the *Drosophila tripunctata* species group (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, **36**:197-221.
- Vilela, C. R. (1999) Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region? *Drosophila Information Service*, **82**:37-39.
- Vilela, C. R., & Bachli, G. (1990) Taxonomic studies on Neotropical species of seven genera of Drosophilidae (Diptera). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **63**:1-332.

- Vilela, C. R., & Mori, L. (2014) The invasive spotted-wing *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) has been found in the city of São Paulo (Brazil). *Revista Brasileira de Entomologia*, **58**:371-375.
- Vitousek, P. M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L., & Westbrooks, R. (1996). Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, **84**:468-478.
- Weatherhead, P. J. (1986). How unusual are unusual events? *American Naturalist*, 150-154.
- Wertheim, B., Sevenster, J. G., Eijs, I. E., & Van Alphen, J. J. (2000) Species diversity in a mycophagous insect community: the case of spatial aggregation vs. resource partitioning. *Journal of Animal Ecology*, **69**:335-351.
- Wheeler, M. R. (1957) Taxonomic and distributional studies of Nearctic and Neotropical Drosophilidae. *Univ Texas Publs*, **5721**:79-114.
- White, E. P., Adler, B., Lauenroth, W. K., *et al.* (2006) A comparison of the species–time relationship across ecosystems and taxonomic groups. *Oikos*, **112**:185-195.
- Whittaker, R. H. (1960) Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* **30**:279-338.
- Williams, P. H., & Gaston, K. J. (1994) Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict wholesale species richness? *Biological Conservation*, **67**:211-217.
- Wilson, R. J., Bennie, J., Lawson, C. R., Pearson, D., Ortúzar-Ugarte, G., & Gutiérrez, D. (2015) Population turnover, habitat use and microclimate at the contracting range margin of a butterfly. *Journal of Insect Conservation*, **19**:205-216.
- Wolda, H. (1988) Insect seasonality - why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, **19**: 1-18.
- Yassin, A., & David, J. R. (2010) Revision of the Afrotropical species of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae), with descriptions of two new species and notes on internal reproductive structures and immature stages. *Zookeys* **51**:33-72.
- Zenni, R. D., & Simberloff, D. (2013) Number of source populations as a potential driver of pine invasions in Brazil. *Biological invasions*, **15**:1623-1639.
- Zenni, R. D. (2014) Analysis of introduction history of invasive plants in Brazil reveals patterns of association between biogeographical origin and reason for introduction. *Austral Ecology*, **39**:401-407.

Tabela 1. Lista das espécies de drosofilídeos coletadas na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), entre outubro de 2013 e agosto de 2015. As espécies sublinhadas e em negrito são exóticas a região Neotropical. As espécies destacadas com um * correspondem a novos registros para o bioma.

Espécie	Autor
* <i>D. aldrichi</i>	Patterson & Crow 1940
<u>D. ananassae</u>	Doleschall 1858
<i>D. aragua</i>	Vilela & Pereira 1982
<i>D. ararama</i>	Pavan & Cunha 1947
<i>D. arauna</i> AFF	Pavan & Nacrur 1950
<i>D. atrata</i>	Burla & Pavan 1953
<i>D. bandeirantorum</i>	Dobzhansky & Pavan 1943
<i>D. bocainensis</i>	Pavan & Cunha 1947
<u>D. busckii</u>	Coquillett 1901
<i>D. buzzatii</i>	Patterson & Wheeler 1942
<i>D. cardini</i>	Sturtevant 1916
<i>D. cardinoides</i>	Dobzhansky & Pavan 1943
<i>D. cuaso</i>	Bäschli, Vilela & Ratcov 2000
<i>D. flexa</i>	Loew 1866
<i>D. fumipennis</i>	Duda 1925
<i>D. guaru</i>	Dobzhansky & Pavan 1943
<u>D. hydei</u>	Sturtevant 1921
<u>D. immigrans</u>	Sturtevant 1921
<u>D. kikkawai</u> AFF	Burla 1954
<u>D. malerkotliana</u>	Parshad & Paika 1964
<i>D. maculifrons</i>	Duda 1927
<i>D. mediopunctata</i>	Dobzhansky & Pavan 1943
<i>D. mediotriata</i>	Duda 1925
<u>D. melanogaster</u>	Meigen 1830
<i>D. mercatorum</i>	Patterson & Wheeler 1942
<i>D. nebulosa</i>	Sturtevant 1916
<i>D. neocardini</i>	Streisinger 1946
<i>D. neoelliptica</i>	Pavan & Magalhães <i>apud</i> Pavan 1950
<i>D. neoguaramunu</i>	Frydenberg 1956
<i>D. nigricruria</i>	Patterson & Mainland <i>apud</i> Patterson 1943
<i>D. onca</i>	Dobzhansky & Pavan 1943
<i>D. ornatifrons</i>	Duda 1927
<i>D. pagliolii</i>	Cordeiro 1963
<i>D. paraguayensis</i>	Duda 1927
<i>D. paramediotriata</i>	Townsend & Wheeler 1955
<i>D. paranaensis</i>	Barros 1950
<i>D. paulistorum</i>	Dobzhansky & Pavan <i>apud</i> Burla <i>et al.</i> 1949
* <i>D. piratininga</i>	Ratcov & Vilela 2007

Espécie	Autor
<i>D. polymorpha</i>	Dobzhansky & Pavan 1943
<i>D. prosaltans</i>	Duda 1927
<i>D. schildi</i>	Mallock 1924
<u>D. simulans</u>	Sturtevant 1919
<i>D. sturtevanti</i>	Duda 1927
<u>D. sukuzii</u>	Matsumura 1931
<i>D. trapeza</i>	Heed & Wheeler 1957
<i>D. willistoni</i>	Sturtevant 1916
Spp.r.1	
<i>R. punctulata</i>	Duda 1929
<u>S. latifasciaeformis</u>	Duda 1940
<u>Z. indianus</u>	Gupta 1970

Tabela 2. Abundância dos drosofilídeos coletados em matas de galeria na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), entre outubro de 2013 e agosto de 2015. As espécies sublinhadas e em negrito são exóticas. A espécie destacada com um * corresponde a um novo registro para o bioma.

Subfamília																				
Drosophilinae																				
Gênero	Subgênero	Grupo	Espécie	out/13	dez/13	fev/14	abr/14	jun/14	ago/14	out/14	dez/14	fev/15	abr/15	jun/15	ago/15	13-14	14-15	Geral		
<i>Drosophila</i>	<i>Drosophila</i>	<i>annulimana</i>	<i>D. aragua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1		
			<i>D. ararama</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2	3	5
			<i>D. arauna</i> AFF	1	3	17	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	7	22	9	31
				Total	1	3	19	0	0	1	1	1	0	0	4	7	24	13	37	
		<i>calloptera</i>		<i>D. atrata</i>	0	0	0	0	10	2	0	0	0	3	15	7	12	25	37	
	<i>D. schildi</i>			0	0	0	1	5	1	0	0	0	1	12	1	7	14	21		
	Total			0	0	0	1	15	3	0	0	0	0	4	27	8	19	39	58	
		<i>canalinae</i>		<i>*D. piratininga</i>	1	0	0	4	0	1	2	0	2	2	0	0	6	6	12	
	Total			1	0	0	4	0	1	2	0	2	2	0	0	6	6	12		
		<i>cardini</i>		<i>D. cardini</i>	3	8	18	18	14	13	7	3	7	32	20	21	74	90	164	
	<i>D. cardinoides</i>			1	2	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1	6	
	<i>D. neocardini</i>			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	
	<i>D. polymorpha</i>			0	2	10	0	0	0	0	0	0	2	6	19	2	1	12	30	42
Total	4			13	28	20	14	13	7	5	14	52	22	22	92	122	214			

Gênero	Subgênero	Grupo	Espécie	out/13	dez/13	fev/14	abr/14	jun/14	ago/14	out/14	dez/14	fev/15	abr/15	jun/15	ago/15	13-14	14-15	Geral
		<i>Coffeata</i>	<i>D. pagliolii</i> AFF	4	1	2	2	0	1	0	0	0	2	0	3	10	5	15
			Total	4	1	2	2	0	1	0	0	0	2	0	3	10	5	15
		<i>Guarani</i>	<i>D. maculifrons</i>	0	1	4	14	2	0	0	0	7	4	2	0	21	13	34
			<i>D. guaru</i>	0	3	2	7	1	1	0	4	0	1	0	0	14	5	19
			<i>D. ornatifrons</i>	3	15	7	19	0	2	1	2	4	18	1	9	46	35	81
			Total	3	19	13	40	3	3	1	6	11	23	3	9	81	53	134
		<i>immigrans</i>	<i>D. immigrans</i>	0	21	8	3	0	1	0	6	0	10	0	5	33	21	54
			Total	0	21	8	3	0	1	0	6	0	10	0	5	33	21	54
		<i>Repleta</i>	<i>D. buzzatii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
			<i>D. hydei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
			<i>D. mercatorum</i>	2	2	12	2	3	10	0	0	0	4	4	4	31	12	43
			<i>D. nigricruria</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2
			<i>D. onca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
			<i>D. paranaensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
			Spp.r.1	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	2	6	7	8	15
			Total	3	2	18	3	3	11	0	1	0	5	8	10	40	24	64
		<i>tripunctata</i>	<i>D. bandeirantorum</i>	0	1	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	19
			<i>D. cuaso</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1	0	0	16	16
			<i>D. mediopunctata</i>	1	8	11	8	23	0	0	0	1	27	36	24	51	88	139

Gênero	Subgênero	Grupo	Espécie	out/13	dez/13	fev/14	abr/14	jun/14	ago/14	out/14	dez/14	fev/15	abr/15	jun/15	ago/15	13-14	14-15	Geral
			<i>D. neoguararamunu</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3	3
			<i>D. paraguayensis</i>	2	2	3	13	26	0	1	0	1	22	13	2	46	39	85
			<i>D. paramediostriata</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0	7	1	0	5	8	13
			<i>D. trapeza</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	3	0	16	16
			Total	3	13	23	48	50	0	1	0	2	85	64	29	137	181	318
<i>Siphlodora</i>	Na		<i>D. flexa</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1	4	5
			Total	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1	4	5
<i>Sophophora</i>	<i>melanogaster</i>		<i><u>D. ananassae</u></i>	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
			<i><u>D. kikkawai</u></i> AFF	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
			<i><u>D. malerkotliana</u></i>	0	12	1.093	30	0	1	4	35	39	269	13	4	1.136	364	1.500
			<i><u>D. melanogaster</u></i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2
			<i><u>D. simulans</u></i>	21	275	307	61	20	1.873	314	349	32	31	63	1.303	2.557	2.092	4.649
			<i><u>D. suzukii</u></i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	0	0	11	11
			Total	21	289	1.401	93	21	1.874	318	386	71	310	77	1.307	3.699	2.469	6.168
<i>Saltans</i>			<i>D. neoelliptica</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
			<i>D. prosaltans</i>	1	0	0	1	1	2	0	0	1	4	3	5	5	13	18
			<i>D. sturtevanti</i>	2	62	1.368	422	122	32	9	13	71	486	111	64	2.008	754	2.762
			Total	3	62	1.372	423	123	34	9	13	72	490	114	69	2.017	767	2.784

Gênero	Subgênero	Grupo	Espécie	out/13	dez/13	fev/14	abr/14	jun/14	ago/14	out/14	dez/14	fev/15	abr/15	jun/15	ago/15	13-14	14-15	Geral
		<i>Willistoni</i>	<i>D. bocainensis</i>	0	6	11	3	0	0	0	1	2	1	1	0	20	5	25
			<i>D. fumipennis</i>	0	7	17	8	1	1	0	2	7	109	48	18	34	184	218
			<i>D. nebulosa</i>	0	23	53	54	5	35	2	8	30	16	18	6	170	80	250
			<i>D. paulistorum</i>	0	71	3.311	2.150	18	2	3	1	66	6.283	201	0	5.552	6.554	12.106
			<i>D. willistoni</i>	4	434	6.211	1.610	90	2	6	85	2.282	10.460	833	20	8.351	13.686	22.037
			Total	4	541	9.603	3.825	114	40	11	97	2.387	16.869	1.101	44	14.127	20.509	34.636
		<i>Rhinoleucophenga</i>	<i>R. punctulata</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2
			Total	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2
		<i>Scaptodrosophila</i>	<i>S. latifasciaeformis</i>	0	0	5	2	0	0	0	0	0	4	3	1	7	8	15
			Total	0	0	5	2	0	0	0	0	0	4	3	1	7	8	15
		<i>Zaprionus</i>	<i>Z. indianus</i>	4	131	199	48	13	73	8	19	93	52	44	268	468	484	952
			Total	4	131	199	48	13	73	8	19	93	52	44	268	468	484	952
			Total	51	1.095	12.691	4.512	356	2.058	358	534	2.652	17.908	1467	1.786	20.763	24.705	45.468
			Número de Espécies Coletadas	15	25	27	28	18	22	12	17	18	32	32	23	39	42	48

Tabela 3. Abundância dos drosofilídeos coletados em cerrados *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), entre outubro de 2013 e agosto de 2015. As espécies sublinhadas e em negrito são exóticas. A espécie destacada com um * corresponde a um novo registro para o bioma.

<u>Subfamília</u>																		
<u>Drosophilinae</u>																		
Gênero	Subgênero	Grupo	Espécie	out/13	dez/13	fev/14	abr/14	jun/14	ago/14	out/14	dez/14	fev/15	abr/15	jun/15	ago/15	13-14	14-15	Geral
<i>Drosophila</i>	<i>Dorsilopha</i>	<i>Busckii</i>	<u><i>D. busckii</i></u>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	9	1	11	12
			Total	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	9	1	11	12
	<i>Drosophila</i>	<i>Cardini</i>	<i>D. cardini</i>	19	83	309	130	17	17	10	206	32	829	195	37	575	1.309	1.884
			<i>D. cardinoides</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
			<i>D. polymorpha</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3
			Total	19	83	310	130	17	17	10	209	32	829	195	37	576	1.312	1.888
		<i>Coffeata</i>	<i>D. pagliolii</i> AFF	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
			Total	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	<i>Guarani</i>		<i>D. maculifrons</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	4
			<i>D. guaru</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
			<i>D. ornatifrons</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	3
			Total	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7	0	0	1	7	8

Gênero	Subgênero	Grupo	Espécie	out/13	dez/13	fev/14	abr/14	jun/14	ago/14	out/14	dez/14	fev/15	abr/15	jun/15	ago/15	13-14	14-15	Geral
		<i>immigrans</i>	<i>D. immigrans</i>	0	4	0	0	0	0	0	2	0	6	0	0	4	8	12
			Total	0	4	0	0	0	0	0	2	0	6	0	0	4	8	12
		<i>Repleta</i>	<i>*D. aldrichi</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
			<i>D. buzzatii</i>	0	7	6	1	0	0	0	13	1	4	0	0	14	18	32
			<i>D. hydei</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	4
			<i>D. mercatorum</i>	3	52	74	10	6	25	3	60	21	125	45	38	170	292	462
			<i>D. nigricruria</i>	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	3	4	7
			<i>D. paranaensis</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0	2	3	5
			Spp.r.1	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0	8	4	11	12	23
			Total	4	59	84	24	8	25	4	73	23	132	56	42	204	330	534
		<i>tripunctata</i>	<i>D. mediopunctata</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
			<i>D. mediotriata</i>	0	2	1	2	0	0	0	3	0	9	2	0	5	14	19
			<i>D. paraguayensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
			<i>D. paramediotriata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3
			<i>D. trapeza</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
			Total	0	2	2	3	0	0	0	3	0	13	3	0	7	19	26
<i>Siphlodora</i>	Na		<i>D. flexa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	33	33
			Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	33	33

Gênero	Subgênero	Grupo	Espécie	out/13	dez/13	fev/14	abr/14	jun/14	ago/14	out/14	dez/14	fev/15	abr/15	jun/15	ago/15	13-14	14-15	Geral	
<i>Sophophora</i>	<i>melanogaster</i>		<i>D. ananassae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
			<i>D. kikkawai</i> AFF	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
			<i>D. malerkotiana</i>	0	75	1.493	10	2	0	2	15	54	209	4	0	1.580	284	1.864	
			<i>D. simulans</i>	11	497	422	28	75	136	36	233	91	73	72	275	1.169	780	1.949	
			<i>D. sukukii</i>	0	3	0	1	0	0	0	5	14	12	0	0	4	31	35	
			Total	11	576	1915	40	77	136	38	253	159	294	76	275	2.755	1.095	3.850	
<i>Saltans</i>			<i>D. prosaltans</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	4	3	2	11	13	
			<i>D. sturtevanti</i>	0	144	1.085	129	196	8	5	5	118	1.102	96	60	1.562	1.386	2.948	
			Total	0	144	1.086	129	196	9	5	5	119	1.105	100	63	1.564	1.397	2.961	
<i>willistoni</i>			<i>D. bocainensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
			<i>D. fumipennis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	4	4	
			<i>D. nebulosa</i>	2	51	154	21	12	6	1	101	110	91	7	7	246	317	563	
			<i>D. paulistorum</i>	0	8	79	5	0	0	0	0	0	40	5	0	92	45	137	
			<i>D. willistoni</i>	0	17	130	2	7	0	1	4	16	198	28	5	156	252	408	
			Total	2	76	363	29	19	6	2	105	126	331	42	12	495	618	1.113	
<i>Rhinoleucophenga</i>			<i>R. punctulata</i>	2	10	3	1	6	23	33	2	11	0	1	11	45	58	103	
			Total	2	10	3	1	6	23	33	2	11	0	1	11	45	58	103	
<i>Scaptodrosophila</i>			<i>S. latifasciaeformis</i>	0	4	39	10	2	0	0	0	1	133	2	1	55	137	192	
			Total	0	4	39	10	2	0	0	0	1	133	2	1	55	137	192	

Gênero	Subgênero	Grupo	Espécie	out/13	dez/13	fev/14	abr/14	jun/14	ago/14	out/14	dez/14	fev/15	abr/15	jun/15	ago/15	13-14	14-15	Geral
<i>Zaprionus</i>			<i>Z. indianus</i>	3	10.104	176	64	39	20	21	2.802	2.191	2.671	26	44	10.406	7.755	18.161
			Total	3	10.104	176	64	39	20	21	2.802	2.191	2.671	26	44	10.406	7.755	18.161
			Total	41	11.062	3.980	431	364	236	113	3.455	2.662	5.522	501	527	16.114	12.780	28.894
			Número de Espécies Coletadas	7	16	20	21	12	8	10	15	14	24	19	13	29	30	37

Tabela 4. Seriação temporal das espécies encontradas para o período 2013-2015 com unificação da riqueza de formações florestais e savânicas para os meses correspondentes de coleta.

	Out	Dez	Fev	Abr	Jun	Ago
<i>D. melanogaster</i>						
<i>D. aldrichi</i>						
<i>D. neoelliptica</i>						
<i>D. aragua</i>						
<i>D. onca</i>						
<i>D. flexa</i>						
<i>D. neocardini</i>						
<i>D. paranaensis</i>						
<i>D. cuaso</i>						
<i>D. neoguaramunu</i>						
<i>D. paramediostriata</i>						
<i>D. busckii</i>						
<i>D. atrata</i>						
<i>D. schildi</i>						
<i>D. trapeza</i>						
<i>D. hydei</i>						
<i>D. ararama</i>						
<i>D. kikkawai_AFF</i>						
<i>D. ananassae</i>						
<i>D. bandeirantorum</i>						
<i>D. buzzatii</i>						
<i>D. piratininga</i>						
<i>D. nigricuria</i>						
<i>D. cardinoides</i>						
<i>D. immigrans</i>						
Spp. r1						
<i>D. maculifrons</i>						
<i>D. mediostriata</i>						
<i>D. suzukii</i>						
<i>D. bocainensis</i>						
<i>D. guaru</i>						
<i>D. fumipennis</i>						
<i>S. latifasciaeformis</i>						
<i>D. prosaltans</i>						
<i>D. arauna_AFF</i>						
<i>D. pagliolii_AFF</i>						
<i>D. cardini</i>						
<i>D. polymorpha</i>						
<i>D. ornatifrons</i>						
<i>D. mercatorum</i>						
<i>D. mediopunctata</i>						
<i>D. paraguayensis</i>						
<i>D. malerkotliana</i>						
<i>D. simulans</i>						
<i>D. sturtevantii</i>						
<i>D. nebulosa</i>						
<i>D. paulistorum</i>						
<i>D. willistoni</i>						
<i>R. punctulata</i>						
<i>Z. indianus</i>						