



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

DROSOFILÍDEOS (INSECTA, DIPTERA) DA MATA DO PITOCO: DIVERSIDADE
E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL

FRANCISCO ROQUE

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ecologia, do Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requerimento à obtenção do Título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Rosana Tidon

Brasília, fevereiro de 2009.

FRANCISCO ROQUE

Drosofilídeos (Insecta, Diptera) da mata do Pitoco: diversidade e
distribuição vertical

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da
Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em
Ecologia

Banca Examinadora

Prof^ª. Dr^ª. Rosana Tidon
Orientadora – UnB

Prof^ª. Dr^ª. Ivone Rezende Diniz
Membro Titular – UnB

Prof. Dr. Paulo Roberto Petersen Hofmann
Membro Titular – UFSC

Prof. Dr. Jonh Du Vall Hay
Suplente – UnB

Brasília, fevereiro de 2009

Índice

Agradecimentos.....	1
Abstract.....	3
Resumo.....	4
Considerações Iniciais.....	5
Referências.....	7
Lista de Tabelas e Figuras.....	9
Capítulo I.....	10
Drosofilídeos (Insecta: Diptera) da Mata do Pitoco: importante contribuição para a fauna drosofiliana da região Neotropical.....	11
Resumo.....	12
Introdução.....	13
Materiais e Métodos.....	15
Resultados e Discussão.....	17
Agradecimentos.....	23
Referências.....	23
Capítulo II.....	27
Variação temporal-espacial da distribuição vertical de drosofilídeos (Insecta: Diptera) na mata do Pitoco, Brasília, DF.....	28
Resumo.....	29
Introdução.....	30
Materiais e Métodos.....	34
<i>Área de estudo.....</i>	<i>34</i>
<i>Métodos de coleta e identificação.....</i>	<i>36</i>
<i>Análise dos dados.....</i>	<i>37</i>
Resultados.....	39
Discussão.....	49
Agradecimentos.....	57
Referências.....	57
Considerações Finais.....	64

Agradecimentos

Antes de tudo, agradeço à minha família, que é a minha base. Em especial à minha querida mãe Luzia e à minha irmã Sandra, que estiveram comigo em todas as horas, incluindo as mais difíceis, me dando todo apoio que precisei.

À minha orientadora, Rosana Tidon, por acreditar em mim enquanto persistia em erros, e por tantas oportunidades oferecidas. Pela disponibilidade (mesmo em momentos nos quais não existia) de discutir, sugerir, e dar importantes orientações sempre que necessário. Pelo exemplo de trabalho com responsabilidade, respeito, colaboração mútua e prazer que vou levar comigo.

Ao Renato, pelo apoio e compreensão e pelos momentos difíceis que passamos. Aos meus inseparáveis amigos Danilo e Ezequiel, os quais alegravam minha casa nos momentos mais solitários em que escrevia este trabalho. Ao Tonhão, por me fazer sorrir novamente.

A todos os meus companheiros do presente e do passado de laboratório (Henrique, Natália, Roberta, Luciana, Renata, Priscila, Juliana, Carol, Flávia e Eli) que fazem e fizeram o ambiente de trabalho um ambiente de colaboração e respeito mútuos. Agradeço especialmente ao Henrique pelo companheirismo e ajuda nos momentos finais da dissertação.

Ao Senhor Antônio, grande amigo e companheiro, pela ajuda no trabalho de campo sem o qual não teria conseguido realizar as coletas de dados e pelo cafezinho sem o qual teria dormido muitas vezes.

Ao Senhor Renato, da prefeitura da Universidade de Brasília, pelo empréstimo de sua escada, utilizada na fixação dos transectos verticais. À professora Dr. Heloísa S.

Miranda, do Departamento de Ecologia-UnB, que gentilmente emprestou seu termohigrômetro para coleta dos dados microclimáticos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, especialmente aos Professores Drs. Helena Castanheira e John Hay, e ao inesquecível secretário Iriodes, que com o seu bom humor tornava as minhas idas à secretaria mais divertidas e agradáveis.

À Universidade de Brasília, especificamente ao setor de transporte, pelo apoio em atividades de campo.

Finalmente, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida durante a realização deste trabalho, e ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto.

Abstract

We evaluated the drosophilid assemblages in a gallery forest in the Cerrado, to evaluate the existence of temporal and spatial aggregation patterns of these insects and their relationship with microclimate. We performed twelve monthly collections between December 2007 and November 2008 in the Pitoco gallery forest (IBGE), near to Brasilia, and in each collection 30 traps were distributed among 10 vertical transects (0m, 4m and 8m height), that is, each vertical transect with three traps. We also measured the local temperature and relative humidity. We collected 61 drosophilid species of the genera *Amiota*, *Drosophila*, *Neotanygrastrella*, *Rhinoleucophenga*, *Scaptodrosophila*, *Zaprionus* and *Zygothryca*, and of two taxa whose identification was not possible in the mentioned genera. Moreover, we recorded seven new occurrences: *Amiota filipes* for the Neotropical region, *Drosophila neorepleta* for South America, and *D. coffeata*, *D. prosimilis*, *D. pseudosaltans*, *D. saltans* and *Rhinoleucophenga brasiliensis* for the Cerrado biome. The richness and abundance of drosophilids varied throughout time, areas (river, transition and edge) and heights (0m, 4m and 8m) of the forest. The richness was higher in April, at the transition and edge areas, at 8m height. The abundance of the neotropical drosophilids was higher in April, at the transition area at the ground level, and exotic drosophilids were more abundant in dry months, at 8m height of all the areas, mainly at the edge. The microclimate of the area varied throughout time and space; however it did not explain the variations in the richness and abundance of the flies. The high species richness recorded here probably reflects the environmental complexity presented by gallery forests. The vertical distribution patterns throughout time and space presented here certainly reflect adaptations to the environmental complexity of the Pitoco gallery forest.

Key words: Cerrado; environmental complexity; *Drosophila*.

Resumo

Neste estudo, nós avaliamos as assembleias de drosofilídeos em uma mata de galeria no Cerrado, visando avaliar a existência de padrões de agregação temporais e espaciais desses insetos, e a relação entre esses padrões e o microclima. Doze coletas mensais foram realizadas entre dezembro de 2007 e novembro de 2008 na mata do Pitoco (IBGE), próxima à cidade de Brasília, e em cada uma 30 armadilhas foram distribuídas entre 10 transectos verticais (0m, 4m e 8m de altura), ou seja, cada transecto vertical com três armadilhas. Medidas locais de temperatura e umidade relativa foram tomadas. Nós coletamos 61 espécies de drosofilídeos representantes dos gêneros *Amiota*, *Drosophila*, *Neotanygrastrella*, *Rhinoleucophenga*, *Scaptodrosophila*, *Zaprionus* e *Zygothryca*, e de dois táxons cuja identificação não foi possível nos gêneros citados. Além do mais, sete novas ocorrências foram registradas: *Amiota filipes* para a região Neotropical, *Drosophila neorepleta* para a América do Sul, e *D. coffeata*, *D. prosimilis*, *D. pseudosaltans*, *D. saltans* e *Rhinoleucophenga brasiliensis* para o bioma Cerrado. A riqueza e abundância dos drosofilídeos variaram ao longo do tempo, das áreas (rio, transição e borda) e alturas (0m, 4m e 8m) da mata. A riqueza foi maior em abril, na transição e borda, a 8m de altura. A abundância de drosofilídeos neotropicais foi maior em abril, na área de transição ao nível do solo, e a de espécies exóticas em meses típicos da seca, a 8m de altura de todas as áreas, principalmente da borda. O microclima da área variou no tempo e espaço, contudo não explicou as variações na riqueza e abundância das moscas. A alta riqueza de espécies registrada provavelmente reflete a complexidade ambiental apresentada por matas de galerias. Os padrões temporais e espaciais da distribuição vertical apresentados neste estudo provavelmente refletem adaptações à complexidade ambiental da mata do Pitoco.

Palavras-chave: Cerrado; complexidade ambiental; *Drosophila*.

Considerações Iniciais

A diversidade biológica é o resultado de processos e eventos evolutivos que vêm acontecendo durante bilhões de anos. O estudo da biodiversidade não apenas é essencial para a biologia da conservação, mas também pode auxiliar na elucidação e avanço da ecologia. Muitas questões sobre como a diversidade biológica foi gerada e como é regulada nos ambientes tropicais ainda não foram completamente elucidadas. Ecossistemas tropicais como o Cerrado, por exemplo, são mais complexos e comportam uma proporção de biodiversidade muito alta, e ao mesmo tempo, são mais ameaçados e pouco estudados quando comparados com os temperados. Assim, mesmo as investigações de caráter descritivo, que visem acumular dados sobre a história natural da fauna e flora desses ecossistemas ainda pouco conhecidos, são essenciais para a formulação de generalizações e hipóteses a serem testadas por pesquisas futuras.

Dentre todos os modelos biológicos poucos foram tão amplamente estudados e em tantos níveis como as moscas do gênero *Drosophila*. Uma boa parte desses insetos pode ser utilizada em várias áreas da biologia, em parte, devido à relativa facilidade para coleta e manutenção das linhagens em laboratório e a possibilidade de se estudar amostras grandes em curtos períodos de tempo, visto que apresentam ciclo de vida curto e se reproduzem rápido e abundantemente. Dessa forma, essas moscas contribuíram para o desenvolvimento de várias áreas da ciência tais como a Genética, e as Biologias Evolutiva, Molecular e do Desenvolvimento. Do ponto de vista ecológico, contudo, os drosofilídeos ainda são pouco estudados (Powell 1997), sendo que apenas nas últimas décadas foram realizados estudos mais profundos sobre a história natural desse grupo de forma a esclarecer as relações ecológicas entre ele o e meio ambiente e/ou suas interações com outros táxons (Pavan 1959; Martins 1987; Tidon-Sklorz & Sene 1992,

1995; Sevenster & van Alphen 1993; Shorrocks & Sevenster 1995; Medeiros 2000; Tidon 2006; Mata *et al.* 2008). De acordo com Carson (1971), ecologicamente esses insetos são definidos como consumidores primários de micro-organismos, principalmente leveduras, associados a substratos orgânicos em diferentes estágios de decomposição. Baseado nesse conceito e em outras teorias, alguns estudos com esses organismos avançaram em discussões sobre nichos ecológicos (Shorrocks 1974), competição (Shorrocks 1991; Budnik *et al.* 2001), mecanismos de coexistência de espécies (Atkinson & Shorrocks 1981; Sevenster & van Alphen 1993), estresse climático (Parsons 1989; Hoffmann *et al.* 2003), biogeografia de ilhas (Jaenike 1978), seleção natural (Harshman & Hoffmann 2000), dispersão (Fontdevila & Carson 1978) e colonização de novos ambientes por espécies exóticas (Tidon *et al.* 2003).

No contexto do Cerrado, este foi o primeiro estudo que avaliou variações espaciais e temporais na distribuição vertical de drosofilídeos associados a uma mata de galeria. Os resultados apresentados certamente propiciarão avanços na discussão de questões voltadas à alta riqueza de espécies apresentada por ambientes florestados, a qual tem sido associada à complexidade ambiental dessas áreas.

O presente trabalho está dividido em dois capítulos. No primeiro é apresentada uma lista das espécies registradas na mata do Pitoco, e no segundo são apresentados e discutidos os padrões de distribuição vertical (no espaço e no tempo) dos drosofilídeos dessa mata, e as relações desses padrões com variações em parâmetros microclimáticos.

Referências

- Atkinson, W.D. & Shorrocks, B. (1981) Competition on a divided and ephemeral resource: a simulation model. *Journal of Animal Ecology*, 50, 461–471.
- Budnik, M., Valente, V.L., Manriquez, G. & Cifuentes, L. (2001) Preadult interactions between *Drosophila simulans* and *D. willistoni* (Diptera: Drosophilidae) emerged from the same substrata. *Acta Entomologica Chilena*, 25, 21–6.
- Carson, H.L. (1971) The ecology of *Drosophila* breeding sites, *Harold L. Lyon Arboretum Lecture*. University of Hawaii Press, Honolulu, 28p.
- Fontdevila, A. & Carson, H.L. (1978) Spatial distribution and dispersal in a population of *Drosophila*. *The American Naturalist*, 112, 365–380.
- Harshman, L.G. & Hoffmann, A.A. (2000) Laboratory selection experiments using *Drosophila*: What do they really tell us? *Trends in Ecology and Evolution*, 15, 32–36.
- Hoffmann, A.A., Hallas, R.J., Dean, J.A. & Schiffer, M. (2003) Low potential for climatic stress adaptation in a rainforest *Drosophila* species. *Science*, 301, 100–102.
- Jaenike, J. (1978) Effect of island area on *Drosophila* population densities. *Oecologia*, 36, 327–332.
- Martins, M.B. (1987) Variação espacial e temporal de algumas espécies e grupos de *Drosophila* (Diptera) em duas reservas de matas isoladas, nas vizinhanças de Manaus (Amazonas, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 3, 195–218.
- Mata, R.A., McGeoch, M. & Tidon, R. (2008) Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. *Biodiversity and Conservation*, 17, 2899–2916.
- Medeiros, H.F. (2000) *Assembleias de espécies de Drosophila (Diptera; Drosophilidae) e efeitos de cursos d'água sobre suas distribuições em duas Matas de São Paulo*, 98p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia IB/UNICAMP, Campinas.
- Parsons, P.A. (1989) Environmental stresses and conservation of natural populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, 29–49.
- Pavan, C. (1959) Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, 221, 1–81.

- Powell, J.R. (1997) *Progress and prospects in Evolutionary Biology: The Drosophila model*. Oxford University Press, Oxford, 562p.
- Sevenster, J.G. & van Alphen, J.J.M. (1993) A life history trade off in *Drosophila* species and community structure in variable environments. *Journal of Animal Ecology*, 62, 720–736.
- Shorrocks, B. (1974) Niche parameters in domestic species of *Drosophila*. *Journal of Natural History*, 8, 215–222.
- Shorrocks, B. (1991) Competition on a divided and ephemeral resource: a cage experiment. *Biological Journal of the Linnean Society*, 43, 211–220.
- Shorrocks, B. & Sevenster, J.G. (1995) Explaining local species diversity. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 260, 305–309.
- Tidon, R. (2006) Relationships between drosophilids (Diptera: Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. *Biological Journal of the Linnean Society*, 87, 233–247.
- Tidon, R., Leite, D.F. & Leão, B.F.D. (2003) Impact of the colonization of *Zaprionus* (Diptera: Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biological Conservation*, 112, 299–305.
- Tidon-Sklorz, R. & Sene, F.M. (1992) Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in the state of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 52, 311–317.
- Tidon-Sklorz, R. & Sene, F.M. (1995) Fauna of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) in the northern area of the “Cadeia do Espinhaço”, states of Minas Gerais and Bahia, Brazil: biogeographical and ecological aspects. *Iheringia*, 78, 85–94.

Índice de Tabelas e Figuras

Capítulo I

TABELA 1 - Drosofilídeos da mata do Pitoco.....	19
FIGURA 1 - Localização da área de estudo.....	16

Capítulo II

TABELA 1 - Riqueza e abundância dos drosofilídeos.....	40
TABELA 2 - ANOVA de medidas repetidas.....	44
TABELA 3 - Dados microclimáticos.....	48
TABELA 4 - Análises de regressões.....	49
FIGURA 1 - Localização da área de estudo.....	35
FIGURA 2 - Curva de acumulação de drosofilídeos.....	42
FIGURA 3 - Flutuações mensais da riqueza e abundâncias de drosofilídeos.....	45
FIGURA 4 - Distribuição da abundância média de drosofilídeos.....	46

CAPÍTULO I

Drosofilídeos (Insecta: Diptera) da mata do Pitoco: importante contribuição para a fauna drosofiliana da região Neotropical

FRANCISCO ROQUE¹ & ROSANA TIDON²

¹. *Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, ICC Sul, térreo, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. E-mail: roque9@bol.com.br*

². *Departamento de Genética e Morfologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Asa Norte, CP 04457, Brasília-DF, 70919-970, Brasil. E-mail: rotidon@unb.br*

Resumo

A riqueza de espécies de drosofilídeos associados a uma mata de galeria do Cerrado brasileiro foi caracterizada, visando aprimorar o conhecimento sobre a riqueza de espécies e a distribuição dessas moscas. Coletas mensais de drosofilídeos foram feitas entre dezembro de 2007 e novembro de 2008 em uma mata de galeria de uma Reserva Ecológica, localizada próxima à cidade de Brasília. Foram coletadas 61 espécies representantes de sete gêneros reconhecidos (*Amiota*, *Drosophila*, *Neotanygrastrella*, *Rhinoleucophenga*, *Scaptodrosophila*, *Zaprionus* e *Zygothryca*), e de dois gêneros não determinados da família Drosophilidae. *Drosophila* foi o gênero dominante, com 46 espécies reconhecidas e cinco indeterminadas. Entre as espécies registradas nessa área, sete são novas ocorrências: *Amiota filipes* para a região Neotropical, *Drosophila neorepleta* para a América do Sul, e *D. coffeata*, *D. prosimilis*, *D. pseudosaltans*, *D. saltans* e *Rhinoleucophenga brasiliensis* para o bioma Cerrado. Desconsiderando os indivíduos não identificados (13,1%), a porcentagem de espécies neotropicais (75,4%) foi maior do que a de drosofilídeos exóticos (11,5%). Este foi o mais expressivo estudo taxonômico deste grupo no Cerrado, indicando que a riqueza de espécies de drosofilídeos nesse bioma é alta, porém ainda pouco estudada. A alta riqueza de espécies registrada nessa área de estudo provavelmente reflete a complexidade ambiental das matas de galeria, e o fato de que a mata do Pitoco está localizada em uma área protegida.

Palavras-Chave: distribuição; *Drosophila*; novos registros; reserva ecológica.

Introdução

A biodiversidade não está uniformemente distribuída sobre a Terra (Brooks *et al.* 2006). Entre os ambientes terrestres, as florestas são aqueles que abrigam a mais alta biodiversidade (Hunter 1990). No Cerrado, por exemplo, as matas de galeria contribuem com aproximadamente 33% da flora fanerogâmica local, apesar da reduzida área que ocupam na região, apenas 5% do território do Cerrado (Felfili *et al.* 2001). A heterogeneidade observada no ambiente físico que as florestas ocupam e a disponibilidade de micro-habitats são destacadas como fatores determinantes da biodiversidade de drosofilídeos nesses ambientes (Tanabe 2002).

O bioma Cerrado é um complexo de formações vegetais, muito rico do ponto de vista botânico, sendo cada uma delas responsável pela origem e manutenção da biodiversidade da região, a qual é a maior entre as savanas do mundo (Oliveira & Marquis 2002). Apesar de ser considerado um dos 25 hotspots mundiais de biodiversidade (Myers *et al.* 2000), a riqueza de espécies do Cerrado ainda é realmente pouco estudada e a falta de informações sobre artrópodes é notória (Diniz & Kitayama 1998). Dentre as fitofisionomias que constituem o Cerrado, as matas de galeria são aquelas que possuem a maior riqueza de espécies vegetais, sendo que as árvores tendem a formar um dossel geralmente fechado de 15-20 m de altura (Ratter *et al.* 1997). Essa variabilidade de espécies é acompanhada de intensa relação da vegetação com insetos, pássaros e mamíferos responsáveis pelo transporte de pólen e sementes (Rezende 1998). Essas matas estão associadas aos cursos d'água, e no geral elas são comunidades isoladas circundadas por outras comunidades savânicas. No Cerrado, as matas de galeria são refúgios essenciais para a sobrevivência da fauna, a qual se supre dos seus alimentos e da água, os quais são recursos escassos em períodos secos (Redford & Fonseca 1986).

As moscas da família Drosophilidae, em particular aquelas do gênero *Drosophila* (Fallen), são consideradas excelentes modelos para pesquisas, por isso contribuíram para o desenvolvimento de várias áreas da ciência (Genética, Biologia Evolutiva, Molecular e Biologia do Desenvolvimento). Isto ocorre porque, no geral, essas moscas são pequenas, numerosas, diversas, amplamente distribuídas e muito sensíveis às variações ambientais (Powell 1997). Essa família de insetos teve origem nas regiões tropicais, há cerca de 50 milhões de anos atrás (Throckmorton 1975), e hoje tem mais de 3.900 espécies descritas (Bächli 2009) amplamente distribuídas no planeta, exceto nas regiões polares.

Na região Neotropical, levantamentos taxonômicos regulares foram realizados apenas após a década de 40 (Dobzhansky & Pavan 1943; Pavan & Cunha 1947; Pavan 1950, 1959; Mourão *et al.* 1965). Já na década de 80, baseado em estudos prévios e em um extensivo programa de amostragem, Sene *et al.* (1980) e Vilela *et al.* (1983) discutiram a fauna de drosofilídeos dos domínios morfoclimáticos brasileiros, objetivando investigar a distribuição geográfica das espécies mais comuns. Os drosofilídeos do Cerrado, contudo, foram pouco estudados por esses estudos faunísticos. No Cerrado, amostragens sistemáticas de drosofilídeos foram iniciadas apenas no final da década de 90 e atualmente são conhecidas 120 espécies de drosofilídeos (Blauth & Gottschalk 2007; Chaves & Tidon 2008; Mata *et al.* 2008; Roque & Tidon 2008), 110 delas são endêmicas da região Neotropical e uma grande parte delas é encontrada exclusivamente ou preferencialmente em ambientes florestais do Cerrado (Tidon 2006). Por causa de todos esses estudos, sabe-se atualmente que uma maior concentração de espécies de drosofilídeos ocorre na região Neotropical, onde possivelmente centenas de espécies ainda serão descritas.

Embora as populações tropicais de drosofilídeos tenham sido objeto de estudos ecológicos, a riqueza e a distribuição da maioria das espécies de drosofilídeos neotropicais são ainda pouco conhecidas quando comparadas ao conhecimento das espécies paleárticas desse grupo. De acordo com Val *et al.* (1981), há uma surpreendente falta de informações sobre a riqueza de espécies de drosofilídeos neotropicais. Medeiros & Klaczko (2004) afirmaram que a maioria das 53 espécies de drosofilídeos indeterminadas que eles recentemente encontraram no Estado de São Paulo, uma das melhores regiões amostradas do sudeste brasileiro, na verdade corresponde a espécies não descritas desse grupo. Isso sugere que a afirmação de Val *et al.* (1981) ainda permanece verdadeira para a América do Sul Tropical. Com o objetivo de melhorar o conhecimento sobre a riqueza e a distribuição dos drosofilídeos no Cerrado, nós realizamos coletas para caracterizar a fauna de drosofilídeos associada a uma mata de galeria.

Materiais e Métodos

Doze coletas mensais de drosofilídeos foram feitas entre dezembro de 2007 e novembro de 2008 na Reserva Ecológica do IBGE, localizada a 35km ao sul de Brasília (15°56'S /47°56'W). Essa reserva tem 1.360ha e é parte do complexo *Gama-Cabeça de Veado*, uma área protegida de 10.000ha. Essa área também é parte da Reserva da Biosfera do Cerrado, criada em 1993, pela UNESCO, no Distrito Federal. Nessa reserva, existem cinco córregos denominados Taquara, Rocador, Escondido, Pitoco e Monjolo, os quais sustentam 104ha de matas de galeria. Neste estudo foi avaliada a mata que acompanha o córrego do Pitoco (Figura 1).

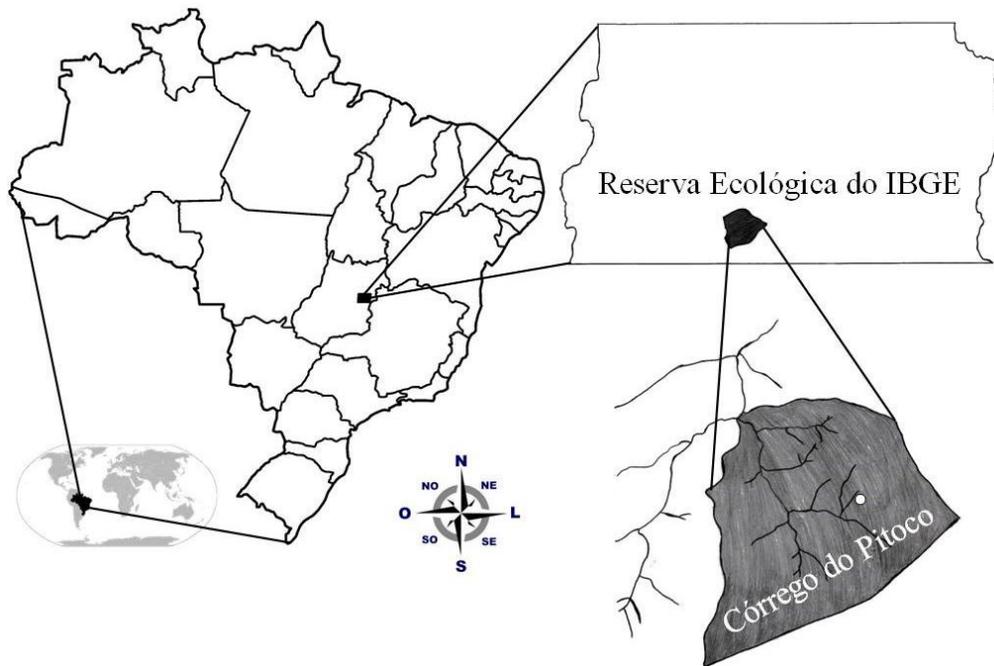


FIGURA 1. Localização da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal e da área de estudo nessa reserva (córrego do Pitoco indicado pelo círculo branco).

A mata do Pitoco ocorre na porção nordeste da Reserva Ecológica do IBGE ($15^{\circ}55'S / 47^{\circ}52'W$), sobre latossolo vermelho-escuro na maioria de sua área. A mata é mais larga na cabeceira do córrego (160m), onde o córrego forma pequenas cachoeiras, e mais abaixo ela torna-se mais estreita (120m), onde dominam manchas espalhadas de solos encharcados. A topografia é moderadamente inclinada (Silva 2001).

Dentro da mata foram usadas armadilhas de retenção (Tidon & Sene 1988), as quais utilizam pedaços de banana fermentada como isca para reter em câmaras todos os drosofilídeos que entram atraídos pela isca. Para cada coleta, 30 armadilhas de retenção foram distribuídas entre 10 transectos verticais (0m, 4m e 8m de altura), ou seja, cada transecto vertical com três armadilhas. Essas armadilhas foram mantidas no interior da mata por três dias consecutivos. Para o presente estudo, tais arranjos verticais (armadilhas alinhadas a 0m, 4m e 8m de altura) tiveram por objetivo caracterizar a

fauna associada aos diferentes ambientes disponíveis dentro da mata e futuros estudos serão realizados para avaliar aspectos temporais e espaciais da distribuição dessas moscas na mata do Pitoco.

No laboratório, os drosofilídeos capturados foram anestesiados com gás carbônico ainda dentro das armadilhas. Através dessa técnica, todas as moscas capturadas foram triadas e identificadas ainda vivas. A identificação de todas as moscas capturadas foi feita, sempre que possível, até o nível de espécie. Para esse propósito, foram usadas chaves de identificação, descrições de espécies e, em casos de espécies crípticas ou de difícil identificação, análises da morfologia da genitália masculina (Freire-Maia & Pavan 1949; Frota-Pessoa 1954; Magalhães 1962; Val 1982; Vilela 1983; Vilela & Bächli 1990; Chassagnard & Tsacas 1993). Por fim, os drosofilídeos foram classificados em dois grupos de espécies: exóticos e endêmicos da região Neotropical, e a representatividade de cada grupo foi acessada pela sua porcentagem de espécies. Referências à distribuição geográfica e autoridades taxonômicas dos insetos capturados podem ser checadas em Bächli (2009). Espécimens testemunhos foram depositados na coleção de drosofilídeos do Laboratório de Biologia Evolutiva do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

Resultados e Discussão

No contexto do Cerrado brasileiro, este foi o mais expressivo estudo taxonômico já realizado para esse grupo. Foram coletadas 61 espécies de drosofilídeos representantes de sete gêneros reconhecidos (*Amiota*, *Drosophila*, *Neotanygrastrella*, *Rhinoleucophenga*, *Scaptodrosophila*, *Zaprionus* e *Zygothryca*), e de dois gêneros indeterminados da família Drosophilidae. *Drosophila* foi o gênero mais representativo,

com 46 espécies reconhecidas e cinco não identificadas (Tabela 1). Essa riqueza de espécies representa cerca de 50% do número total de drosofilídeos conhecidos para o Cerrado (Blauth & Gottschalk 2007; Chaves & Tidon 2008; Mata *et al.* 2008; Roque & Tidon 2008), e baseado em levantamentos faunísticos realizados anteriormente, nosso estudo registrou sete novas ocorrências de drosofilídeos: *Amiota filipes* para a região Neotropical, *Drosophila neorepleta* para a América do Sul, e *D. coffeata*, *D. prosimilis*, *D. pseudosaltans*, *D. saltans* e *Rhinoleucophenga brasiliensis* para o bioma Cerrado. Os gêneros não identificados dessa família, assim como as cinco espécies de *Drosophila* também não identificadas, estão sendo avaliados e podem representar novos registros ou mesmo novos gêneros ou espécies.

TABELA 1. Drosofilídeos da mata do Pitoco (IBGE). As coletas foram realizadas entre dezembro de 2007 e novembro de 2008. Nomes precedidos por um asterisco (*) referem-se a novas ocorrências e os precedidos por dois asteriscos (**) referem-se a espécies exóticas da região Neotropical. A distribuição geográfica e as autoridades taxonômicas dessas espécies podem ser encontradas em <http://taxodros.unizh.ch/>.

Subfamília Drosophilinae

- ***Drosophila ananassae* Doleschall
 - D. aragua* Vilela and Pereira
 - D. arauna* Pavan and Nacur
 - D. atrata* Burla and Pavan
 - D. austrosaltans* Spassky
 - D. bandeirantium* Dobzhansky and Pavan
 - D. bocainensis* Pavan and da Cunha
 - D. bromelioides* Pavan and da Cunha
 - ***D. busckii* Coquillett
 - D. caponei* Pavan and da Cunha
 - D. capricorni* Dobzhansky and Pavan
 - D. cardini* Sturtevant
 - D. cardinoides* Dobzhansky and Pavan
 - **D. coffeata* Williston
 - D. cuaso* Bächli, Vilela and Ratcov
 - D. fumipennis* Duda
 - D. fuscolineata* Duda
 - D. griseolineata* Duda
 - D. guaraja* King
 - ***D. immigrans* Sturtevant
 - D. impudica* Duda
 - D. maculifrons* Duda
 - ***D. malerkotliana* Parshad and Paika
 - D. mediopunctata* Dobzhansky and Pavan
 - D. mediotriata* Duda
 - D. mercatorum* Patterson and Wheeler
 - D. nebulosa* Sturtevant
 - D. neocardini* Streisinger
 - D. neomorpha* Heed and Wheeler
 - **D. neorepleta* Patterson and Wheeler
 - D. nigricruria* Patterson and Mainland
 - D. pagliolii* Cordeiro
 - D. paraguayensis* Duda
 - D. paranaensis* Barros
 - D. polymorpha* Dobzhansky and Pavan
 - D. prosaltans* Duda
-

Continuação da Tabela 1

**D. prosimilis* Duda
**D. pseudosaltans* Magalhães
D. ornatifrons Duda
D. repleta Wollaston
**D. saltans* Sturtevant
D. schildi Malloch
***D. simulans* Sturtevant
D. sturtevanti Duda
D. trapeza Heed and Wheeler
D. willistoni Sturtevant
Drosophila F.P.1
Drosophila F.P.2
Drosophila F.P.3
Drosophila F.P.4
Drosophila F.P.5
Neotanygastrella F.P.1
***Scaptodrosophila latifasciaeformis* Duda
***Zaprionus indianus* Gupta
Zygothrica poeyi Sturtevant

Subfamília Steganinae

**Amiota filipes* Maca
**Rhinoleucophenga brasiliensis* Lima
R. fluminensis Lima
R. punctulata Duda
Drosophilidae F.P.1
Drosophilidae F.P.2

A maioria das espécies consideradas como novos registros no presente trabalho tem sido coletada em diversas localidades da região Neotropical. Contudo, este é o primeiro registro para o neotrópico de *Amiota filipes*, cuja distribuição geográfica estava restrita a Europa (região Paleártica) (Maca 1980). É possível que *Amiota* tenha ampla distribuição geográfica, tendo em vista o registro de outra espécie do mesmo gênero, *A. steganoptera*, no Brasil (Val *et al.* 1981, Wheeler 1957), em áreas não mencionadas, e de morfotipos desse gênero no sul do país (Schmitz *et al.* 2007). Dessa forma, é possível que *A. filipes* seja um exemplo de espécie bem distribuída, porém rara. Entre as espécies de *Drosophila*, este é o primeiro registro de *D. neorepleta* para a América do

Sul. Os únicos registros conhecidos para *D. neorepleta* são os da Guatemala, México e Estados Unidos. *Rhinoleucophenga brasiliensis* foi registrada anteriormente apenas em fragmentos da Mata Atlântica das cidades do Rio de Janeiro e Recife (Lima 1950). Apesar de *D. saltans* ter sido coletada no Mato Grosso, um Estado dominado pelos domínios Cerrado, Pantanal e Floresta Amazônica, tais coletas foram restritas a áreas de Floresta Amazônica (De Toni *et al.* 2005), portanto este é o primeiro registro de *D. saltans* para o Cerrado. As outras novas ocorrências do presente estudo já foram registradas principalmente em áreas do sul e sudeste brasileiro.

Embora algumas espécies não representem novos registros para o bioma Cerrado, seus registros foram feitos em um passado distante e/ou em localidades isoladas dessa região. Por exemplo, *Drosophila pagliolii* foi registrada em um “cerrado” próximo à Brasília, D.F, por Cordeiro (1963), e somente 46 anos depois foi novamente coletada por Roque & Tidon (2008) em áreas do bioma Cerrado onde os drosofilídeos jamais foram avaliados. *Drosophila caponei* e *D. trapeza* foram anteriormente registradas na Serra do Cipó por Tidon-Sklorz *et al.* (1994) e Vilela & Mori (1999), e recentemente por Mata *et al.* (2008) no Vale do Paranã, ambas as áreas consideradas centros de biodiversidade e endemismo (Cavalcanti 1999; Silva & Bates 2002). Outro caso similar é *D. neomorpha*, cuja distribuição era restrita a América Central e desde 2005 ela tem sido encontrada em algumas florestas brasileiras (De Toni *et al.* 2005; Mata *et al.* 2008). As demais espécies registradas neste estudo são amplamente distribuídas no bioma Cerrado e em outros ecossistemas sul americanos. A distribuição detalhada dessas espécies está disponível em Chaves & Tidon (2008).

Em estudos de biodiversidade, novos registros de espécies são importantes indicadores de comunidades pouco exploradas. Além do mais, informações detalhadas sobre a riqueza e a distribuição geográfica de espécies são essenciais para o

desenvolvimento de estratégias de manejo para a conservação da biodiversidade (Riede 2000). É amplamente reconhecido que o conhecimento sobre a biodiversidade, principalmente nos trópicos, é extremamente restrito. Embora tenha havido um aumento no esforço para melhorar o conjunto de dados amostrais, e para propiciar informações sobre a biodiversidade, ainda há imensas lacunas para serem preenchidas. De fato, esses problemas somente serão resolvidos através da adoção de diferentes estratégias de amostragens, bem como estudos de longo prazo, os quais foram adotados no presente estudo.

As matas de galeria são consideradas centros de biodiversidade para o bioma Cerrado, visto que muitas das espécies vegetais e animais são encontradas exclusivamente nesses ambientes (Ribeiro 1998). A alta biodiversidade observada em áreas florestadas tem sido associada à heterogeneidade ambiental e a disponibilidade de recursos para alimentação e criação, os quais estão relacionados principalmente à complexidade estrutural e às condições apropriadas que estas áreas possuem. Desde que 75,4% dos drosofilídeos identificados neste estudo são endêmicos da região Neotropical, e apenas 11,5% são exóticos, nós também sugerimos que tais ambientes são importantes áreas para a manutenção das populações naturais de drosofilídeos do bioma Cerrado.

As áreas de conservação têm por objetivo proteger, preservar e restaurar a diversidade biológica em ecossistemas naturais. No presente estudo, realizado em uma única mata de galeria de uma área protegida, o número de espécies e de novas ocorrências foi extremamente alto, demonstrando que essa reserva biológica cumpre seus propósitos conservacionistas. Assim, sugerimos a proteção de recursos biológicos em ambientes similares, ainda desprotegidos.

Agradecimentos. Nós agradecemos a A. Brito pelo auxílio nos trabalhos de campo, a C. Benévolo e S. Cappelari pela leitura crítica do manuscrito. Agradecemos também aos administradores da Reserva Ecológica do IBGE por nos permitir coletar em suas dependências. Ao *Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade de Brasília* pelo apoio logístico, à *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES) pela bolsa de estudo fornecida ao primeiro autor, ao CNPq e à FINATEC pelo apoio financeiro.

Referências

- Bächli, G. (2009). *TaxoDros: The database on taxonomy of Drosophilidae*. Available from [http:// taxodros.unizh.ch/](http://taxodros.unizh.ch/) (accessed 2 January 2009)
- Blauth, M.L. & Gottschalk, M.S. (2007) A novel record of Drosophilidae species in the Cerrado biome of the state of Mato Grosso, west-central Brazil. *Drosophila Information Service*, 90, 90–96.
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., da Fonseca, G.A.B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J.F., Mittermeier, C.G., Pilgrim, J.D. & Rodrigues, A.S.L. (2006) Global biodiversity conservation priorities. *Science*, 313, 58–61.
- Cavalcanti, R. (1999) *Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal. Conservation International do Brasil*, Belo Horizonte, 26pp.
- Chassagnard, M.T. & Tsacas, L. (1993) The subgenus *Zaprionus* s.str. Definition of species groups and revision of the *Vittiger* subgroup (Diptera: Drosophilidae). *Annales de la Societe Entomologique de France*, 29, 173–194.
- Chaves, N.B. & Tidon, R. (2008) Biogeographical aspects of drosophilids (Diptera: Drosophilidae) of the Brazilian savanna. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52, 340–348.
- Cordeiro, A.R. (1963) "*Drosophila pagliolii*" a new species showing unusual chromatographic pattern of fluorescent substances. *Revista Brasileira de Biologia*, 23, 401–407.

- De Toni, D.C., Brisson, J., Hofmann, P.R.P. & Hollocher, H. (2005) First record of *Drosophila parthenogenetica* and *D. neomorpha*, *cardini* group, Heed 1962 (Diptera: Drosophilidae), in Brazil. *Drosophila Information Service*, 88, 33–38.
- Diniz, I.R. & Kitayama, K. (1998) Seasonality of vespid species (Hymenoptera: Vespidae) in a central Brazilian cerrado. *Revista de Biología Tropical*, 46, 109–114.
- Dobzhansky, T. & Pavan, C. (1943) Studies on Brazilian species of *Drosophila*. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP*, 36, 1–72.
- Felfili, J.M., Mendonça, R., Walter, B.M.T., Silva, M.C.J., Nóbrega, M.G.G., Fagg, C.W., Sevilha, A.C. & Silva, M.A. (2001) Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L. & Souza-Silva, J.C. (Eds.), *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, pp. 195–209.
- Freire-Maia, N. & Pavan, C. (1949) Introdução ao estudo da drosófila. *Cultus*, 1, 1–171.
- Frota-Pessoa, O. (1954) Revision of the *tripunctata* group of *Drosophila* with description of fifteen new species (Diptera: Drosophilidae). *Arquivos do Museu Paranaensis*, 10, 253–304.
- Hunter, M.L.J. (1990) *Wildlife, forests, and forestry: Principles of managing forests for biological diversity*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 370pp.
- Lima, A.C. (1950) Duas espécies de *Gitona* predadoras de coccídeos do gênero *Orthezia* (Diptera: Drosophilidae). *Arthropoda*, 1, 247–253.
- Maca, J. (1980) European species of the subgenus *Amiota* s. str. (Diptera: Drosophilidae). *Acta entomologica Bohemoslovaca*, 77, 328–346.
- Magalhães, L.E. (1962) Notes on the Taxonomy, Morphology, and Distribution of the *saltans* group of *Drosophila*, with Descriptions of four new Species. *The University of Texas Publications*, 6205, 134–154.
- Mata, R.A., Roque, F. & Tidon, R. (2008) Drosophilids (Insecta: Diptera) of the Paranã Valley: eight new records for the Cerrado biome. *Biota Neotropica*, 8, 55–60.
- Medeiros, H.F. & Klaczko, L.B. (2004) How many species of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) remain to be described in the forests of São Paulo, Brazil? *Biota Neotropica*, 4, 1–12.
- Mourão, C.A., Gallo, A.J. & Bicudo, H.E.M.C. (1965) Sobre a sistemática de *Drosophila* no Brasil, com descrição de *Drosophila mendeli* sp.n. e relação de espécies brasileiras de gênero *Drosophila*. *Ciência e Cultura*, 17, 577–586.

- Myers, N., Mittermeyer, R.A., Mittermeyer, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
- Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (2002) *The Cerrados of Brazil*. Columbia University Press, New York, 398 p.
- Pavan, C. (1950) Espécies brasileiras de *Drosophila* II. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP*, 111, 3–36.
- Pavan, C. (1959) Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP*, 221, 1–81.
- Pavan, C. & Cunha, A.B. (1947) Espécies brasileiras de *Drosophila*. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP*, 86, 20–64.
- Powell, J.R. (1997) *Progress and Prospects in Evolutionary Biology: The Drosophila Model*. Oxford University Press, Oxford, 562 pp.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. (1997) The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany*, 80, 223–230.
- Redford, K.H. & Fonseca, G.A.B. (1986) The role of gallery forests in the zoogeography of the cerrado's non-vollant mammalian fauna. *Biotropica*, 18, 126–135.
- Rezende, A.V. (1998) Importância das matas de galeria: manutenção e recuperação. In: J. F. Ribeiro (Ed.), *Cerrado: matas de galeria*. Embrapa, CPAC, pp. 1–15.
- Ribeiro, J. F. (1998) *Cerrado: matas de galeria*. Embrapa, CPAC, p. 164.
- Riede, K. (2000) Conservation and modern information technologies: The Global Register of Migratory Species (GROMS). *Journal of International Wildlife Law and Policy*, 3, 152–165.
- Roque, F. & Tidon, R. (2008) Eight new records of drosophilids in the Brazilian savanna. *Drosophila Information Service*, 91, 1–5.
- Schmitz, H.J., Valente, V.L.S. & Hofmann, P.R.P. (2007) Taxonomic survey of Drosophilidae (Diptera) from mangrove forests of Santa Catarina Island, Southern Brazil. *Neotropical Entomology*, 36, 53–64.
- Sene, F.M., Val, F.C., Vilela, C.R. & Pereira, M.A.Q.R. (1980) Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morpho-climatic domains of Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 33, 315–326.
- Silva, J.M.C. (2001) Comparação entre matas de galeria no Distrito Federal e a efetividade do código florestal na proteção de sua diversidade arbórea. *Acta Botanica Brasílica*, 15, 111–118.

- Silva, J.M.C. & Bates, J.M. (2002) Biogeographic patterns and conservation in the South America Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience*, 52, 225–233.
- Tanabe, S.I. (2002) Between-forest variation in vertical stratification of drosophilid populations. *Ecological Entomology*, 27, 720–731.
- Throckmorton, L.H. (1975) The phylogeny, ecology and geography of *Drosophila*, In: R. C. King (Ed.). *Handbook of Genetics*. New York, Plenum Press, 421–469.
- 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. & Sene, F.M. (1988) A trap that retains and keeps *Drosophila* alive. *Drosophila Information Service*, 67, 90.
- Tidon-Sklorz, R., Vilela, C.R., Sene, F.M. & Pereira, M.A.Q.R. (1994) The genus *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) in the Serra do Cipó, State of Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 38, 627–637.
- Val, F.C. (1982) The male genitalia of some Neotropical *Drosophila*: notes and illustrations. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 34, 309–347.
- Val, F.C., Vilela, C.R. & Marques, M.D. (1981) Drosophilidae of the Neotropical region. In: Ashburner, M., Carson, H.L. & Thompson, J.N. (Eds.), *The genetics and biology of Drosophila*. Academic Press, London, pp. 123–168.
- Vilela, C.R. (1983) A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera: Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 27, 1–114.
- Vilela, C.R. & Bächli, 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. (1999) The genus *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) in the Serra do Cipó: further notes. *Revista Brasileira de Entomologia*, 43, 319–328.
- Vilela, C.R., Pereira, M.A.Q.R. & Sene, F.M. (1983) Preliminary data on geographical distribution of *Drosophila* species within morpho-climatic domains in Brazil. II. The *repleta* group. *Ciência e Cultura*, 35, 66–70.
- Wheeler, M.R. (1957) Taxonomic and distributional studies of Nearctic and Neotropical Drosophilidae. *The University of Texas Publication*, 5721, 79–114.

CAPÍTULO II

Variação temporal-espacial da distribuição vertical de drosofilídeos (Insecta: Diptera) na mata do Pitoco, Brasília, DF

FRANCISCO ROQUE¹ & ROSANA TIDON²

¹. *Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, ICC Sul, térreo, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. E-mail: roque9@bol.com.br*

². *Departamento de Genética e Morfologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Asa Norte, CP 04457, Brasília-DF, 70919-970, Brasil. E-mail: rotidon@unb.br*

Resumo

Neste estudo, investigamos a distribuição de drosofilídeos em uma mata de galeria no Cerrado, visando avaliar a existência de padrões de agregação temporais e espaciais desses insetos e a relação entre esses padrões e variações nos parâmetros microclimáticos. Foram realizadas doze coletas mensais, entre dezembro de 2007 e novembro de 2008, em uma reserva ecológica próxima à cidade de Brasília, e em cada uma 30 armadilhas foram distribuídas entre 10 transectos verticais (0m, 4m e 8m de altura), ou seja, cada transecto vertical com três armadilhas. Medidas microclimáticas (temperatura e umidade relativa) também foram tomadas localmente. Foram coletadas 61 espécies de drosofilídeos representantes dos gêneros *Amiota*, *Drosophila*, *Neotanygrastrella*, *Rhinoleucophenga*, *Scaptodrosophila*, *Zaprionus* e *Zygothryca*, e de dois táxons dessa família cuja identificação não foi possível nos gêneros citados. As dez variáveis analisadas (riqueza, abundância total, abundância das espécies neotropicais e exóticas, e das seis espécies de drosofilídeos mais comuns na área de estudo) variaram ao longo do tempo, das áreas (rio, transição e borda) e alturas (0m, 4m e 8m) da mata. A riqueza foi maior em abril, na transição e borda, a 8m de altura. A abundância de drosofilídeos neotropicais foi maior em abril, na área de transição ao nível do solo, e a de espécies exóticas em meses típicos da seca, a 8m de altura de todas as áreas, principalmente da borda. O microclima da área variou no tempo e no espaço, contudo não explicou as variações na riqueza e abundância das moscas. A alta biodiversidade e os padrões temporais e espaciais da distribuição vertical registrados neste trabalho provavelmente refletem a complexidade ambiental apresentada por florestas, bem como adaptações às condições ambientais associadas aos diferentes ambientes da mata.

Palavras-chave: Cerrado, complexidade ambiental, *Drosophila* e padrões de agregação.

Introdução

A biodiversidade não está uniformemente distribuída sobre a Terra (Brooks *et al.* 2006). Dentre os ambientes terrestres, as florestas são os que abrigam a mais alta biodiversidade, provavelmente porque apresentam muitos nichos diferentes (Hunter 1990). Essa alta diversidade biológica deve-se parcialmente à heterogeneidade ambiental (Simpson 1949; MacArthur & Wilson 1967; Lack 1969), pois ambientes heterogêneos podem propiciar maneiras variadas de explorar os recursos disponíveis, podendo resultar em especializações e, portanto, aumentar a riqueza de espécies (Bazzaz 1975). Em uma comunidade animal a existência de agregados pode refletir a adaptação em explorar recursos presentes em manchas de ambientes, com isso diminui-se a competição e aumenta o número de espécies que podem coexistir em um mesmo local (Tobin 1997). Assim, a diferenciação da fauna entre ambientes pode ser considerada um importante fator determinante da riqueza de espécies de uma área. Em florestas, clareiras e bordas (laterais e superiores) podem interferir no padrão de riqueza apresentado, pois podem tornar as condições físicas tridimensionalmente mais complexas (Young & Mitchell 1994).

A estrutura física dos ambientes geralmente é determinada pelas comunidades de plantas, que interferem na distribuição dos organismos a elas associados. Isso ocorre por causa do decréscimo na disponibilidade de luz ao longo do espaço vertical (Whittaker 1970), a qual resulta da disposição e altura dos vegetais. Como resultado desse processo, ocorre à formação de grupos de plantas com hábitos similares, que ocupam mesmos nichos ecológicos e desempenham funções semelhantes (Richards 1979). Por isso, florestas são verticalmente heterogêneas, mas horizontalmente homogêneas, resultando em gradientes ambientais em função das condições físicas.

A estratificação vertical animal é a distribuição de um organismo em um estrato limitado dentro de um espaço tridimensional (Basset *et al.* 2003). O termo estratificação implica em um padrão horizontalmente repetido e, portanto previsível de seleção de ambientes. Portanto, a estratificação vertical da floresta tem uma considerável influência sobre a distribuição e interação das espécies animais (Lawton 1983; McCoy & Bell 1991), pois influencia a riqueza, a diversidade, o crescimento e a produção de biomassa. Para se detectar estratificação em assembleias, observações e amostragens precisam ser replicadas espacialmente e temporalmente.

A formação de agregados de organismos em florestas pode ser influenciada por diversos fatores. Dentre eles, destacam-se o comportamento dos organismos, as interações biológicas, o microclima e a heterogeneidade espacial na qualidade e disponibilidade do alimento. A importância relativa desses fatores varia entre os tipos de organismos e também varia em função da localidade, do tipo de floresta e da época do ano.

A distribuição vertical de artrópodes em florestas tropicais tem sido investigada em detalhes para vários grupos, incluindo borboletas (DeVries *et al.* 1997), formigas (Brühl *et al.* 1998), alguns insetos herbívoros (Basset *et al.* 1992, 1999) e aranhas (Sørensen 2003). Esses estudos têm demonstrado estratificação vertical na abundância e riqueza de espécies, especialmente na copa e solo de florestas. Contudo, para a maioria dos artrópodes a estratificação vertical tem sido estudada apenas de forma descritiva, sendo que a compreensão dos mecanismos envolvidos é ainda pouco conhecida. Essa situação resulta de dificuldades técnicas de manipulação de fatores relevantes dentro de florestas, especialmente para organismos móveis (Diamond 1973).

A distribuição vertical animal é uma característica estrutural de uma comunidade que vem se mostrando útil na resolução de diferentes questões ecológicas. Brown *et al.*

(1997) mostraram que a estratificação na densidade de insetos devia-se ao comportamento de oviposição preferencial em folhagens inferiores da copa. Davis *et al.* (1997), por sua vez, mostraram que a estratificação de determinados coleópteros estava relacionada à distribuição de seus hospedeiros e das condições climáticas favoráveis. No estudo de Basset (1992), o autor verificou que a verticalização de artrópodes era determinada por atributos da folhagem (idade, concentrações de nutrientes, dentre outros).

As moscas da família Drosophilidae, em particular aquelas do gênero *Drosophila* (Fallen), são consideradas excelentes modelos para estudo, e, portanto contribuíram para o desenvolvimento de vários ramos da ciência (Genética, Biologia Evolutiva, Biologia Molecular e do Desenvolvimento). Isso ocorre porque os drosofilídeos geralmente são pequenos, numerosos, diversos e amplamente distribuídos, além de serem sensíveis a variações ambientais (Powell 1997). Apesar disso, relativamente poucos experimentos foram conduzidos com esses organismos em estudos ecológicos. Sabe-se, entretanto, que essas moscas têm forte preferência por florestas, pois grande parte das espécies é encontrada exclusivamente ou preferencialmente nesses ambientes (Parsons 1982; van Klinken & Walter 2001; Tidon 2006).

Estudos relacionados à distribuição vertical de drosofilídeos foram realizados em várias regiões temperadas, tais como o Japão (Beppu 1985; Tanabe 2002), Canadá (Toda 1985) e oeste europeu (Shorrocks 1975). Em cada caso, as moscas foram geralmente encontradas em estratos superiores da floresta, com algumas espécies restritas às copas. Regiões tropicais e subtropicais, em contrapartida, têm sido menos estudadas. Tidon-Sklorz & Sene (1992) coletaram drosofilídeos em uma mata mesofítica, próxima à cidade de Sertãozinho (SP-Brasil), a 0, 2, 6 e 10m do solo, e verificaram que as populações de *Drosophila* estavam distribuídas em agregados que

variavam no tamanho e localização ao longo do ano. Van Klinken & Walter (2001) descreveram a estratificação (0-20m) de drosofilídeos em cinco tipos de vegetação, no leste subtropical australiano, e concluíram que a distribuição vertical diferia entre cada tipo de vegetação. Essa distribuição tem sido associada à diversidade de ambientes, e aos recursos disponíveis para alimentação e oviposição.

Em ambientes sazonais, a distribuição dos animais pode ser influenciada por diversos fatores que afetam a dinâmica das populações e interferem na capacidade de persistência num determinado ambiente. Isso acontece devido a mudanças na temperatura, umidade, disponibilidade de recursos e competição, tanto em escala espacial quanto temporal (Wolda 1988). No cerrado, um ambiente sazonal, as assembleias de drosofilídeos variam no espaço e no tempo, contudo as causas dessas flutuações ainda são desconhecidas (Tidon 2006).

Em comparação com os ecossistemas temperados, os tropicais são mais complexos, comportam uma proporção de biodiversidade mais alta, e ao mesmo tempo, são mais ameaçados e pouco estudados. Assim, mesmo as investigações de caráter descritivo, que visem acumular dados sobre a história natural da fauna e flora desses ecossistemas ainda pouco conhecidos, são essenciais para a formulação de generalizações e hipóteses a serem testadas por pesquisas futuras. Tendo em vista que a distribuição vertical das populações de drosofilídeos ainda não foi avaliada no contexto do Cerrado, este trabalho deverá gerar dados que propiciarão avanços na discussão das interações drosofilídeo-ambiente nesse bioma.

Neste estudo, investigamos assembleias de drosofilídeos de uma mata de galeria no Cerrado, visando avaliar a existência de padrões temporais e espaciais da distribuição vertical desses insetos e a relação entre esses padrões e variações nos parâmetros microclimáticos. Para este propósito, testamos as seguintes hipóteses: (1) os

drosofilídeos distribuem-se no tempo e no espaço de uma maneira não aleatória; (2) os agregados variam em composição e se alternam ao longo dos meses; (3) a distribuição dessas moscas reflete parâmetros físicos do microclima, tais como temperatura e umidade relativa.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O Cerrado, segundo maior bioma sul americano, é um complexo de savanas sazonais que cobre a maior parte do interior do Brasil e também é a savana mais diversa do mundo (Oliveira & Marquis 2002). O clima do Cerrado é sazonal, úmido de outubro a março e seco de abril a setembro, com temperaturas variando de 22°C a 27°C (Klink & Machado 2005). Esse bioma é um mosaico de fitofisionomias, que variam de campos limpos, geralmente com uma esparsa cobertura de arbustos e pequenas árvores, até matas de galeria fechadas, com dossel de 15-20m de altura (Ratter *et al.* 1997). Essas matas estão associadas aos cursos d'água, e no geral elas são comunidades isoladas circundadas por comunidades savânicas. No bioma Cerrado, as matas de galeria contribuem com cerca de 33% da flora fanerogâmica local, apesar da reduzida área que ocupam na região, apenas 5% do território (Felfili *et al.* 2001). As matas de galeria são consideradas refúgios essenciais à sobrevivência da fauna, que se supre de alimento e água, que são recursos escassos no período das secas (Redford & Fonseca 1986).

O presente estudo foi realizado na Reserva Ecológica do IBGE, a 35km ao sul de Brasília (15°56'S / 47°56'W), cuja área total é de 1.360ha e altitude média de 1.100m. O clima é sazonal, AW de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.600mm. O relevo plano é constituído por sedimentos detrítico-lateríticos. Os

principais tipos de solo são Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, no entanto, nas matas de galeria, predominam Cambissolos Hidromórficos (Ribeiro *et al.* 1983).

Essa Reserva é parte da Área de Proteção Ambiental (APA) *Gama-Cabeça de Veado* que tem, incluindo os 1.360ha da reserva, um total de 10.000ha de área protegida contínua. Além do mais, ela é uma das áreas núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado, criada em 1993 pela UNESCO, no Distrito Federal. Da área compreendida pela Reserva 104ha são ocupados pelas matas de galeria (Ribeiro *et al.* 1983), as quais são drenadas por cinco nascentes que formam a sub-bacia do córrego Taquara: Taquara, Rocador, Escondido, Pitoco e Monjolo. O restante da Reserva é ocupado por cerrado *sensu stricto*, cerradão, campos e veredas, que formam um gradiente de vegetação entre a chapada e o fundo dos vales. No presente estudo foi avaliada a mata situada na nascente do córrego do Pitoco (Figura 1).

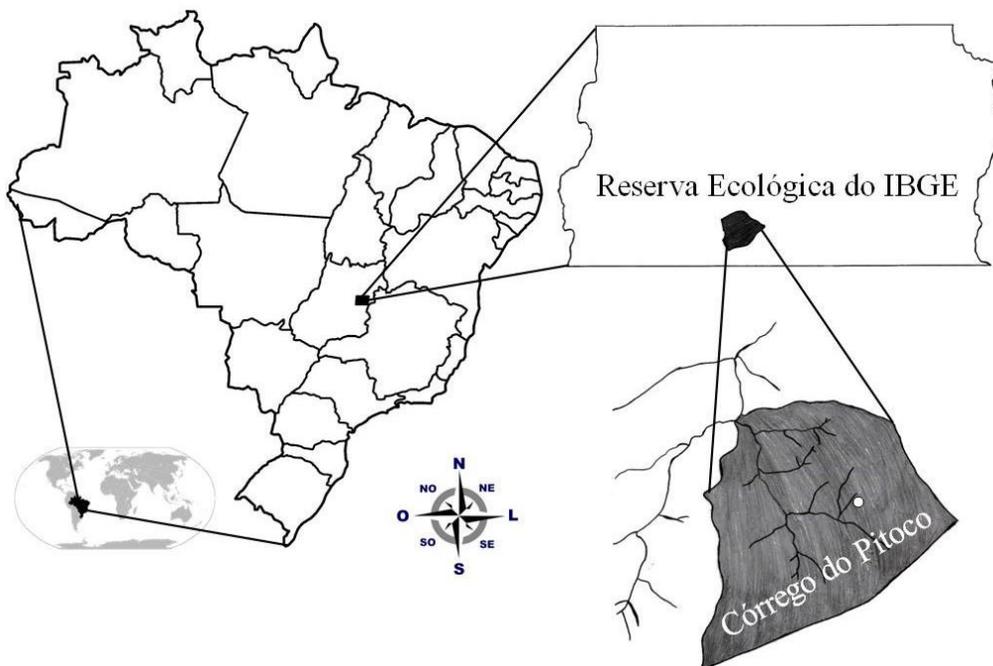


FIGURA 1. Localização da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal e da área de estudo nessa reserva (córrego do Pitoco indicado pelo círculo branco).

A mata do Pitoco está localizada na parte nordeste da Reserva ecológica do IBGE (15°55'55.9"S / 47°52'43.1"W). As coordenadas geográficas foram obtidas localmente com um GPS Garmin II. Essa mata é mais larga na cabeceira do córrego (160m), onde o leito forma pequenas cachoeiras, e mais abaixo ela se torna mais estreita (120m), onde há manchas dispersas de solos inundados. A topografia é moderadamente inclinada com predominância de latossolo vermelho-escuro. Em 1994, essa mata foi atingida por um incêndio de nível intermediário. Nessa ocasião houve alta mortalidade de árvores, com considerável mudança florística e estrutural entre o estrato arbóreo e os de mudas e arvoretas. A mata encontra-se atualmente em estágio secundário de regeneração (Silva 2001).

Métodos de coleta e identificação

Para este estudo, doze coletas mensais foram realizadas entre dezembro de 2007 e novembro de 2008. As capturas foram feitas com armadilhas de retenção (Tidon & Sene 1988), as quais prendem em câmaras de retenção todos os drosofilídeos que entram dentro delas atraídos por iscas de banana fermentada por *Saccharomyces cerevisiae*.

Para cada coleta, 30 armadilhas de retenção foram distribuídas entre 10 transectos verticais, ou seja, cada transecto vertical com três armadilhas. Tais transectos verticais foram construídos com tubos de PVC fixados nas árvores por meio de uma escada de seis metros. Dessa forma, cada transecto vertical possuía 8m de altura, e em cada um deles foram depositadas armadilhas a 0m, 4m e 8m de altura, através de sistemas de cordas e roldanas fixados em cada uma dessas alturas. No presente estudo, essas alturas são tratadas como a dimensão vertical (DV). Os transectos verticais foram distribuídos aleatoriamente entre três diferentes áreas da mata do Pitoco, consideradas aqui como a dimensão horizontal (DH): borda, transição entre borda e rio, e rio. Para essa

classificação, levou-se em consideração as variações estruturais (observações pessoais) e mudanças nos parâmetros microclimáticos em cada área. As armadilhas utilizadas em cada coleta foram mantidas no interior da floresta por três dias consecutivos.

No laboratório, os drosofilídeos coletados foram anestesiados com gás carbônico ainda dentro das armadilhas, as quais foram previamente seladas com fita isolante. Através dessa técnica, todas as moscas capturadas foram triadas e identificadas ainda vivas. A identificação dos indivíduos capturados foi feita, sempre que possível, ao nível de espécie. Para esse propósito, foram usadas chaves de identificação, descrições de espécies e, em casos de espécies crípticas ou de difícil identificação, foram feitas análises da genitália masculina (Freire-Maia & Pavan 1949; Frota-Pessoa 1954; Magalhães 1962; Val 1982; Vilela 1983; Vilela & Bächli 1990; Chassagnard & Tsacas 1993). Referências à distribuição geográfica e a autoridades taxonômicas podem ser encontradas em Bächli (2009). Exemplares das espécies capturadas foram depositados na coleção do Laboratório de Biologia Evolutiva do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

Medidas de temperatura (°C) e umidade relativa (%) foram tomadas entre fevereiro e outubro de 2008, no último dia de coleta, para cada altura de todas as dimensões horizontais. Tais parâmetros foram obtidos com um termohigrômetro, Cakton®WD-35612-00, o qual foi erguido até as armadilhas mediante o mesmo sistema de cordas e roldanas utilizado para fixá-las. Após dois minutos, os dados foram visualizados com um binóculo.

Análise dos dados

A representatividade das amostras foi acessada mediante curvas de acumulação de espécies baseadas em amostras mensais. Para as demais análises, foram selecionadas

dez variáveis dependentes a partir da assembleia de drosofilídeos: riqueza, abundância total (TOT), abundância de espécies neotropicais (NEO) e exóticas (EXO), e as abundâncias das seis espécies mais comuns da mata do Pitoco: *Drosophila willistoni*, *D. simulans*, *D. sturtevantii*, *D. cardini*, *D. nebulosa* e *D. saltans*. Para avaliar as associações entre as dimensões temporal, horizontal e vertical, bem como o efeito de suas interações sobre a distribuição da assembleia de drosofilídeos, foi realizada uma ANOVA de medidas repetidas. Para todas as variáveis, os dados foram transformados por causa da não normalidade, e a opção pela logaritimização ($\log_{10}: x+1$) foi porque não houve padrão na distribuição das frequências. A relação entre microclima e dimensão vertical (variáveis independentes) e riqueza, TOT, abundâncias de NEO e EXO, e das seis principais espécies de drosofilídeos (variáveis dependentes) foi testada por regressão das variáveis independentes sobre as dependentes, usando os dados brutos.

A curva de acumulação de espécies, Chao 1, foi gerada usando o software Estimate S 7.5 (Colwell 2005). As análises de variância de medidas repetidas, bem como as de regressão linear simples foram realizadas com o auxílio do software STATISTICA 6. Essas últimas foram realizadas com significância (α) de 0,05. O padrão de distribuição temporal e espacial foi caracterizado mediante a construção de gráficos de distribuição das abundâncias absolutas e médias das variáveis selecionadas.

Resultados

No presente estudo, foram capturadas 61 espécies de drosofilídeos representantes de sete gêneros reconhecidos (*Amiota*, *Drosophila*, *Neotanygrastrella*, *Rhinoleucophenga*, *Scaptodrosophila*, *Zaprionus* e *Zygothryca*), e de dois táxons dessa família cuja identificação não foi possível nos gêneros citados. *Drosophila* foi o gênero mais representativo, com 46 espécies reconhecidas e cinco não identificadas (Tabela 1). Apesar da alta riqueza de espécies, as curvas de acumulação não atingiram a assíntota, sugerindo que as assembleias associadas aos ambientes da mata do Pitoco não foram totalmente amostradas. Nas imediações do rio a riqueza de espécie geralmente foi maior próximo ao solo, e nas áreas de borda e transição nas alturas de 8m (Figura 2).

TABELA 1. Riqueza e abundância dos drosophilídeos da mata do Pitoco, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. Dados coletados entre 2007 e 2008.

Espécies	Coletas												Total
	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	
<i>Drosophila willistoni</i>	11	17	380	152	1667	67	47	5	3	2	0	0	2351
<i>D. simulans</i> *	180	162	83	79	16	10	13	111	142	1249	77	10	2132
<i>D. sturtevantii</i>	6	2	66	645	325	31	19	8	7	0	0	1	1110
<i>D. cardini</i>	6	3	38	381	38	0	4	0	10	12	1	2	495
<i>D. nebulosa</i>	38	8	37	21	22	29	94	32	73	8	0	7	369
<i>D. saltans</i>	4	3	27	80	38	3	17	2	5	2	0	0	181
<i>Zaprionus indianus</i> *	6	70	37	18	2	4	1	0	5	5	0	0	148
<i>D. malkotliana</i> *	0	3	37	44	3	0	2	0	0	0	0	0	89
<i>D. busckii</i> *	7	0	16	23	1	0	0	0	0	22	4	0	73
<i>D. repleta</i>	0	10	8	22	15	2	0	1	5	2	0	6	71
<i>D. nigricruria</i>	0	0	5	35	8	0	2	1	0	0	0	0	51
<i>D. austrosaltans</i>	1	0	4	26	13	0	4	0	0	0	0	0	48
<i>D. bromelioides</i>	0	0	1	46	0	0	0	0	0	0	0	0	47
<i>D. mercatorum</i>	0	0	12	12	2	1	0	0	11	0	0	1	39
<i>Drosophila</i> F. P. 1	0	0	22	0	8	6	1	0	0	0	0	0	37
<i>D. mediopunctata</i>	0	0	0	2	7	7	12	7	1	0	0	0	36
<i>D. paraguayensis</i>	0	6	4	10	11	2	2	0	0	0	0	0	35
<i>D. aratuna</i>	9	2	4	7	8	1	0	0	2	1	0	0	34
<i>D. fumipennis</i>	0	0	7	4	5	4	7	0	2	0	1	0	30
<i>D. schildi</i>	0	0	1	0	2	14	6	0	0	0	0	0	23
<i>D. mediotriata</i>	1	2	12	4	2	1	0	0	0	0	0	0	22
<i>D. paglioli</i>	0	5	1	6	3	0	2	0	1	2	1	1	22
<i>Scaptodrosophila latifasciaeformis</i> *	0	0	3	9	2	1	0	0	0	0	0	0	15
<i>D. immigrans</i> *	0	1	0	10	3	0	0	0	0	0	0	0	14
<i>D. ornatifrons</i>	0	3	2	0	4	5	0	0	0	0	0	0	14
<i>D. prosaltans</i>	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<i>D. pseudosaltans</i>	0	0	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Amiota filipes</i>	0	1	0	6	2	0	1	0	0	0	0	0	10
<i>D. bocainensis</i>	0	0	2	3	1	0	2	0	0	0	0	0	8
<i>D. atrata</i>	0	0	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	7

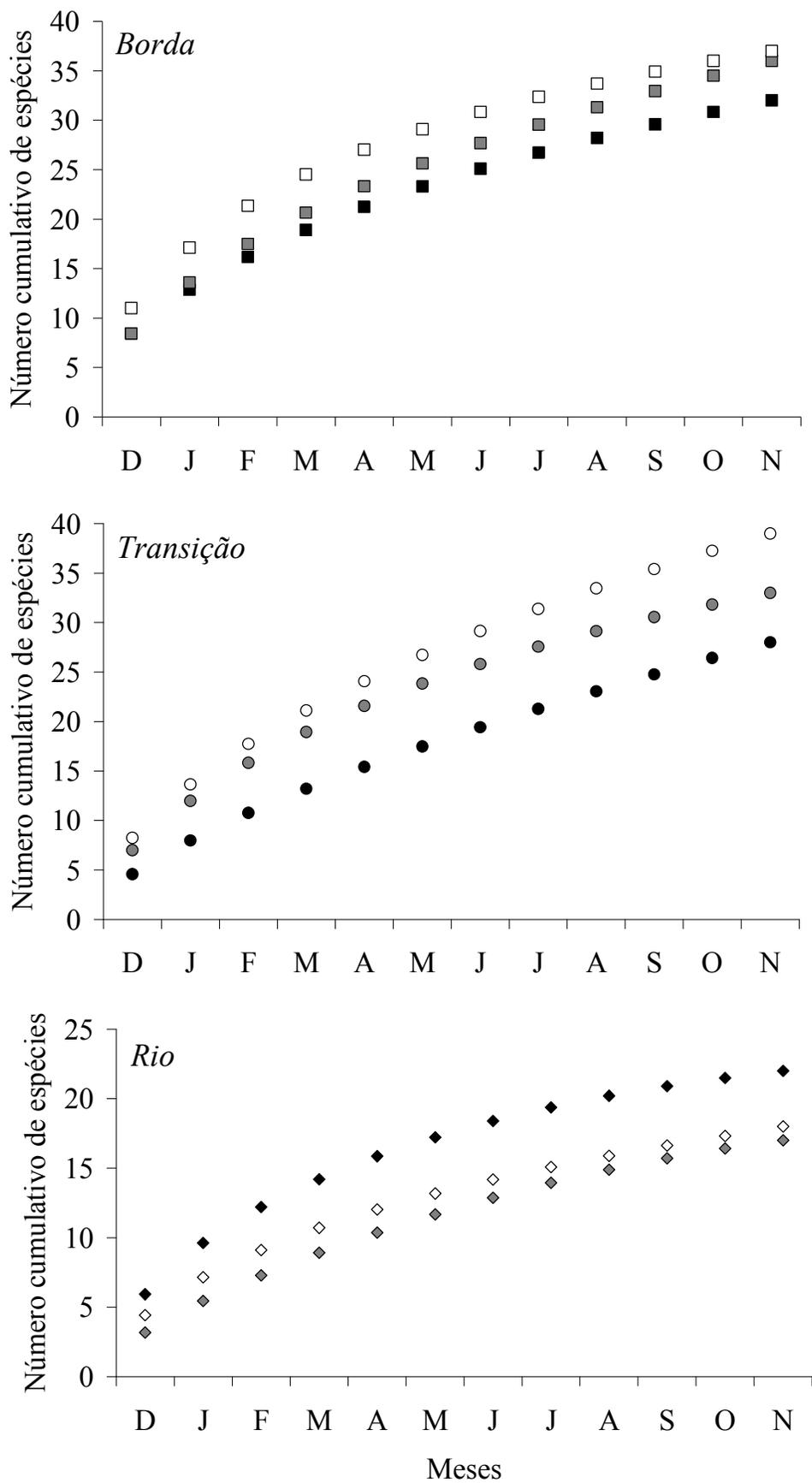


FIGURA 2. Curva de acumulação de drosofilídeos registrados nas diferentes áreas (rio, transição e borda) e alturas (0m: preto; 4m: cinza; e 8m: branco.) da mata do Pitoco, entre dezembro de 2007 e novembro de 2008.

A ANOVA de medidas repetidas revelou variações na distribuição da riqueza e abundância dos drosofilídeos ao longo das dimensões temporal, horizontal e vertical (Tabela 2). A riqueza e a abundância de espécies neotropicais aumentaram gradativamente até o mês de abril, final da estação chuvosa, diminuindo nos meses seguintes (Figura 3). As espécies exóticas, representadas principalmente por *Drosophila simulans*, assim como a espécie neotropical *D. nebulosa*, tiveram suas maiores abundâncias em meses típicos de seca.

A distribuição da assembleia variou ao longo das áreas (rio, transição e borda) e alturas (0m, 4m e 8m) da mata do Pitoco. A abundância total foi maior na transição ao nível do solo. Espécies neotropicais, representadas principalmente por *Drosophila willistoni* e *D. sturtevanti*, também foram mais numerosas a 0m de altura na transição, enquanto as exóticas, representadas por *D. simulans*, foram mais abundantes a 8m de altura de todas as áreas, apresentando picos na borda. As abundâncias das espécies neotropicais *D. cardini* e *D. saltans* mostraram-se maior a 8m de altura nas áreas de transição e borda, enquanto *D. nebulosa* foi mais abundante na borda ao nível do solo (Figura 4). A interação de todas as dimensões mostrou ter pouca importância para as variações registradas. Assim o efeito isolado ou aos pares das três dimensões geralmente foi mais relevante como fonte de variações nas assembleias de drosofilídeos (Tabela 2).

TABELA 2. Sumário da ANOVA de medidas repetidas para o efeito das dimensões temporal (DT), horizontal (DH), e vertical (DV) e de suas interações sobre a riqueza e abundância de drosophilídeos da mata do Pitoco. Dados coletados entre dezembro de 2007 e novembro de 2008. TOT: abundância total; NEO: espécies neotropicais; EXO: espécies exóticas.

Fonte de Variação	Riqueza		TOT		NEO		EXO		<i>D. willistoni</i>		<i>D. simulans</i>		<i>D. sturtevanti</i>		<i>D. cardini</i>		<i>D. nebulosa</i>		<i>D. saltans</i>	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
DT	11	23.70 ***	8.30 ***	***	10.50 ***	***	11.16 ***	***	7.58 ***	***	12.68 ***	***	13.17 ***	***	5.35 ***	***	4.59 ***	***	10.58 ***	***
DH	2	17.03 ***	5.35 ***	**	3.76 **	*	4.14 *	*	1.34 NS	NS	3.28 *	*	1.46 NS	NS	2.34 NS	NS	16.50 ***	***	3.24 *	*
DV	2	11.10 ***	3.53 ***	*	6.83 **	**	5.79 **	**	9.24 ***	***	5.06 **	**	1.07 NS	NS	2.06 NS	NS	8.38 ***	***	16.73 ***	***
DT*DH	22	1.22 NS	1.34 NS	NS	1.47 NS	NS	0.98 NS	NS	0.93 NS	NS	0.90 NS	NS	1.72 *	*	2.12 **	**	1.70 *	*	1.61 *	*
DT*DV	22	2.20 **	3.03 ***	***	3.40 ***	***	1.46 NS	NS	5.12 ***	***	1.47 NS	NS	0.55 NS	NS	1.26 NS	NS	1.70 *	*	4.23 ***	***
DH*DV	4	2.34 NS	0.43 NS	NS	0.41 NS	NS	1.06 NS	NS	0.66 NS	NS	1.01 NS	NS	0.47 NS	NS	0.50 NS	NS	3.93 **	**	0.56 NS	NS
DT*DH*DV	44	0.51 NS	0.39 NS	NS	0.37 NS	NS	0.60 NS	NS	0.53 NS	NS	0.62 NS	NS	0.646 NS	NS	0.49 NS	NS	1.02 NS	NS	0.51 NS	NS

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; NS: não significativo.

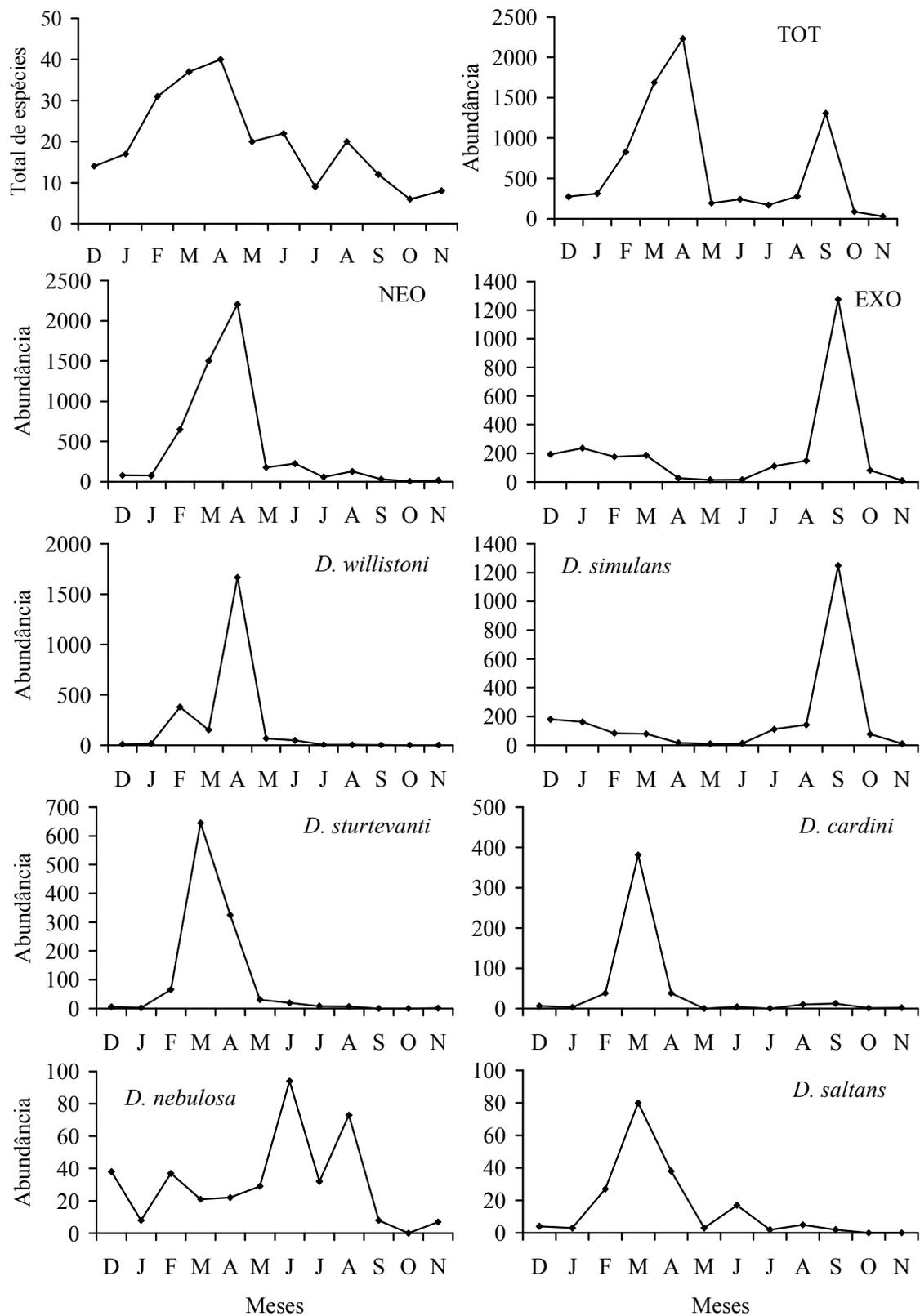


FIGURA 3. Flutuações mensais da riqueza e abundâncias de drosofilídeos da mata do Pitoco, entre dezembro de 2007 e novembro de 2008. TOT: abundância total; NEO: espécies neotropicais; EXO: espécies exóticas.

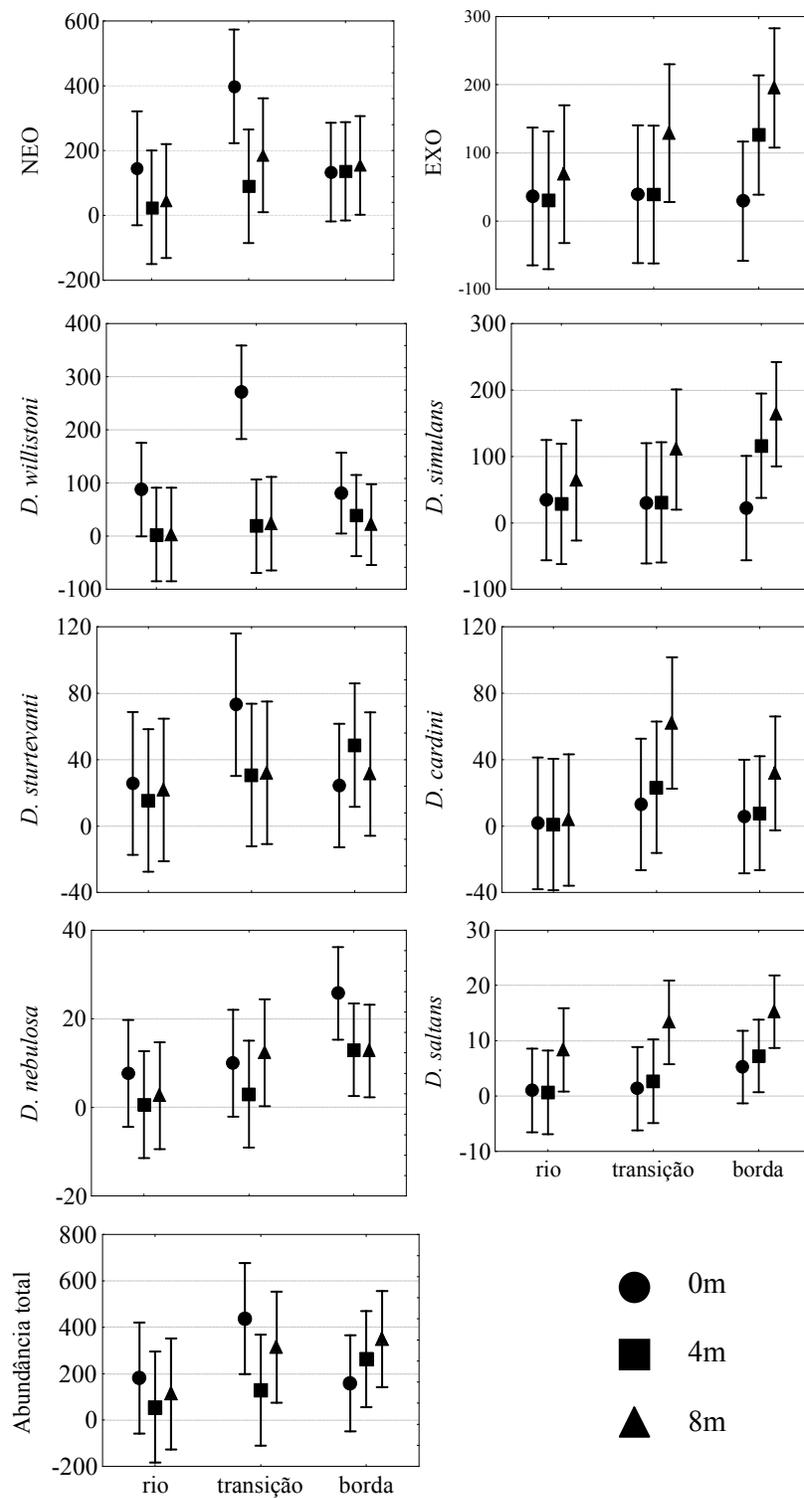


Figura 4. Distribuição da abundância média de drosofilídeos em três áreas da mata do Pitoco (eixo X), a diferentes alturas. As linhas verticais representam intervalos de confiança de 95%. Dados obtidos entre dezembro de 2007 e novembro de 2008.

O microclima da área de estudo variou ao longo do tempo e do espaço (Tabela 3). As maiores temperaturas e menores umidades relativas geralmente foram registradas na borda da mata a 8m de altura, enquanto que o inverso desses parâmetros foi geralmente registrado nos transectos de transição e rio ao nível do solo. Com relação à dimensão temporal, os meses mais quentes foram abril, setembro e outubro, e a umidade relativa foi mais alta entre fevereiro e abril.

As variações nas assembleias de drosofilídeos não puderam ser explicadas totalmente por diferenças do microclima e das alturas (Tabela 4). As regressões sempre foram baixas e nenhuma das variáveis independentes explicou mais do que 10% das variações nas dependentes. Para algumas variáveis dependentes a baixa relação foi significativa, por exemplo, TOT, NEO, EXO, *Drosophila willistoni* e *D. simulans* para a temperatura, exceto TOT, *D. willistoni* e *D. cardini* para a umidade relativa, e *D. willistoni* e *D. saltans* para as alturas.

TABELA 3. Dados de temperatura (T)(°C) e umidade relativa (UR)(%) obtidos em três diferentes alturas dos transectos de borda, transição e rio da mata do Pitoco. Dados coletados entre fevereiro e outubro de 2008. As medidas foram obtidas localmente usando termohigrômetro.

		Coletas																	
		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out	
		T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)
Borda																			
0m		23,3	76,5	23,1	90,3	25,8	79,4	20	83	26,4	61,6	18,1	85,5	23,6	58,9	28,9	43	28,1	55,4
4m		23,5	65	23,1	82,1	29,9	71,4	20,3	72,9	27,2	50	18	81,1	23,3	50,1	28,4	40,2	26,7	53,6
8m		25,1	64	23,3	84,5	25,9	77,4	20,1	75,7	27,5	48,7	18,1	79,9	23,1	46,6	29,2	39,1	29,2	50,1
Transição																			
0m		22,2	80	22	96,8	25	80,9	18,4	90,1	23,3	76	18,3	80,8	22,5	57,8	25,6	68	25,8	61,3
4m		22,4	71,6	22	88,9	25,1	80,7	18,5	83,3	23,6	63,7	18,4	78,3	22,5	49,8	25,8	57,9	25,8	53,6
8m		24,7	68,2	22,6	88,7	25,3	76,7	18,7	75,2	23,9	60,5	18,6	77,4	22,6	49,9	25,8	54,6	26,1	53,5
Rio																			
0m		22,1	80,2	21,9	96,6	22,8	96,8	19,5	87,6	21,6	85,3	19,2	83	24,2	59,9	24,2	78,4	25,4	60,3
4m		22,3	71,7	21,9	89	23,1	93,5	19,1	76,3	21,5	75	19	76,5	24,1	47,6	25	67,4	25,8	57,1
8m		24,1	68,3	22	88,6	23,6	92,3	20,3	74,1	21,9	73	19,2	76,1	24,3	46,6	25,1	59,2	26,8	53,1
Média		23,3	71,7	22,4	89,5	25,2	83,2	19,4	79,8	24,1	66,0	18,5	79,8	23,4	51,9	26,4	56,4	26,6	55,3

TABELA 4. Sumário das análises de regressões dos efeitos da temperatura (T), da umidade relativa (UR), da dimensão vertical (DV) sobre a riqueza e abundância dos drosofilídeos da mata do Pitoco. Dados coletados entre fevereiro e outubro de 2008. TOT: abundância total; NEO: espécies neotropicais; EXO: espécies exóticas.

	T(°C)		UR(%)		DV	
	r ²	p	r ²	P	r ²	p
Riqueza	0,001	NS	0,089	***	0,004	NS
TOT	0,033	**	0,013	NS	0,004	NS
NEO	0,022	*	0,052	**	0,017	NS
EXO	0,067	**	0,071	***	0,018	NS
<i>D. willistoni</i>	0,039	*	0,002	NS	0,039	*
<i>D. simulans</i>	0,073	**	0,084	***	0,017	NS
<i>D. sturtevanti</i>	0,024	NS	0,072	***	0,004	NS
<i>D. cardini</i>	0,031	NS	0,056	NS	0,021	NS
<i>D. nebulosa</i>	0,033	NS	0,041	*	0,024	NS
<i>D. saltans</i>	0,000	NS	0,079	*	0,099	*

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; NS: não significativo.

Discussão

Este foi o mais expressivo estudo taxonômico, em termos de riqueza de drosofilídeos, realizado no bioma Cerrado. As 61 espécies de drosofilídeos registradas neste estudo representam cerca de 50% do número total de drosofilídeos atualmente conhecidos para o Cerrado (Blauth & Gottschalk 2007; Chaves & Tidon 2008; Mata *et al.* 2008; Roque & Tidon 2008). Tal riqueza deve-se a diferentes escolhas e estratégias adotadas neste estudo: o ambiente onde as coletas foram realizadas; o expressivo

esforço amostral no tempo e no espaço; o uso de armadilhas que capturam todas as moscas que nelas entram; e principalmente ao grande investimento taxonômico para espécies de difícil identificação.

Apesar da alta riqueza, nossos resultados mostraram que as assembleias associadas aos diferentes ambientes da mata do Pitoco ainda não foram totalmente amostradas, visto que as curvas de acumulação não se estabilizaram. Vale ressaltar que os resultados apresentados neste estudo são baseados em coletas com armadilhas de retenção, a qual não é eficaz para atrair moscas especialistas. Portanto, estudos que utilizem estratégias de coletas alternativas (e.g. recursos utilizados para alimentação e criação) serão necessários para se obter uma visão mais completa e exaustiva da fauna de drosofilídeos de qualquer ambiente.

Dentre os fatores associados à diversidade e complexidade das assembleias animais, a heterogeneidade ambiental é considerada o mais importante (Krijger 2000). Nas matas de galeria, particularmente, a heterogeneidade ambiental se deve à combinação de muitas espécies exclusivamente florestais com outras plantas que também ocorrem em cerrados (Felfili & Silva Júnior 1992). Essa combinação de espécies, por sua vez, está relacionada a uma complexa variação no interior desses ambientes de áreas com diferente umidade relativa, disponibilidade de luz, e diferentes classes de solos com variados níveis de fertilidade (Haridasan 1998). Essas variações podem interferir no padrão de riqueza de artrópodes apresentado por esses ambientes geralmente aumentando o número de espécies que abrigam.

É sabido que distúrbios intermediários têm um efeito altamente variável sobre a riqueza de espécies em um habitat (Connell 1978; Huston 1979; Denslow 1987), contudo a abundância de espécies, a composição e dominância da assembleia mudam de modo previsível. Espécies generalistas tipicamente aumentam suas abundâncias em

hábitats perturbados, onde especialistas geralmente se tornam raras ou mesmo ausentes. Esses habitats geralmente são mais vulneráveis a invasões biológicas, e a entrada de uma espécie exótica pode contribuir para um aumento pontuado da riqueza de espécies de uma assembleia. Dado que a mata do Pitoco encontra-se em estágio secundário de sucessão, e que 11,5% dos drosofilídeos dessa mata são espécies exóticas, é provável que o distúrbio intermediário explique parcialmente a complexidade dessas assembleias.

Alguns estudos têm sugerido que levantamentos taxonômicos baseados apenas em ambientes de solo perderão uma grande parte da riqueza de espécies, a qual inclui assembleias associadas às copas (DeVries *et al.* 1997). Apesar do elevado interesse pela biota das copas (Erwin 1982; Morse *et al.* 1988; Basset & Kitching 1991; Lowman & Nadkarni 1995), poucos estudos têm simultaneamente medido a riqueza de espécies nos ambientes do solo e dossel das florestas (e.g. DeVries 1988; Longino & Nadkarni 1990; Malcolm 1994; Wolda 1992), principalmente devido a dificuldades técnicas. No presente estudo nós coletamos dados da riqueza e abundância de drosofilídeos, um táxon diverso e amplamente distribuído no mundo, com o mesmo esforço amostral nos diferentes ambientes estudados, e avaliamos os dados de distribuição espacial e temporal utilizando técnicas estatísticas apropriadas e robustas para esse tipo de abordagem.

Nossas hipóteses relacionadas à distribuição temporal e espacial dos agregados verticais foram confirmadas, visto que houve variações significativas na distribuição da riqueza e abundância dos drosofilídeos ao longo de todas as dimensões avaliadas. A riqueza de espécies foi mais alta em meses da estação chuvosa, nas imediações do dossel das áreas de transição e borda da mata. A complexidade das assembleias de drosofilídeos em bordas (laterais ou superiores), que inclui espécies raras e cosmopolitas, provavelmente deve-se à combinação de condições ambientais

(temperatura, umidade relativa e oferta de recursos) geralmente extremas de áreas adjacentes, com aquelas típicas do interior da mata, que tendem a ser mais amenas. Embora não seja consenso se o dossel ou o solo tem maior contribuição para a riqueza de espécies local, vários estudos sobre artrópodes, incluindo Collembola (Rogers & Kitching 1998), Lepidoptera (DeVries *et al.* 1997; DeVries & Walla 2001; Schultze *et al.* 2001), Formicidae (Longino & Nadkarni 1990; Brühl *et al.* 1998), Chrysomelidae (Charles & Basset 2005), *Drosophila* (Tanabe 2002), além de outros grupos de insetos (Basset *et al.* 2003), mostram que as assembleias de artrópodes das copas são muito distintas daquelas que habitam o solo. Desde que a escala na qual os picos de espécies estão associados é a principal responsável pela composição da assembleia local (Ricklefs 2004), concluímos, portanto, que para os drosofilídeos da mata do Pitoco, as alturas correspondentes aos ambientes de copa das áreas de transição e borda são importantes núcleos para a riqueza de espécies desse ambiente.

No presente estudo, espécies neotropicais geralmente foram mais abundantes na estação chuvosa, tipicamente próximo ao solo da área de transição entre o rio e a borda da mata. As espécies exóticas, por outro lado, foram mais abundantes durante a estação seca, nas imediações do dossel de todas as áreas, mas principalmente na borda. Os padrões temporais verificados em espécies neotropicais devem-se principalmente aos picos de abundância de *Drosophila willistoni*, a espécie neotropical dominante naquelas situações. Para as exóticas os padrões foram relacionados aos picos de *D. simulans*. Duas espécies neotropicais, *D. cardini* e *D. saltans*, foram mais abundantes na copa das áreas de transição e borda, enquanto *D. nebulosa* foi mais abundante na borda ao nível do solo, provavelmente refletindo adaptações às condições típicas de ambientes savânicos, onde essas espécies são comuns. Os padrões de estratificações animais são determinados por um conjunto de fatores, por exemplo, a heterogeneidade da vegetação,

a disponibilidade de recursos, adaptações microclimáticas e as relações inter e intraespecíficas (Haddow *et al.* 1961; Kato *et al.* 1995; Brühl *et al.* 1998; Rogers & Kitching 1998; Schultze *et al.* 2001; Tanabe 2002; Basset *et al.* 2003). Esses fatores são, portanto, importantes na estruturação das assembleias entre diferentes ambientes. Contudo a importância relativa de cada um varia entre os tipos de organismos e também variam em função da localidade, do tipo de floresta e da época do ano.

A estratificação das florestas promove variações microclimáticas entre os diferentes ambientes e, os drosofilídeos procuram condições favoráveis às quais são particulares para cada espécie (Grossfield 1978). Neste estudo, por exemplo, o microclima diferiu fortemente entre as dimensões temporais e espaciais, sendo que as condições mais extremas de umidade e temperatura foram registradas sempre a 8m de altura, principalmente na borda e nos meses da estação seca. Isso ocorre porque o grau de sombreamento na copa é inferior ao do solo (Kanegae *et al.* 2000), onde o microclima sofre a influência do rio, e por causa da sazonalidade marcante da região do Cerrado. De acordo com Brown *et al.* (1997), a estratificação na abundância de um organismo geralmente ocorre se um mecanismo causal também apresentar padrões de estratificação.

Nossa hipótese relacionada aos parâmetros microclimáticos não foi confirmada, pois as variações nas assembleias de drosofilídeos não foram explicadas satisfatoriamente pela heterogeneidade microclimática da mata do Pitoco. Contudo, é possível que o microclima interfira nas assembleias de drosofilídeos de maneira indireta, pois se sabe que variações nesses parâmetros interferem diretamente em vários processos vegetais, tais como a produção e distribuição da folhagem e de recursos para alimentação e criação.

O microclima também pode promover taxas diferenciais de decomposição das iscas nas unidades amostrais (armadilhas de retenção) e, indiretamente, interferir na estratificação animal. Diferenciais nos parâmetros microclimáticos podem facilitar ou inibir a sucessão de leveduras associadas aos diferentes estágios de decomposição de um substrato. A colonização dos drosofilídeos em um recurso depende em parte do seu estágio de decomposição e do tipo de levedura associada a esse estágio (Da Cunha *et al.* 1957). Portanto, os padrões temporais e espaciais da distribuição vertical podem ser reflexos de alterações na decomposição do substrato (isca) utilizado para atrair esses insetos em função das variações microclimáticas de ambientes complexos.

Para vários tipos de insetos, principalmente aqueles altamente móveis, tem sido sugerido que a estrutura vertical da folhagem é importante para explicar variações nas suas distribuições (Sutton *et al.* 1983). Muitos estudos têm demonstrado íntima relação entre estrutura vertical da folhagem e a distribuição vertical de drosofilídeos (Tanabe *et al.* 2001, Tanabe 2002). Isso acontece porque nos ambientes mais heterogêneos a oferta de nichos provavelmente é maior, e, portanto há mais substratos para alimentação e criação desses dípteros. Embora os testes de regressão utilizados neste estudo não revelaram nenhum efeito da altura das armadilhas sobre as assembleias de drosofilídeos, não podemos descartar a importância da complexidade da vegetação para as variações temporais e espaciais na distribuição vertical dos drosofilídeos da mata do Pitoco. Estudos futuros, realizados com outros desenhos experimentais, devem abordar essa questão.

Sabe-se que as causas de estratificação animal entre micro-habitats de ambientes complexos também estão relacionadas aos tipos de recursos, suas qualidades e disponibilidades. A maioria das folhas, flores e frutos está concentrada na copa das florestas, mas é no solo que esses recursos se acumulam e são decompostos. Como

padrão, os insetos associados às copas devem desempenhar funções relacionadas à herbivoria e polinização enquanto os insetos de solos devem participar de processos relacionados à decomposição. As moscas da família Drosophilidae são organismos altamente móveis que dependem de recursos alimentares efêmeros, tais como exudados vegetais, fungos, frutos, flores e outros materiais em decomposição, para sua sobrevivência e reprodução (Powell 1997). A maioria das espécies analisadas neste estudo provavelmente se alimenta de uma ampla variedade de recursos, logo os padrões aqui observados podem ser explicados pela preferência desses insetos por recursos disponíveis em estratos específicos.

A coexistência de espécies e a conservação de nichos são fatores adjacentes que também podem estar relacionados à preferência por determinados ambientes. Considerando que muitas espécies de drosofilídeos apresentam preferência por ambientes e hábitos alimentares similares, inclusive com comportamento de agregação em manchas de recursos (Atkinson & Shorrocks 1981), é provável que as segregações espaciais e temporais apresentadas pelas espécies aqui analisadas sejam decorrência de comportamento gregário estabelecido por mecanismos de coexistência. A restrição de uma espécie por determinados ambientes pode ser explicada por conservação de nicho, ou seja, devido a limitações nas habilidades de se adaptar e de se dispersar. Dado que a maioria das espécies raras é restrita, é provável que a conservação de nicho tenha sido um mecanismo representativo para as variações na distribuição vertical dessas moscas na mata do Pitoco.

É possível que, em função da disposição vertical das armadilhas, tenha havido sobreposição do raio de atração das mesmas e os dados deste trabalho pareçam tendenciosos. Tidon-Sklorz & Sene (1992) avaliaram a atratividade de armadilhas dispostas a 0m, 2m, 6m e 10m de altura, em séries verticais (armadilhas dispostas

linearmente, uma sobre a outra) e alternadas (disposição vertical das armadilhas não segue uma linha perpendicular ao solo). No geral, não houve padrão de atratividade, embora as séries verticais tenham registrado mais indivíduos. Os resultados obtidos em Tidon-Sklorz & Sene (1992), bem como no presente estudo, provavelmente refletem a distribuição natural dos drosofilídeos em decorrência do tipo de vegetação, recursos para alimentação e criação, dentre outros fatores. Assim, a amostra de drosofilídeos retida em cada armadilha reflete as características do estrato onde ela se encontra, e não apenas a atratividade da armadilha.

Algumas espécies, como *Drosophila willistoni*, *D. sturtevanti* e *D. cardini*, mostraram-se mais abundantes em determinadas áreas e alturas da mata. Entretanto, a ANOVA de medidas repetidas não revelou diferenças significativas na abundância dessas espécies nos diferentes ambientes da mata. Padrões temporais e espaciais de distribuição não detectados podem estar relacionados ao controle de erros do tipo I em testes de hipóteses, dado que é impossível controlar erros do tipo I e II ao mesmo tempo. O erro do tipo II ocorre quando se aceita uma hipótese nula quando na realidade ela é falsa. É provável que esse erro tenha ocorrido nos casos mencionados acima. Para qualquer tipo de hipótese, minimizar a ocorrência de erros não é uma tarefa fácil, pois a tentativa de reduzir certo tipo de erro é acompanhada pelo incremento no outro, pois são inversamente proporcionais (Gotelli & Ellison 2004).

Agradecimentos. Nós agradecemos a A. Brito pelo auxílio nos trabalhos de campo. Agradecemos também aos administradores da Reserva Ecológica do IBGE por nos permitir coletar em suas dependências. Ao *Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade de Brasília* pelo apoio logístico, a *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)* pela bolsa de estudo fornecida ao primeiro autor, ao CNPq e a FINATEC pelo apoio financeiro.

Referências

- Atkinson, W.D. & Shorrocks, B. (1981) Competition on a divided and ephemeral resource: a simulation model. *Journal of Animal Ecology*, 50, 461–471.
- Bächli, G. (2009). *TaxoDros: The database on taxonomy of Drosophilidae*. Available from <http://taxodros.unizh.ch/> (accessed 2 January 2009)
- Basset, Y. (1992) Influence of leaf traits on the spatial distribution of arboreal arthropods within an overstorey rainforest tree. *Ecological Entomology*, 17, 8–16.
- Basset, Y., Aberlenc, H.P. & Delvare, G. (1992) Abundance and stratification of foliage arthropods in a lowland rainforest of Cameroon. *Ecological Entomology*, 17, 310–318.
- Basset, Y., Charles, E.C. & Novotny, V. (1999) Insect herbivores on parent trees and conspecific seedlings in a Guyana rainforest. *Selbyana*, 20, 146–158.
- Basset, Y., Hammond, P.M., Barrios, H., Holloway, J.D., Miller, S. (2003) Vertical stratification of arthropod assemblages. *Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy* (ed. by Y. Basset, V. Novotny, S. Miller and R.L. Kitching), pp. 17–27. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Basset, Y. & Kitching, R.L. (1991) Species number, species abundance and body length of arboreal arthropods associated with Australian rainforest. *Ecological Entomology*, 16, 391–402.
- Bazzaz, F.A. (1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology*, 56, 485–488.

- Beppu, K. (1985) Ecological structure of drosophilid assemblage in a subalpine coniferous forest. *New Entomologist*, 34, 1–10.
- Blauth, M.L. & Gottschalk, M.S. (2007) A novel record of Drosophilidae species in the Cerrado biome of the state of Mato Grosso, west-central Brazil. *Drosophila Information Service*, 90, 90–96.
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., da Fonseca, G.A.B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J.F., Mittermeier, C.G., Pilgrim, J.D. & Rodrigues, A.S.L. (2006) Global biodiversity conservation priorities. *Science*, 313, 58–61.
- Brown, J., Vargo, S., Connor, E.F. & Nuckols, M.S. (1997) Causes of vertical stratification in the density of *Cameraria hamadryadella*. *Ecological Entomology*, 22, 16–25.
- Brühl, C.A., Gunsalam, G., Linsenmair, K.E. (1998) Stratification of ants (Hymenoptera, Formicidae) in a primary rain forest in Sabah, Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 14, 285–297.
- Charles, E. & Basset, Y. (2005) Vertical stratification of leafbeetle assemblages (Coleoptera: Chrysomelidae) in two forest types in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 329–336.
- Chassagnard, M.T. & Tsacas, L. (1993) The subgenus *Zaprionus* s.str. Definition of species groups and revision of the *vittiger* subgroup (Diptera: Drosophilidae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 29, 173–194.
- Chaves, N.B. & Tidon, R. (2008) Biogeographical aspects of drosophilids (Diptera: Drosophilidae) of the Brazilian savanna. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52, 340–348.
- Colwell, R.K. (2005) *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 7.5. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Connell, J.H. (1978) Diversity in rain forests and coral reefs. *Science*, 199, 1302–1310.
- Da Cunha, A.B., Shehata, A.M. & Oliveira, W. (1957) A study of the diets and nutritional preferences of tropical species of *Drosophila*. *Ecology*, 38, 98–106.
- Davis, A.J., Huijbregts, J., Kirk-Spriggs, A.H., Krikken, J. & Sutton, S.L. (1997) The ecology and behaviour of arboreal dung beetles in Borneo. *Canopy Arthropods* (ed. by N.E. Stork, J. Adis and R.K. Didham), pp. 417–432. Chapman & Hall, London.

- Denslow, J.S. (1987) Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18, 431–451.
- DeVries, P.J. (1988) Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 26, 98–108.
- DeVries, P.J., Murray, D. & Lande, R. (1997) Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biological Journal of the Linnean Society*, 62, 343–364.
- DeVries, P.J. & Walla, T.R. (2001) Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74, 1–15.
- Diamond, J.M. (1973) Distributional ecology of New Guinea birds. *Science*, 179, 759–769.
- Erwin, T.L. (1982) Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *The Coleopterist Bulletin*, 36, 74–82.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. (1992) Floristic composition, phytosociology and comparison of cerrado and gallery forests at Fazenda Água Limpa, Federal District, Brazil. *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries* (ed. by P.A. Furley and J.A. Proctor), pp.393–415. Chapman & Hall, London.
- Felfili, J.M., Mendonça, R., Walter, B.M.T., Silva, M.C.J., Nóbrega, M.G.G., Fagg, C.W., Sevilha, A.C. & Silva, M.A. (2001) Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria* (ed. by J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca and J.C. Souza-Silva), pp. 195–209. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.
- Freire-Maia, N. & Pavan, C. (1949) Introdução ao estudo da drosófila. *Cultus*, 1, 1–171.
- Frota-Pessoa, O. (1954) Revision of the *tripunctata* group of *Drosophila* with description of fifteen new species (Diptera: Drosophilidae). *Arquivos do Museu Paranaensis*, 10, 253–304.
- Gotelli, N.J. & Ellison, A.M. (2004) *A primer of ecological statistics*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA. 510 p.
- Grossfield, J. (1978) Non sexual behaviour of *Drosophila*. *The Genetics and Biology of Drosophila* (ed. by M. Ashburner and T.R.F. Wright), pp. 1–126. New York Academic Press.

- Haddow, A.J., Corbet, P.S. & Gillett, J.D. (1961) Entomological studies from a high tower in Mpanga Forest, Uganda. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 113: 249–368.
- Haridasan, M. (1998) Solos de matas de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais. *Cerrado: matas de galeria* (ed. by J. F. Ribeiro), pp. 17–28. Embrapa, CPAC.
- Hunter, M.L.J. (1990) *Wildlife, forests, and forestry: Principles of managing forests for biological diversity*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 370pp.
- Huston, M. (1979) A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist*, 113, 81–101.
- Kanegae, M.F., Braz, V.S. & Franco A.C. (2000) Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. *Revista Brasileira de Botânica*, 23, 459–468.
- Kato, M., Inoue, T., Hamid, A., Nagamitsu, T., Merdek, M.B., Nona, A.R., Itino, T., Yamane, S. & Yumoto, T. (1995) Seasonality and vertical structure of light-attracted insect communities in a Dipterocarp Forest in Sarawak. *Researches on Population Ecology*, 37, 59–79.
- Klink, C. A. & Machado, R. B. (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 19, 707–13.
- van Klinken, R.D. & Walter, G.H. (2001) Subtropical drosophilids in Australia can be characterized by adult distribution across vegetation type and by height above forest floor. *Journal of Tropical Ecology*, 17, 705–718.
- Krijger, C.L. (2000) Spatio-temporal heterogeneity and local insect diversity: a case study on neotropical *Drosophila* communities. *PhD thesis*, Leiden University, Netherlands.
- Lack, D. (1969) The numbers of bird species on islands. *Bird Study*, 16, 193–209.
- Lawton, J.H. (1983) Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 28, 23–39.
- Longino, J.T. & Nadkarni, N. (1990) A comparison of ground and canopy leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a tropical montane forest. *Psyche*, 97, 81–94.
- Lowman, M.D. & Nadkarni, N. (1995) *Forest canopies*. San Diego, Academic Press.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.

- Magalhães, L.E. (1962) Notes on the taxonomy, morphology, and distribution of the *saltans* group of *Drosophila*, with descriptions of four new species. *The University of Texas Publications*, 6205, 134–154.
- Malcolm, J.R. (1994) Edge effects in central Amazonian forest fragments. *Ecology*, 75, 2438–2445.
- McCoy, E.D. & Bell, S.S. (1991) Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. *Habitat structure: the physical arrangement of objects in space* (ed. by S.S. Bell, E.D. McCoy and H.R. Mushinsky), pp. 3–27. Chapman & Hall, London.
- Mata, R.A., Roque, F. & Tidon, R. (2008) Drosophilids (Insecta: Diptera) of the Paranã Valley: eight new records for the Cerrado biome. *Biota Neotropica*, 8, 55–60.
- Morse, D.R., Stork, N.E. & Lawton, J.H. 1988 Species number, species abundance and body length relationships of arboreal beetles in Bornean lowland rain forest trees. *Ecological Entomology*, 13, 25–37.
- Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (2002) *The Cerrados of Brazil*. Columbia University Press, New York, 398 p.
- Parsons, P.A. (1982) Evolutionary ecology of Australian *Drosophila*-a species analysis. *Evolutionary Biology*, 14, 297–350.
- Powell, J.R. (1997) *Progress and Prospects in Evolutionary Biology: The Drosophila Model*. Oxford University Press, Oxford, 562 pp.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. (1997) The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany*, 80, 223–230.
- Redford, K.H. & Fonseca, G.A.B. (1986) The role of gallery forests in the zoogeography of the cerrado's non-vollant mammalian fauna. *Biotropica*, 18, 126–135.
- Ribeiro, J.F., Sano, S.M., Macedo, J. & Silva, J.A. (1983) Os principais tipos fisionômicos da região dos cerrados. *Boletim de Pesquisa (EMBRAPA-CPAC)*, 21, 1–28.
- Richards, P.W. (1979) *The tropical rain forest*. Cambridge, Cambridge University press, 450p.
- Ricklefs, R. E. (2004) A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology Letters*, 7, 1–15.

- Rogers, D.J. & Kitching, R.L. (1998) Vertical stratification of rainforest collembolan (Collembola: Insecta) assemblages: description of ecological patterns and hypotheses concerning their generation. *Ecography*, 21, 392–400.
- Roque, F. & Tidon, R. (2008) Eight new records of drosophilids in the Brazilian savanna. *Drosophila Information Service*, 91, 1–5.
- Shorrocks, B. (1975) Distribution and abundance of woodland species of British *Drosophila* (Diptera-Drosophilidae). *Journal of Animal Ecology*, 44, 851–864.
- Schultze, C. H., Linsenmaier, E. & Fiedler, K. (2001) Understorey versus canopy: patterns of vertical stratification and diversity among Lepidoptera in a Bornean rainforest. *Plant Ecology*, 153, 133–152.
- Silva, J.M.C. (2001) Comparação entre matas de galeria no Distrito Federal e a efetividade do código florestal na proteção de sua diversidade arbórea. *Acta Botanica Brasílica*, 15, 111–118.
- Simpson, E.H. (1949) Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Sørensen, L.L. (2003) Stratification of the spider fauna in a Tanzanian forest. *Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy* (ed. by Y. Basset, V. Novotny, S. Miller and R.L. Kitching), pp. 92–101. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Sutton, S.L., Ash, C.P.J. & Grundy, A. (1983) The vertical distribution of flying insects in lowland rain-forests of Panamá, Papua New Guinea and Brunei. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 78, 287–97.
- Tanabe, S.I. (2002) Between-forest variation in vertical stratification of drosophilid populations. *Ecological Entomology*, 27, 720–731.
- Tanabe, S.I., Masanori, J.T. & Vinokurova, A.V. (2001) Tree shape, forest structure and diversity of drosophilid community: comparison between boreal and temperate birch forests. *Ecological Research*, 16, 369–385.
- 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. & Sene, F.M. (1988) A trap that retains and keeps *Drosophila* alive. *Drosophila Information Service*, 67, 90.
- Tidon-Sklorz, R. & Sene, F.M. (1992) Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in the state of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 52, 311–317.

- Tobin, J.E. (1997) Competition and coexistence of ants in a small patch of rainforest canopy in Peruvian Amazonia. *Journal of the New York Entomological Society*, 105, 105–112.
- Toda, M.J. (1985) Habitat structure of a drosophilid community at Inuvik, Nwt, Canada (Diptera, Drosophilidae). *Canadian Entomologist*, 117, 135–137.
- Val, F.C. (1982) The male genitalia of some Neotropical *Drosophila*: notes and illustrations. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 34, 309–347.
- Vilela, C.R. (1983) A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera: Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 27, 1–114.
- Vilela, C.R. & Bächli, G. (1990) Taxonomic studies on Neotropical species of seven genera of Drosophilidae (Diptera). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 63, 1–332.
- Whittaker, R.H. (1970) *Communities and Ecosystems*. 2 ed. New York, Macmillan, 162p.
- Wolda, H. (1992) Trends in abundance of tropical forest insects. *Oecologia*, 89, 47–52.
- Wolda, H. (1988) Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 1–18.
- Young, A. & Mitchell, N. (1994) Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. *Biological Conservation*, 67, 63–72.

Considerações finais

Nosso estudo confirmou a importância das matas de galeria para a manutenção das assembleias de drosofilídeos do bioma Cerrado. Mesmo estando protegidas por legislação federal e estadual, as matas de galeria vêm sendo progressivamente alteradas, e eventualmente destruídas, sendo, portanto, alvo de preocupação constante devido à sua importância científica e ambiental para a região. Todavia, estudos voltados à conservação dos recursos ambientais dessas fitofisionomias são importantes e necessários.

Variações na distribuição vertical entre as dimensões temporais e espaciais mostraram-se importantes na estruturação das assembleias de drosofilídeos da mata do Pitoco. Os dados apresentados neste trabalho são pioneiros nesse tipo de investigação e, em estudos futuros, novas variáveis preditoras deverão ser avaliadas. Essa abordagem deve propiciar uma visão mais completa dos papéis desempenhados por essas variáveis na estruturação das assembleias de drosofilídeos. Portanto, estudos futuros deverão investir em coletas alternativas (armadilhas de retenção e recursos), adotar metodologias que permitam igual esforço amostral entre as dimensões avaliadas, aumentar o investimento taxonômico, avaliar aspectos da complexidade vegetal e disponibilidade de sítios de alimentação e criação, coletar novos dados microclimáticos e compará-los com outros estudos, e investir em análises voltadas a esclarecer o papel desempenhado pelas relações intra e inter-específicas na estruturação das assembleias. Tais estratégias deverão ser aplicadas em vários tipos de matas de galeria em estudos de longo prazo, o que permitirá a detecção de padrões temporais e espaciais de distribuição mais representativos. Dessa forma, propiciaremos avanços em diversas questões relacionadas à interação entre organismo e ambiente.